Núm. 51
2026

REA
Revista de Estudios Andaluces

Universidad de Sevilla
Editorial Universidad de Sevilla
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA

EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Depósito Legal: SE-221-1984
ISSN: 0212-8594
ISSN-e: 2340-2776

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Equipo Editorial

Directora/Editora de la Revista
Rosa María Jordá Borrell, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<borrell@us.es>

Secretaría de Revisión, Redacción y Edición
Rosa María Jordá Borrell, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<borrell@us.es>
Inmaculada España Rios, Universidad de Sevilla (España), España.<irios@us.es>

Editores Adjuntos (2025)
Carolina del Valle Ramos, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<cdvalle@us.es>
María del Pilar Díaz Cuevas, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<pilard@us.es>
Rubén Ibán Díaz Parra, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<ibandiaz@us.es>
Reyes Gonzalez Relaño, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<rgrelano@us.es>
Enrique López Lara, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<elopezl@us.es>

Consejo de Redacción
Juan Manuel Barragán Muñoz, Universidad de Cádiz (Cádiz), España.<juan.barragan@uca.es>
Roberto Bustos Cara, Universidad Nacional del Sur (Bahía Blaca), Argentina.<usbustos@uns.edu.ar>
Rafael Cámara Artiga, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.<rcamara@us.es>.
Ramesh Chandra Das, Vidyasagar University, India. <ramesh051073@gmail.com>
Angela D'Orazio, Università di Roma2, Italia.<Angela.D.Orazio.@uniroma2.it>
Javier Esparcia Pérez, Universidad de Valencia (Valencia), España.<javier.esparcia@uv.es>
Cayetano Espejo Marín, Universidad de Murcia (Murcia), España.<cespejo@um.es>
Javier Gutiérrez Puebla, Universidad Complutense de Madrid (Madrid), España.<javiergutierrez@ghis.ucm>
Enrico Ivaldi, Libera Università di Lingue e Comunicazione-IULM. (Milan)Italia. <Enrico.ivaldi@iulm.it>
Stefania Mangano, Universita' Degli Studi Di Genova (Genova), Italia.<stefania.mangano@unige.it>
M. Paula Mendes, Universidade de Lisboa (Lisboa), Portugal.<mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt>
Jorge Olcina Cantos, Universidad de Alicante (Alicante), España.< jorge.olcina@ua.es>
Liliana Perez, Universidad de Montreal (Montreal), Canadá.<lperez@umontreal.ca>
Fermín Rodríguez Gutiérrez, Universidad de Oviedo (Oviedo), España.<farragut@ uniovi.es>
María Asunción Romero Díaz, Universidad de Murcia (Murcia), España.<arodi@um.es>
Marco Antonio Sandoval Estrada, Universidad de Concepción (Concepción), Chile.<masandov@udec.cl>
Jesús Ventura Fernández, Universidad de Sevilla (Sevilla), España.< jventura@us.es>

Consejo Asesor
Alberto Capacci, Universidad de Génova (Génova), Italia
Aquiles Chihu Amparán, Universidad Autónoma Metropolitana (Iztapalapa), México
Francisco Javier Contreras Diaz, Universidad Autónoma de Zacatecas (Zacatecas), México
Fernando Díaz del Olmo, Universidad de Sevilla (Sevilla), España
Dominik Faust, Technische Universität Dresden (Dresden), Alemania
Rubén Camilo Lois González, Universidade de Santiago de Compostela (Santiago de Compostela), España
Andrés García Lorca, Universidad de Almería (Almería), España
Karolina Golemo, Uniwersytet Jagielloński "Universidad Jaguelónica"(Cracovia), Polonia
Bartolomeu Israel de Souza, Universidad Federal da Paraiba (Brasil)
Javier Martín Vide, Universidad de Barcelona (Barcelona), España
Ricardo Méndez Gutierrez del Valle, Instituto de Economía, Gª y Población CSIC (Madrid), España
Adriano Rovira Pinto, Universidad Austral (Valdivia), Chile
Kamal Targuisti El Khalifi, Université Andelmalek Essaadi (Tetouan), Marruecos
José Vallés Ferrer, Universidad Loyola Andalucía (Sevilla), España

Revista de Estudios Andaluces (REA). Núm. 51, febrero (2026)
Edita: Editorial de la Universidad de Sevilla (Sevilla), España.
© Editorial Universidad de Sevilla 2025
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA

Periodicidad Bianual (febrero, Julio)

Depósito Legal: SE-221-1984
ISSN: 0212-8594
ISSN-e: 2340-2776
DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51
Diseño Portada: Ángel Luis Lucendo Monedero
Maquetación: Referencias Cruzadas - referencias.maquetacion@gmail.com

Licence Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Índice REA

Recul des falaises côtières au sud d'Agadir (Maroc atlantique) : évaluation et analyse des facteurs en jeu / *Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play / Retroceso de los acantilados costeros al sur de Agadir (Marruecos atlántico): evaluación y análisis de los factores en juego*
M'hamed Nmiss 0009-0001-4107-3690
Mhamed Amyay 0009-0004-4207-3539
Nadia Atiki 0009-0001-4107-3690
Abderrahmane Ouammou 0009-0000-3579-1947
Hassan Nait-Si 0000-0003-3299-5447
Mahjoub Benbih 0009-0008-5759-8097
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01 8-28

Tendencias en la temperatura de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto" / *Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station*
Óscar Noel Gavira-Romero 0000-0001-8048-8314
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02 29-46

From certification to practice: examining the Via Romea Germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe / *De la certificación a la práctica: análisis de la Via Romea Germánica en el contexto de las rutas culturales del Consejo de Europa*
Leonardo Porcelloni 0009-0003-7348-3664
Pietro Piana 0000-0002-9367-8085
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03 47-66

Évaluation de l'érosion potentielle et suivi de la dynamique des ravins dans le Haut Ouergha (Rif Central, Maroc) / *Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco) / Evaluación de la erosión potencial y monitoreo de la dinámica de cárcavas en el Alto Ouergha (Rif Central, Marruecos)*
Khadija El Ouazani Ech-Chahdi 0009-0000-2888-2998
Abdelaziz EL-Bouhali 0000-0003-2581-4580
Mhamed Amyay 0009-0004-4207-3539
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04 67-87

Évaluation de l'érosion hydrique dans le bassin versant d'Oued Aghrouz (Maroc): approche comparative entre la modélisation RUSLE et la simulation de pluie / *Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between RUSLE modelling and rainfall simulation / Evaluación de la erosión hídrica en la cuenca del Oued Aghrouz (Marruecos): enfoque comparativo entre la modelización RUSLE y la simulación pluviométrica*
Miloud Afenzar 0009-0008-0839-0230
Mohamed Abahrour 0000-0001-7764-7812
Mohamed El Bakkari 0009-0000-0365-5705
Hamid Achiban 0000-0002-6484-729X
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05 88-114

Rutas adaptativas: aplicación de lógica difusa al análisis SIG de los valores naturales y culturales del entorno del cabo Trafalgar (Cádiz, España) / *Adaptive paths: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain)*
Alfredo Fernández-Enríquez 0000-0002-5468-0174
Manuel Arcila-Garrido 0000-0002-9724-3767
Gema Ramírez-Guerrero 0000-0001-8862-4392
Javier García-Onetti 0000-0002-3798-8249
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06 115-139

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Facteurs environnementaux associés à la domiciliation persistante et prolifique des vecteurs d'arbovirus dans les habitats larvaires du mont Ngafula, en République démocratique du Congo (RDC) / *Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC) / Factores ambientales asociados a la domiciliación persistente y prolífica de vectores de arbovirus en hábitats larvarios en el Monte Ngafula, en la República Democrática del Congo (RDC)*
Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo 0000-0003-1008-962x
Olivier Munduku Midishi 0009-0003-6296-557x
Emery Metelo Matubi 0000-0003-2427-1000
Constantin Lubini Ayingweu
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07 140-164

Análisis del proceso socio-participativo en la transformación turística inteligente: estudio de caso para Donostia-San Sebastián (España) / *Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain)*
Asier Amilibia de Diego 0009-0004-8090-2895
Miguel Puig-Cabrera 000-0003-4524-9830
Ginesa Martínez del Vas 0000-0002-2713-0636
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08 165-186

Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA) / *Análisis de la eficiencia de la pesca en estanques en el norte de Bengala Occidental, India: evidencia del análisis de datos DEA*
Tonmoy Chatterjee 0000-0001-9666-479X
Kishan Agarwalla 0009-0000-5950-1262
Shrinwantu Rahal 0000-0003-4883-8657
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09 187-206

Patrimonio en disputa: políticas de preservación y valorización urbana contemporánea en Ciudad Jardín Lomas del Palomar, provincia de Buenos Aires, Argentina / *Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina*
Bárbara Teresa Romano 0000-0002-2393-6106
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10 207-223

Determinantes psicosociales de la participación cultural rural: un análisis cuantitativo con segmentación sociodemográfica en Santa Lucía (Ecuador) / *Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador)*
Fernando Chiriboga-Cisneros 0000-0002-5764-8065
Mónica Pérez-Zulueta 0000-0001-5597-0483
Soraya Triviño-Bloisse 0000-0003-3809-9539
Franklin Mora-Méndez 0000-0002-1618-898X
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11 224-240

Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries / *Análisis de la Hipótesis de Mercados Eficientes y el impacto del COVID-19 en los países de América Latina y el Caribe*
Manuel Adolfo Pérez-Priego 0000-0003-0155-5510
María de los Baños García-Moreno García 0000-0002-7981-8846
Lorena Caridad y López del Río 0000-0002-3406-9917
José Rafael Caro-Barrera 0000-0001-6154-2493
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12 241-267

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

INDEX

Summary of Articles

Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play
M'hamed Nmiss 0009-0001-4107-3690
Mhamed Amyay 0009-0004-4207-3539
Nadia Atiki 0009-0001-4107-3690
Abderrahmane Ouammou 0009-0000-3579-1947
Hassan Nait-Si 0000-0003-3299-5447
Mahjoub Benbih 0009-0008-5759-8097
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01 ..... *269-272*

Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station
Óscar Noel Gavira-Romero 0000-0001-8048-8314
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02 ..... *273-275*

From certification to practice: examining the Via Romea Germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe
Leonardo Porcelloni 0009-0003-7348-3664
Pietro Piana 0000-0002-9367-8085
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03 ..... *276-278*

Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco)
Khadija El Ouazani Ech-Chahdi 0009-0000-2888-2998
Abdelaziz EL-Bouhali 0000-0003-2581-4580
Mhamed Amyay 0009-0004-4207-3539
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04 ..... *279-282*

Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between rusle modelling and rainfall simulation
Miloud Afenzar 0009-0008-0839-0230
Mohamed Abahrour 0000-0001-7764-7812
Mohamed El Bakkari 0009-0000-0365-5705
Hamid Achiban 0000-0002-6484-729X
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05 ..... *283-286*

Adaptive routes: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain)
Alfredo Fernández-Enríquez 0000-0002-5468-0174
Manuel Arcila-Garrido 0000-0002-9724-3767
Gema Ramírez-Guerrero 0000-0001-8862-4392
Javier García-Onetti 0000-0002-3798-8249
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06 ..... *287-289*

Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC)
Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo 0000-0003-1008-962x
Olivier Munduku Midishi 0009-0003-6296-557x
Emery Metelo Matubi 0000-0003-2427-1000
Constantin Lubini Ayingweu
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07 ..... *290-293*

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain)
Asier Amilibia de Diego 0009-0004-8090-2895
Miguel Puig-Cabrera 000-0003-4524-9830
Ginesa Martínez del Vas 0000-0002-2713-0636
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08 ..... *294-297*

Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA)
Tonmoy Chatterjee 0000-0001-9666-479X
Kishan Agarwalla 0009-0000-5950-1262
Shrinwantu Rahal 0000-0003-4883-8657
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09 ..... *298-300*

Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina
Bárbara Teresa Romano 0000-0002-2393-6106
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10 ..... *301-303*

Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador)
Fernando Chiriboga-Cisneros 0000-0002-5764-8065
Mónica Pérez-Zulueta 0000-0001-5597-0483
Soraya Triviño-Bloisse 0000-0003-3809-9539
Franklin Mora-Méndez 0000-0002-1618-898X
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11 ..... *304-307*

Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries
Manuel Adolfo Pérez-Priego 0000-0003-0155-5510
María de los Baños García-Moreno García 0000-0002-7981-8846
Lorena Caridad y López del Río 0000-0002-3406-9917
José Rafael Caro-Barrera 0000-0001-6154-2493
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12 ..... *308-310*

Artículos

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Recul des falaises côtières au sud d'Agadir (Maroc atlantique) : évaluation et analyse des facteurs en jeu

Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play

Retroceso de los acantilados costeros al sur de Agadir (Marruecos atlántico): evaluación y análisis de los factores en juego

M'hamed Nmiss
mhamed.nmiss@usmba.ac.ma 0009-0001-4107-3690
Laboratoire Dynamiques des Espaces et des Sociétés (LADES), Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Mohammedia, Université Hassan II de Casablanca, avenue Hassan II, B.P. 546, Mohammedia, Maroc.

Mhamed Amyay
mhamedamyay@hotmail.com 0009-0004-4207-3539
Equipe de Recherche : Milieux Naturels, Aménagement et Dynamiques Socio-Spatiales (MNADSS). FLSH Fès-Sais, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fès, BP 59, Route Immouzer, 30000 Fès, Maroc.

Nadia Atiki
nadiaatiki90@gmail.com 0009-0001-4107-3690
Equipe de Recherche : Milieux Naturels et Aménagement Spatiale (MNAS). Département de Géographie, FLSH Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi, BP 210 Martil Tétouan, Maroc.

Abderrahmane Ouammou
a.ouammou@uiz.ac.ma 0009-0000-3579-1947
Hassan Nait-Si
hassan.nait-si@edu.uiz.ac.ma 0000-0003-3299-5447
Mahjoub Benbih
benbihelmahjoub@gmail.com 0009-0008-5759-8097

Equipe de Recherche : Géographie, Aménagement, Démographie et Développement (GEAMDD), Département de Géographie, FLSH Agadir, Université Ibn Zohr, Cité Dakhla, BP 29/8, Agadir, Maroc.

INFO ARTÍCULO

Reçu : 03-04-2025
Révisé: 24-04-2025
Accepté: 22-05-2025

MOTS CLÉS

SIG
DSAS
Données spatiales
Tifnit
Sidi Toual

RÉSUMÉ

Les falaises côtières sont des environnements complexes, intrinsèquement érosifs et dynamiques, qui ne sont jamais en équilibre. Leur évolution, irréversible et rapide, résulte d'une combinaison de facteurs intrinsèques et extrinsèques. L'étude de ces formations est devenue une préoccupation majeure pour comprendre la dynamique des littoraux et améliorer la gestion des zones côtières. Cette étude présente les résultats d'une évaluation du recul des falaises côtières sur le littoral atlantique marocain, en prenant comme cas d'étude la côte située au sud d'Agadir. L'évaluation a été réalisée à l'aide d'un environnement SIG et de données spatiales de haute résolution, telles que des photographies aériennes et des orthophotos issues du satellite Pléiades. L'analyse diachronique de l'évolution des falaises a été menée sur une période de 32 ans (1986-2018), en utilisant à la fois la méthode surfacique et l'outil DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Deux sites particulièrement touchés par l'érosion ont été sélectionnés pour quantifier le recul des falaises : Tifnit et Sidi Toual. Les résultats indiquent un recul moyen de 0,37 m/an à Tifnit, avec une surface perdue de 25 455 m², et un recul de 0,22 m/an à Sidi Toual, avec une surface perdue de 5 088 m². Cependant, l'analyse de la variabilité spatiale révèle des zones fortement exposées à l'érosion et d'autres faiblement affectées. Cette variabilité s'explique par l'interaction de plusieurs facteurs : marins (exposition aux vagues), lithologiques (propriétés physiques du massif rocheux), subaériens (conditions météorologiques)

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01
Formato de cita / Citation: Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., Ouammou, A., Nait-Si, H., & Benbih, M. (2026). Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 8-28. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01
Correspondencia autores: mhamed.nmiss@usmba.ac.ma (M'hamed Nmiss)

et anthropiques (interventions humaines). Cette étude pourrait constituer un support solide pour les aménageurs, notamment dans un contexte mondial marqué par l'élévation du niveau de la mer.

KEYWORDS

Cliffs
GIS
Spatial data
Tifnit
Sidi Toual

ABSTRACT

Coastal cliffs are complex, intrinsically erosive, and dynamic environments that are never in equilibrium. Their evolution, both irreversible and rapid, results from a combination of intrinsic and extrinsic factors. The study of these formations has become a major concern for understanding coastal dynamics and improving the management of coastal areas. This research presents the results of an assessment of coastal cliff retreat along the Moroccan Atlantic coastline, focusing on the southern coast of Agadir as a case study. The evaluation was conducted using a GIS environment and high-resolution spatial data, including aerial photographs and orthophotos from the Pléiades satellite. A diachronic analysis of cliff evolution was carried out over a 32-year period (1986-2018), employing both the surface method and the DSAS (Digital Shoreline Analysis System) tool. Two sites particularly affected by erosion were selected to quantify cliff retreat: Tifnit and Sidi Toual. The results indicate an average retreat of 0.37 m/year at Tifnit, with a total lost surface area of 25,455 m^2, and 0.22 m/year at Sidi Toual, with a total lost surface area of 5,088 m^2. However, the spatial variability analysis reveals areas highly exposed to erosion, while others are less affected. This variability is explained by the interaction of multiple factors: marine (wave exposure), lithological (physical properties of the rock mass), subaerial (meteorological conditions), and anthropogenic (human interventions). This study could serve as a valuable resource for planners, particularly in a global context marked by rising sea levels.

PALABRAS CLAVE

Acantilados
SIG
Datos espaciales
Tifnit
Sidi Toual

RESUMEN

Los acantilados costeros son entornos complejos, intrínsecamente erosivos y dinámicos, que nunca están en equilibrio. Su evolución, irreversible y rápida, resulta de la combinación de factores intrínsecos y extrínsecos. El estudio de estas formaciones se ha convertido en una preocupación fundamental para comprender la dinámica costera y mejorar la gestión de las zonas litorales. Esta investigación presenta los resultados de una evaluación del retroceso de los acantilados costeros en la costa atlántica de Marruecos, tomando como caso de estudio la costa situada al sur de Agadir. La evaluación se llevó a cabo utilizando un entorno SIG y datos espaciales de alta resolución, como fotografías aéreas y ortofotos del satélite Pléiades. Se realizó un análisis diacrónico de la evolución de los acantilados a lo largo de un período de 32 años (1986-2018), empleando tanto el método superficial como la herramienta DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Se seleccionaron dos sitios particularmente afectados por la erosión para cuantificar el retroceso de los acantilados: Tifnit y Sidi Toual. Los resultados indican un retroceso medio de 0,37 m/año en Tifnit, con una superficie perdida de 25.455 m^2, y de 0,22 m/año en Sidi Toual, con una superficie perdida de 5.088 m^2. Sin embargo, el análisis de la variabilidad espacial revela zonas altamente expuestas a la erosión y otras menos afectadas. Esta variabilidad se explica por la interacción de múltiples factores: marinos (exposición a las olas), litológicos (propiedades físicas del macizo rocoso), subaéreos (condiciones meteorológicas) y antropogénicos (intervenciones humanas). Este estudio podría constituir un recurso valioso para los planificadores, especialmente en un contexto global marcado por el aumento del nivel del mar.

1. INTRODUCTION

Les falaises côtières sont des environnements complexes intrinsèquement érosifs (Naylor *et al.*, 2010 ; Kennedy *et al*., 2014). À l'échelle mondiale ces formations littorales constituent 80% de la ligne côtière globale (Emery & Kuhn, 1986). L'évolution et la dynamique de ces milieux résultent de la conjonction de plusieurs facteurs internes liés principalement aux propriétés physiques du massif rocheux (lithologie, propriétés mécaniques, état de la roche (altération), discontinuités mécaniques (fractures). D'autre facteurs d'ordre continentaux (dissolution, cryoclastie, hydroclastie, bio-érosion) et marins (vagues, les tempêtes hivernales) intervient également dans le processus évolutif des falaises côtières. Au cours des dernières décennies, les travaux de recherches portant sur l'érosion et le recul des falaises côtières se sont multipliées du fait de prise de conscience de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique et aux risques associés

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

(Trenhaile, 2002 ; Hutchinson, 2006 ; Vann Jones *et al*., 2015 ; Costa & Delval, 2019). Par rapport à l'érosion des zones de plages qu'on peut visualiser à l'œil nu, l'érosion des falaises est un phénomène irréversible qui illustre par des effondrements ou des glissements brutale menaçant les collectivité et les infrastructures le long des côtes mondiaux (Earlie *et al*., 2015 ; Diguet,2019). L'érosion progressive des falaises constitue un risque avéré, freinant l'expansion des infrastructures touristiques (Federici & Roadolfi, 2001). Ce phénomène est amplifié par les aléas naturels liés au changement climatique, notamment l'élévation du niveau de la mer et l'intensification des tempêtes (Del Río & Gracia, 2009 ; Trenhaile, 2014a ; Vann Jones *et al*., 2015 ; Alessio & Keller, 2020).

Au cours des dernières décennies, les études sur les falaises a développé un amalgame de méthodes et de techniques permettant de quantifier de façon précise leur évolution. Parmi ces méthodes et techniques on trouve les mesures sur le terrain et la photo-interprétation (photo-aériennes et images satellitaires). Celles-ci ont été parmi les premières techniques utilisés pour le suivi et la quantification du taux de recul des falaises. Aujourd'hui, ces outils deviennent de plus en plus sophistiqués et précis. Ils permettent de surveiller et de détecter les morphologies, les volumes et les processus d'évolution des falaises avec une grande précision. La télédétection par LIDAR ("Light detection and ranging") qui restitue la géométrie de la surface d'une falaise avec une précision centimétrique au travers de modèles numériques tridimensionnels (Guiliano, 2015), est l'une de ces techniques, bien qu'elle ne soit pas utilisée dans ce travail. Ainsi, l'imagerie satellitaire et les Systèmes d'informations géographiques sont également des moyens efficaces pour la surveillance de dynamique des falaises. Ces moyens offrent une grande possibilité de suivre l'état évolutif des falaises au fils de temps. Elles sont basés sur la comparaison des photos aériennes anciens avec celles des images satellitaire récentes (Hénaff *et al*., 2002 ; Letortu *et al*., 2014 ; Costa *et al*., 2015), afin d'estimer le recul des falaises sur des périodes différentes en fonction de la disponibilité des images. Avec le progrès technologique dans le domaine des systèmes d'information géographique, il est possible aujourd'hui de quantifier le recul des falaises et de déterminer les zones les plus touché par l'érosion. En effet, les SIG par leur capacité d'acquérir, rassembler, stocker, manipuler, analyser, et afficher les données géographiquement référencées (Clarke, 1986, Nmiss *et al*. ; 2020, Nait-Si *et al*., 2021 ; Nmiss *et al*., 2025) constituent des outils adaptés à de tels espaces où s'interfèrent de nombreuses composantes. A l'échelle mondiale l'utilisation de ces moyens pour quantifier l'évolution des falaises indiquent des valeurs variante de 0,02 m à 0,5 mètre par ans (Rosser *et al*., 2005, Lim *et al*.,2010). Ces variations de taux dépendent essentiellement des caractéristiques géologiques, météorologiques, de l'exposition aux vagues, et les variations spatio-temporelles du type de technique d'analyse utilisée (Leveridge & Hartley, 2006).

Sur le littoral Atlantique marocain, les falaises côtières présentent un élément essentiel du paysage côtier. Depuis longtemps, ces falaises ont suscité un intérêt particulier par les géologues et les quaternaristes afin de reconstituer les paléoclimats et les paléoenvironnements qui ont été régné au cours du quaternaire. Cependant, de point de vue dynamique, l'étude de leur évolution a fait l'objet d'une faible production scientifique par rapport aux plages (Nmiss *et al*., 2025a ; Aangri *et al*., 2024 ; Lharti *et al*., 2024, Nmiss *et al*., 2022 ; Nmiss *et al*., 2021b ; Bourhili *et al*., 2023 ; Aouiche *et al*., 2016 ; El Mrini *et al*., 2013). Ceci s'explique d'une part, par la faible vitesse de recul, et d'autre part, par la complexité de ces systèmes côtiers dont l'évolution est régie par plusieurs facteurs marins, atmosphériques (agents subaériens) et continentaux. Pourtant, dans les Cinq dernières années plusieurs travaux de recherches ont été publié en traitant le phénomène de recul des falaises dans les différentes régions du Maroc (Sederati *et al*., 2022 ; Imam *et al*., 2023 ; Naji *et al.,* 2025 ; Nmiss *et al.,* 2024 ; Naji *et al*., 2024.). Ces travaux de recherches ont appuyé sur le moyen SIG pour évaluer l'état évolutif des falaises et de déterminer leur évolution au fils du temps.

Cet article vise à analyser la dynamique contemporaine des falaises du littoral entre Sidi Toual et Tifnit, au sud d'Agadir, à travers une étude multidécennale de leur évolution. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur des données spatiales de haute résolution, notamment des photographies aériennes de la mission 1986 et des orthophotos de 2018. Ces données ont été analysées et traitées dans un environnement SIG à l'aide de l'outil DSAS intégré à ArcGIS. L'objectif principal ici est de calculer le taux de recul moyen des falaises en mettant en évidence les secteurs les plus affectés par l'érosion marine, en prenant pour exemple deux sites : Sidi Toual et Tifnit (figure 1 a). Ainsi, la compréhension des processus et des mécanismes responsables du recul des falaises est essentielle pour une meilleure connaissance du milieu côtier, notamment dans un contexte d'élévation

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

du niveau de la mer et d'augmentation de la fréquence des tempêtes. Une meilleure compréhension de ces mécanismes est également cruciale pour l'élaboration de stratégies de gestion adaptées.

2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Sur le littoral entre l'oued Massa et l'oued Souss, au sud d'Agadir (30° N), les falaises occupent 53 % du linéaire côtier. Elles présentent des morphologies très variées, influencées par de nombreux facteurs tels que la nature lithologique, la tectonique, la hauteur et les processus d'érosion actuels ou passés. La morphologie littorale du secteur côtier entre Sidi Toual et Sidi Rbat, objet de cette étude, est dominée par des falaises gréseuses atteignant une hauteur de 10 à 35 m par endroits. Composées de grès, ces falaises témoignent de la présence d'anciennes dunes quaternaires postérieures au stade isotopique marin 5 (SIM 5). Ce stade a été daté à plusieurs reprises sur des coquilles marines de la terrasse ouljienne en utilisant la méthode de datation U/Th : 103 ka à Agadir Port, 100 ka sur le littoral de Tamri et 95 ka sur le bas plateau littoral de Tiznit (SIM 5.3) (Weisrock, 1980 ; Weisrock *et al*., 2016 ; Ouammou *et al*., 2019a ; Ouammou *et al*., 2019b).Sur le plan morphologique, le secteur littoral entre Sidi Toual et Sidi Rbat se caractérise par l'existence par un amalgame des hautes et des moyennes falaises dressées à la verticale, telles que les falaises de Douira et du sud de Tifnit, des hautes falaises en forme bosselée avec une très forte pente, comme les falaises de Lala khouira, et des basses falaises exposées à la verticale, comme les falaises de Sidi Toual et du nord de Sidi Rbat (figure 2). Cette diversité des falaises s'expliquent par plusieurs facteurs d'ordre géomorphologiques, topographiques et tectoniques (Nmiss, 2018).

Sur le plan hydrodynamique, le secteur littoral entre Sidi Toual et Sidi Toual est fortement exposé aux vagues atlantiques énergétique du secteur NNW. À partir des prévisions journalières gérées par les autorités portuaires de l'Espagne du SIMAR point 1040022 (coordonnées 30.500 N, -10,000 E) (figure 1 a), la hauteur significative de 82.5% des vagues est inférieure à 2.5 m, tandis que 17,5 % d'entre elles présentent une hauteur supérieure à 2.5 m (figure 3 a). Concernant la période des vagues, 47.14% ont une durée supérieure à 10 secondes (figure 3 b). Cette configuration des vagues met en évidence la prédominance d'un régime dominé par la houle en hiver et des conditions de houle mixte de beau temps et de vagues de plus courte durée en été (Nmiss, 2023 ; Nmiss *et al.* 2021a). Concernant les vents dominants dans ce secteur littoral, ils soufflent principalement du secteur Nord-Ouest (84%) au niveau de la station de Melk Zhar situé à 11 kilomètre de la côte (figure 3 b) (Atiki, 2021).

Afin de mettre l'accent sur la morphologie des falaises littorales du secteur côtière entre Sidi Toual et Sidi Rbat, nous avons levé une coupe géomorphologique au niveau de la région de Tifnit (figure 1 b). Cette coupe se localise à 1,7 km environ au sud du cap Tifnit en Y=30°11'10.09", X= 9°38'19.06". Elle est taillée en falaise vive de 15 m de hauteur, dans un complexe dunaire post ouljien. Cette falaise, à cet endroit est abrupte marquée par des ressauts liés à l'érosion sélective, qui met en relief les niveaux les plus endurcis. De point de vue stratigraphique, la coupe prélevée présente une stratigraphie nette marquée par une succession des séries dunaires et des paléosols interdunaires. Cet empilement a une signification paléoclimatique en ce qui concerne les conditions de mise en place du matériel sableux. En effet, les séries dunaires sont très consolidées, en particulier dans la série basale SD1 (figure 4). Cette série se caractérise par une prédominance du sable moyen, bien classé avec une distribution symétrique vers les éléments fins. L'épaisseur de la série basale (SD1) varie d'un d'endroit à l'autre. Elle prend une épaisseur importante dans les secteurs de hautes falaises, comme c'est le cas de Douira (12m), et diminue davantage vers le nord suite la subsidence du littoral des Chtouka dans sa partie septentrionale. Cette série non seulement commande la dynamique et l'évolution des falaises, mais aussi la configuration morphologique locale de la côte, puisqu'elle constitue des caps et des redans là où elle prend une épaisseur considérable. La présence ou l'absence de cette série, ainsi que le degré de consolidation ont eu un impact significatif sur la dynamique de recul des falaises dans la région. Lorsqu'elle est très consolidée, elle résiste mieux contre l'érosion et vice versa.

D'un point de vue écologique, le secteur littoral étudié se situe dans les limites du parc national de Souss-Massa, une zone de grande valeur écologique et environnementale (figure 1 a). Plus précisément,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

il est localisé dans des zones à usage traditionnel ouvertes au public. Ce site abrite la dernière population sauvage d'ibis chauve (Geronticus eremita) au monde (Aourir *et al*., 2016). Des grands efforts ont été faite par l'administration du parc national en collaboration avec Birdlife international pour protéger cette espèce rare. Ces efforts font partie intégrante du plan d'action national pour la conservation de l'Ibis Chauve.

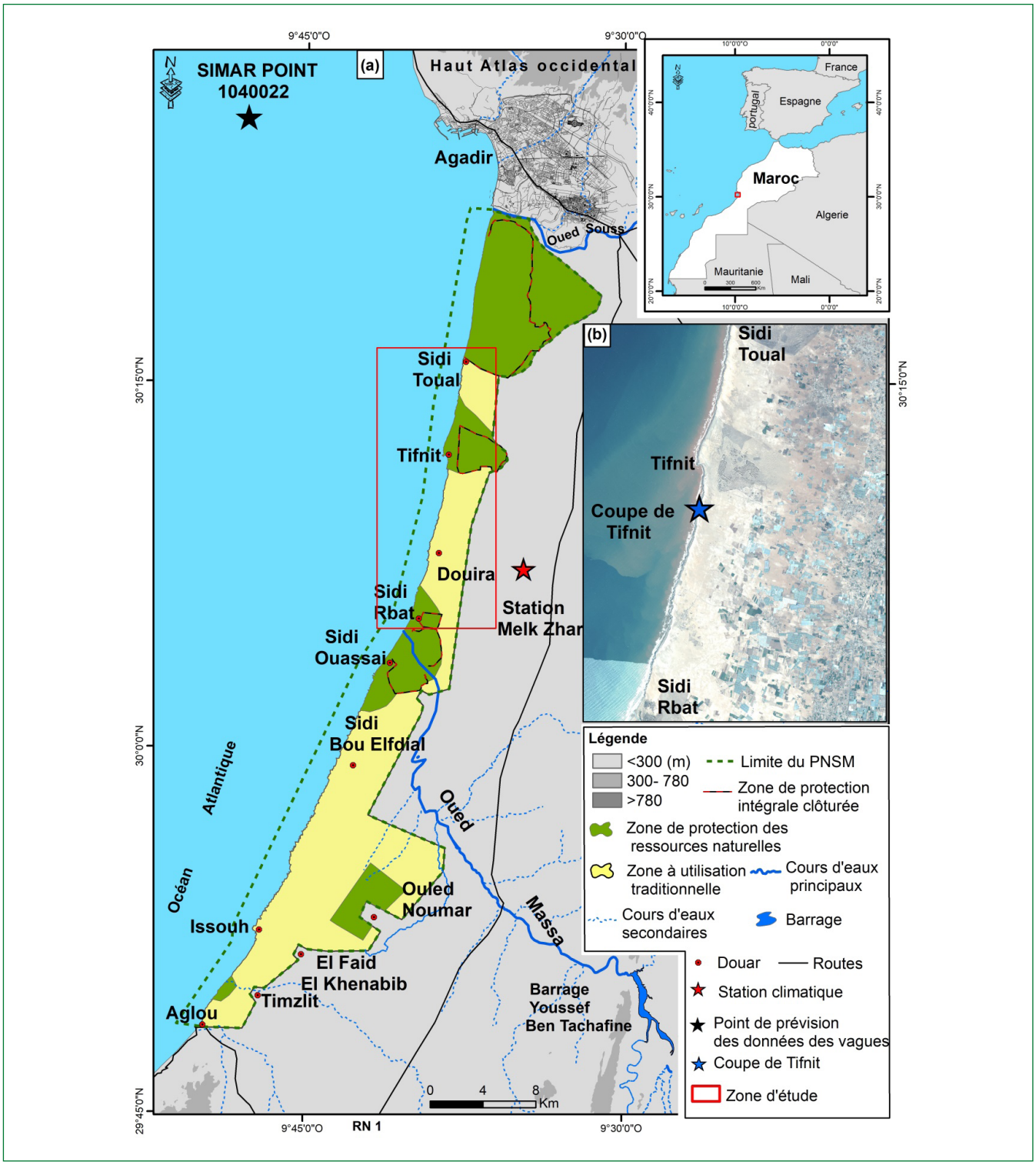


Figure 1. Localisation de la zone d'étude, (a) le secteur étudié au sein du terrain de parc national au sud de la ville d'Agadir. Source : élaboration personnelle basée sur données Open Streat Map, fond de carte, un MNT de 30 m issue de (https://earthexplorer.usgs.gov/); (b) une image satellitaire (orthophoto), montrant le secteur littoral étudié et la localisation de la coupe de Tifnit levée.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

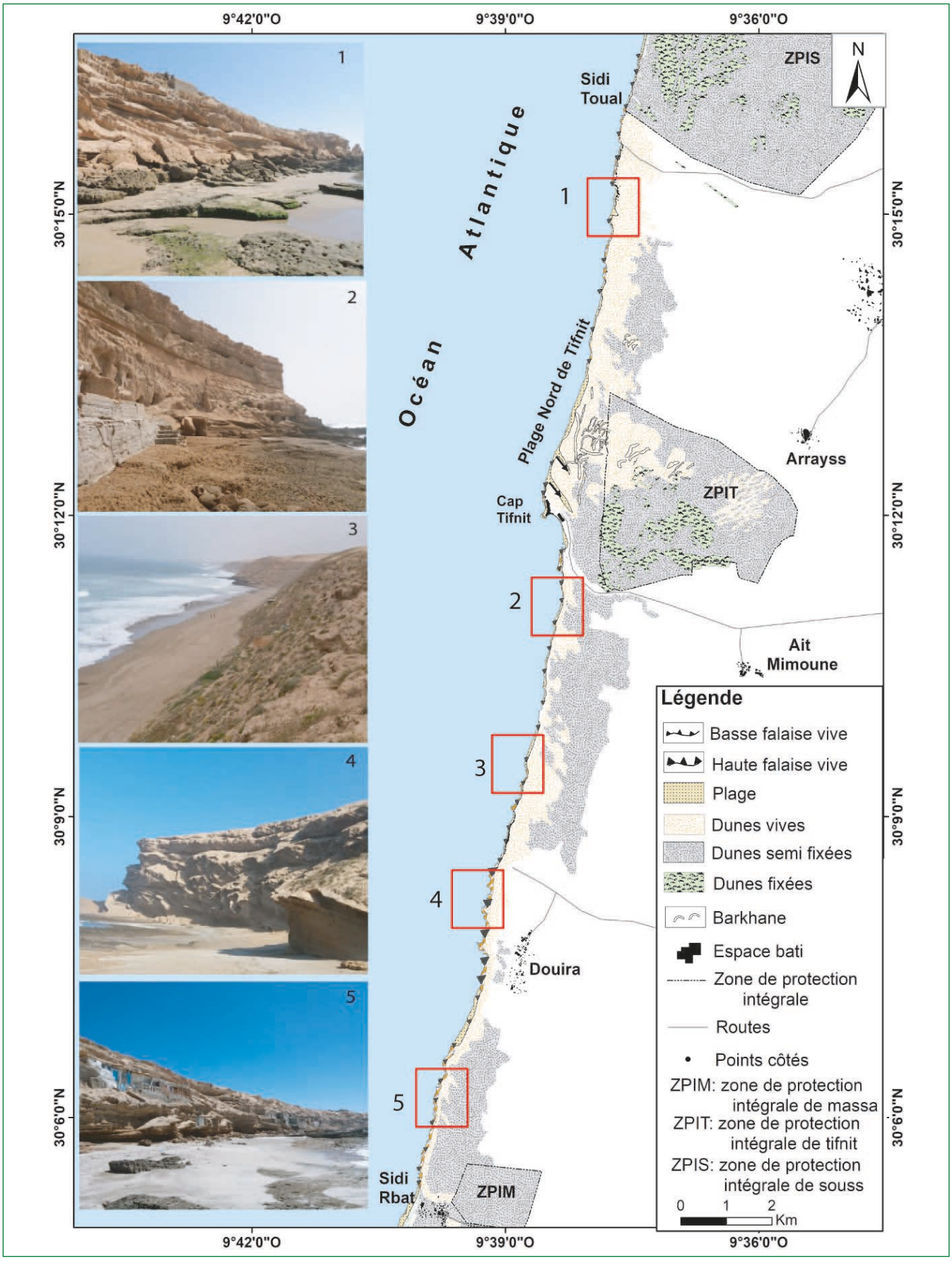


Figure 2. Morphologie et typologie des falaises littorales étudiées : 1 : Sidi Toual ; 2 : Sud de Tifnit ; 3 : Lala Khouira ; 4 : Douira ; 5 : Nord de Sidi Rbat. Source : élaboration personnelle en se basant sur des images Google Earth pro de 2020.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

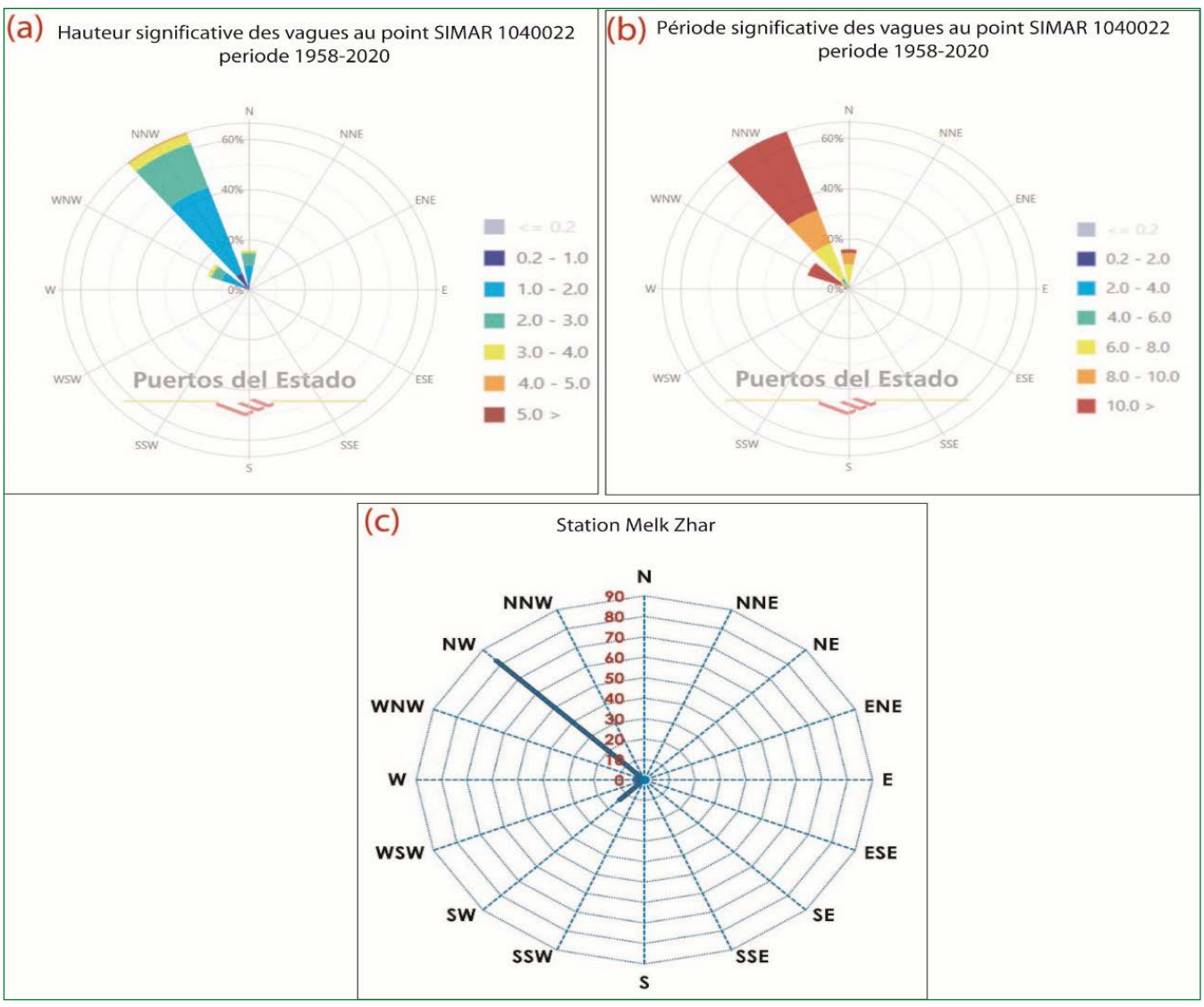


Figure 3. Les roses de vagues et des vents de la zone d'étude. (a) et (b) Hauteur et la période significative entre 1958 et 2020 selon les prévisions journalières des autorités portuaires de l'Espagne du SIMAR point 1040022. Source : travail personnel basé sur https://portus.puertos.es . (c) Rose des vents au niveau de station Melk Zhar (figure 1 a) de la période 1986 et 2016. Source : travail personnel basé sur agence du bassin hydraulique Souss Massa.

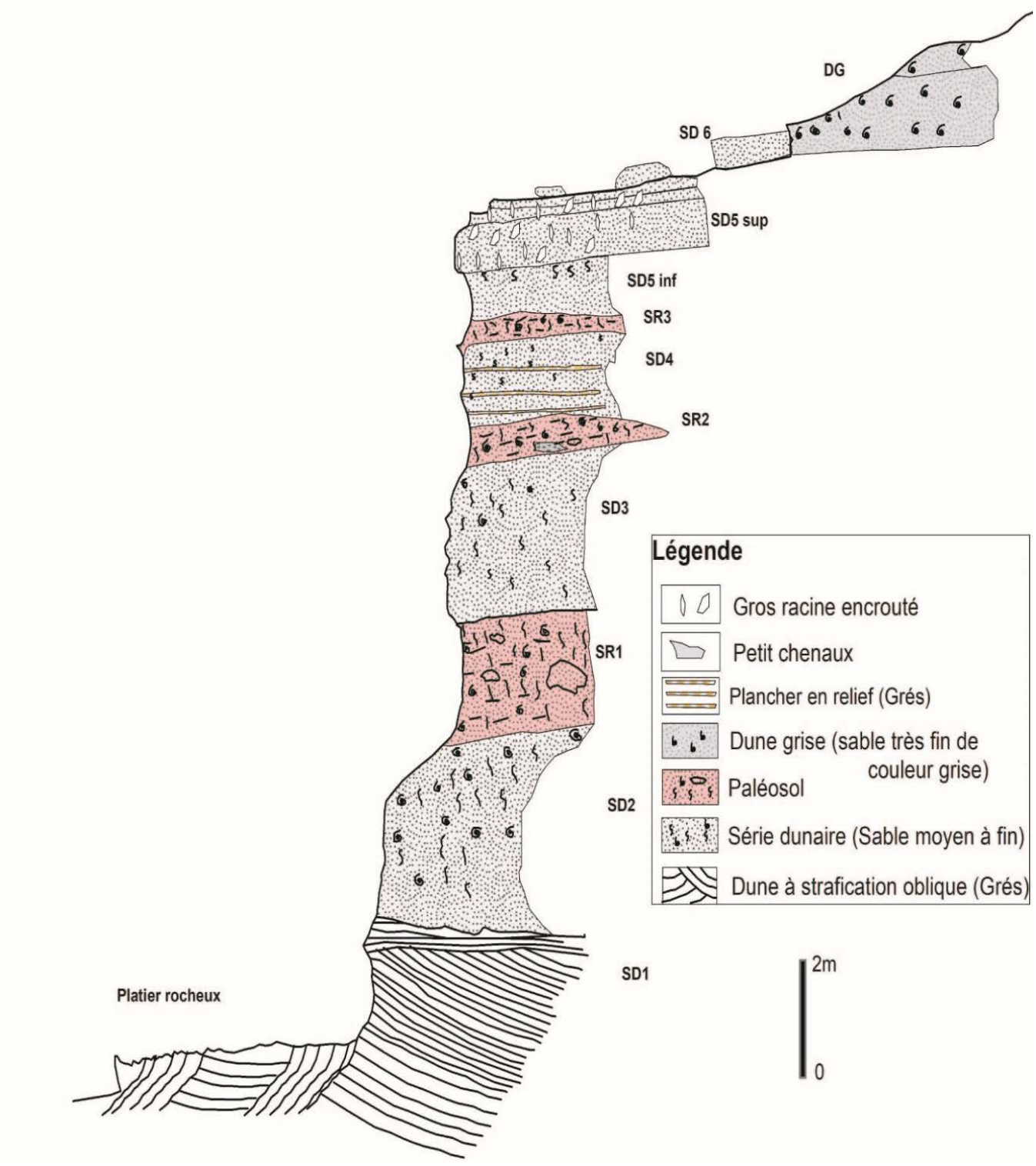


Figure 4. Coupe géomorphologique et stratigraphique prélevée au niveau de la région de Tifnit (figure 1 b). Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

3. MÉTHODES ET DONNÉES

Afin de quantifier le recul des falaises dans cette étude, les données spatiales utilisées sont des photos aériennes verticales de la mission 1986 avec une échelle de 1/20000 et des orthophotos de 2018 issues du satellite Pléiade de haute résolution spatiale de 0,5m (tableau 1). Bien que ces données révèlent des situations ponctuelles et spontanées, elles peuvent surtout par comparaison, mettre en évidence les différentes phases de l'évolution géomorphologique de la ligne de rivage (Nmiss *et al.*, 2019 ; Nmiss *et al.*, 2025b). De point de vue méthodologique, la quantification du recul des falaises implique quatre étapes : le géoréférencement des données, le choix et la numérisation du trait de côte, le calcul des taux de recul basé sur la surface entre deux traits de côte successifs et le calcul de la marge d'erreur.

Tableau 1. Les données spatiales utilisées pour suivre l'évolution des falaises.

Données spatiale	Date de prise	Echelle	Source
Photos aérienne	22/03/1986	1/ 20000	Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie, service de documentation technique
Orthophotographie (Pléaides)	29/10/2018	0.5 m	https://visor.grafcan.es/agadir

Source : élaboration personnelle

3.1. Le géoréférencement des données spatiales

Le processus de géoréférencement des photo-aériennes a été fait à partir des orthophotos de 2018. Plusieurs points de calage, répartis de façon uniforme sur chaque image, ont été utilisés. Ils correspondent à des points fixes dans le temps, comme les angles de mur. Ces points ne changent pas de position entre le moment où les photographies ont été prises et le moment où les données de référence ont été acquises.

3.2. Le choix et la numérisation du trait de côte

Afin de calculer le taux de recul des falaises littorales de manière précise, il est important de déterminer une ligne de référence. Dans cette étude, nous avons choisi de définir cette ligne par le sommet de falaise conformément à plusieurs travaux (Bray & Hooke, 1997 ; Basara, 2019) car la limite du pied de falaise est plus incertaine en raison des variations des accumulations sédimentaires et des phénomènes d'ombrage (figure 5). Pour obtenir cette ligne de référence, nous avons procédé à la vectorisation manuelle du somment de falaise de chaque image à l'aide du logiciel ArcGIS.

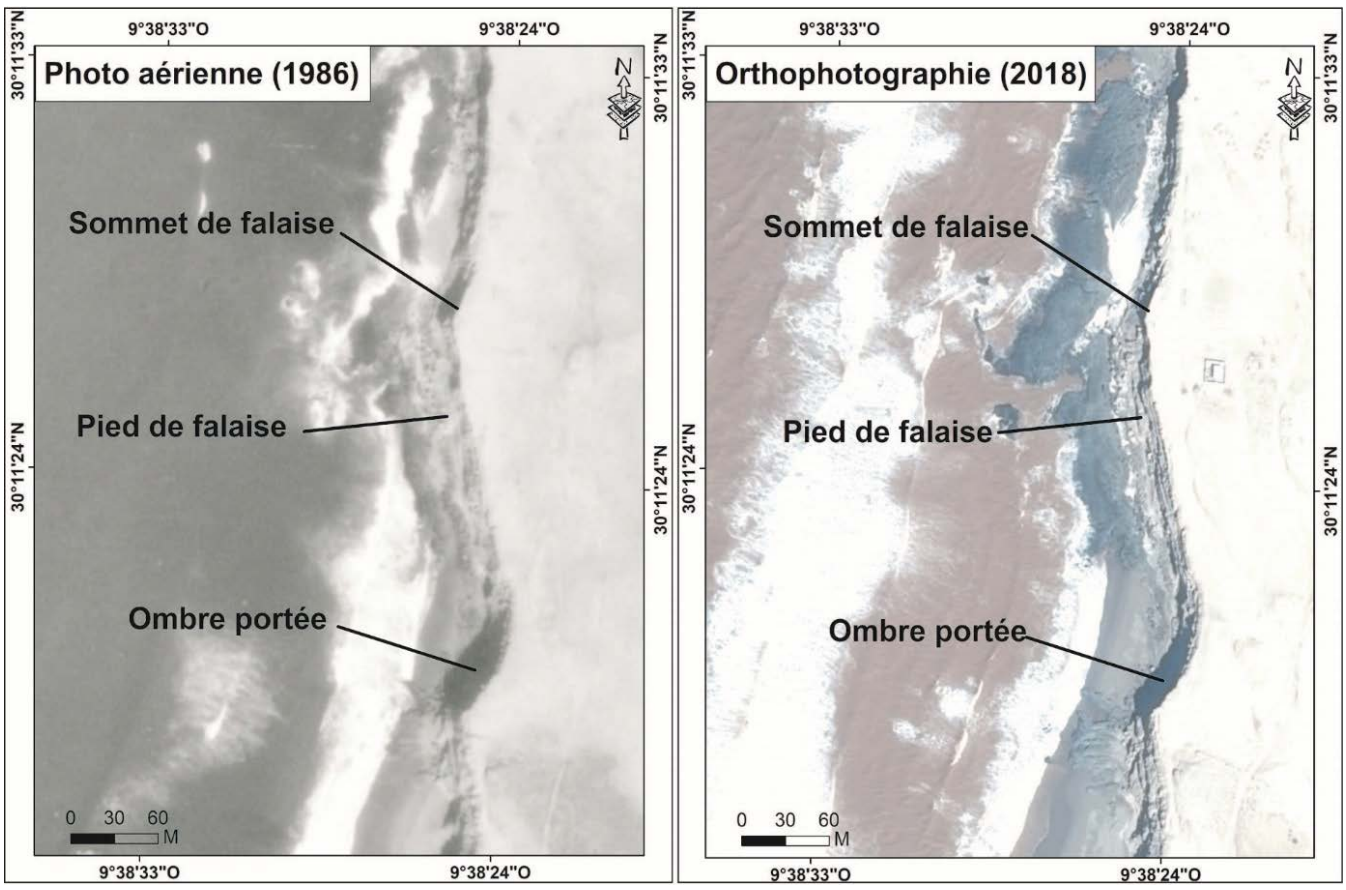


Figure 5. Les lignes de référence tirées sur les images utilisées. (Photo aérienne 1986). Source : élaboration personnelle basée sur l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie, service de documentation technique. Orthophographie 2018. Source : travail personnel basé sur https://visor.grafcan.es/agadir

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

3.3. Calcul des surfaces perdues et des taux de recul

Pour calculer les surfaces perdues et le taux de recul, nous avons utilisé la méthode surfacique qui consiste à mesurer la surface érodée entre deux sommets de falaise en mètre carré. Cette méthode est plus appropriée pour étudier la cinématique des falaises en recul dont l'évolution se produit généralement par des mouvements de masse très locaux (Basara, 2019). En 2014, le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie de la France a adopté cette méthode dans un guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques afin d'analyser l'évolution des côtes à falaise (MEDDE, 2014). « Elle présente l'avantage de donner une estimation du taux de recul moyen des falaises en prenant en compte l'ensemble du linéaire » (MEDDE, 2014). Cependant, il est important de prendre en considération l'intervalle de temps utilisé pour quantifier le taux de recul moyen des falaises. Un évènement majeur isolé, tel qu'un effondrement ou un glissement, peut entrainer un recul instantané de plusieurs mètres de falaise, ce qui peut influer les taux d'érosion calculés (Duperret *et al*., 2002).

La méthode consiste à tracer des polygones entre les traits de sommet de falaise utilisés pour obtenir des surfaces perdues (figure 6). Ces surfaces sont pondérées par le linéaire côtier et par l'intervalle de temps entre les deux dates. Ainsi, le taux moyen annuel de recul est obtenu en utilisant la formule suivante :

$$Tx=S/(L\times A)$$

Avec Tx, le taux de recul moyen annuel (m/an) ;
S, la surface érodée entre deux sommets de falaise (m^2) ;
L, le linéaire de falaise sur lequel la surface est mesurée (m) ;
A, le nombre d'années séparant les deux levés ;

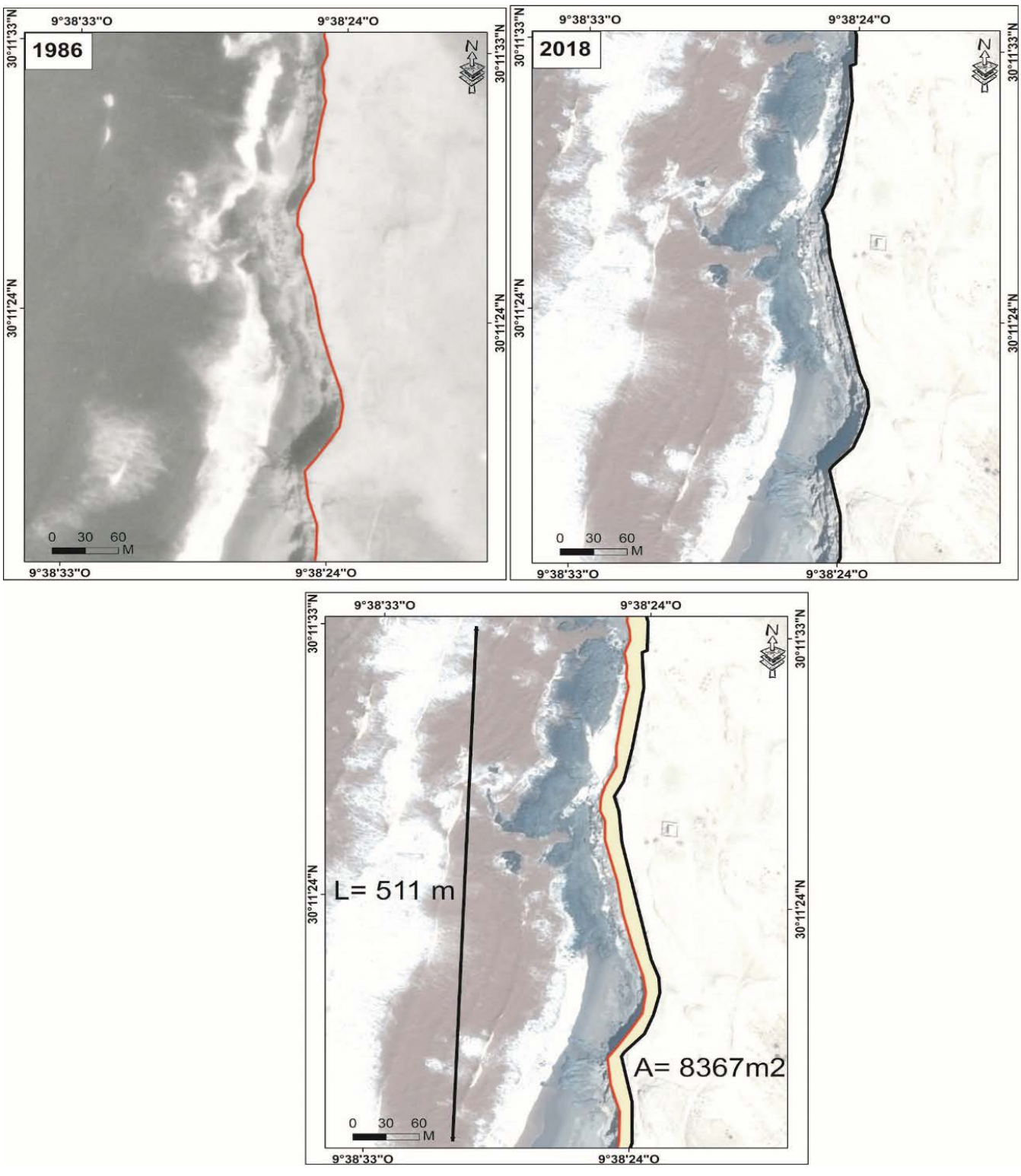


Figure 6. Le principe de calcul des surfaces perdues selon la méthode surfacique. Source : élaboration personnelle basée sur l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie, service de documentation technique. (https://visor.grafcan.es/agadir).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Pour obtenir des informations plus précises, nous nous sommes appuyé également sur l'outil DSAS (Digitale Shoreline Analysis System) qui est un add-in dans l'ArcGIS. Cette application a été développée pour déterminer le taux d'évolution historique du trait de côte en utilisant une série de traits de côtes de dates différentes (Theiler *et al*., 1994 ; Temitope, 2014). En effet, elle permet aux utilisateurs de calculer les statistiques du taux de changement du littoral sur une série chronologique de positions différentes (USGS, 2005). Le principe de cette application (DSAS) est basé essentiellement sur la création des transects tout au long du littoral à partir d'une ligne de référence fictive appelé ligne de base « Baseline ». Le contact de ces transects avec les traits de côte va nous permettre de calculer deux paramètres. Le premier paramètre est l'NSM : (Net Shoreline Movement) qui indique la distance entre la ligne de rivage la plus ancienne et la plus récente pour chaque transect. Le deuxième paramètre est l'EPR : (End Point Rate) qui est calculé en divisant la distance de déplacement du rivage entre les premières et les dernières mesures sur le nombre d'années.

3.4. Quantification de la marge d'erreur

Avant de quantifier le taux de recul de la falaise, il est nécessaire de déterminer la marge d'erreur associée aux valeurs calculées. La méthode surfacique utilisée pour la quantification d'évolution des côtes à falaise comporte des incertitudes qui proviennent principalement du géoréférencement des données et la numérisation du trait de côte.

La marge d'erreur liée au géoréférencement (QM) est estimée à 1,1 mètre; tandis que celle associée à la digitalisation du trait de côte est estimée à ± 2,5 mètres.

Afin d'estimer la marge d'erreur globale, nous avons additionné les différentes sources d'erreurs. Pour cela, nous avons utilisé la formule proposée par Bray et Hooke en 1997. Cette formule consiste à additionner la marge d'erreur totale des deux traits de côte, puis à diviser le résultat par l'intervalle de temps de la période analysée.

$$E = \frac{eT1 + eT2}{A} \tag{17}$$

Où :

- E, la marge d'erreur maximale sur le taux de recul (m/an) ;
- eT1, la marge d'erreur totale sur la position du trait de côte le plus ancien (m) ;
- eT2, la marge d'erreur totale sur la position du trait de côte le plus récent (m) ;
- A, le nombre d'années séparant les deux levés.

La marge d'erreur globale entre 1986 et 2018 est d'ordre de ± 0,112 m.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse comparative des photographies aériennes et des orthophotos issues du satellite Pléiades a permis d'évaluer la dynamique du recul des falaises littorales entre 1986 et 2018. Pour le premier site étudié, une perte de surface de 25 455 m² a été enregistrée sur une longueur de 2128 m et sur période de 32 ans, correspondant à un taux moyen de recul des falaises de 0,37 m/an (figure 7a). Concernant le second site, les résultats indiquent un taux moyen de recul de 0,22 m/an, avec une surface perdue de 5 088 m² sur une longueur de 716 m (figure 8b).

Toutefois, ces valeurs globales ne traduisent pas les variations spatiales du phénomène, car certaines zones connaissent un recul limité tandis que d'autres sont fortement érodées. Afin de mieux appréhender cette variabilité, un total de 100 transects a été généré sur le premier site et 33 sur le second. Les résultats

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

obtenus mettent en évidence une hétérogénéité dans l'évolution du recul des falaises, illustrant ainsi une dynamique érosive différenciée selon les secteurs. Cette observation souligne l'importance de considérer la variabilité spatiale dans l'étude de l'érosion côtière, afin d'identifier plus précisément les facteurs influençant la stabilité des falaises.

Sur la partie sud du site de Tifnit (Site 1), certains secteurs se révèlent particulièrement vulnérables à l'érosion, notamment entre les transects 21 et 35, où un taux de recul de 0,54 m/an a été mesuré (transect 35). En revanche, d'autres zones situées à l'extrémité sud du site présentent une érosion plus modérée, avec un taux de 0,06 m/an (transect 99) (figure 7b). Pour le site de Sidi Toual (Site 2), l'analyse a mis en évidence deux secteurs aux dynamiques contrastées. Le premier, localisé au nord du site, affiche un taux de recul de 0,1 m/an (figure 8b) et se distingue par la présence de plusieurs habitations en bordure de falaise, accentuant ainsi les risques d'instabilité et les menaces pour les populations locales (figure 9). Le second secteur, situé plus au sud, subit une érosion intense, avec un taux maximal de recul de 0,52 m/an (figure 8b).

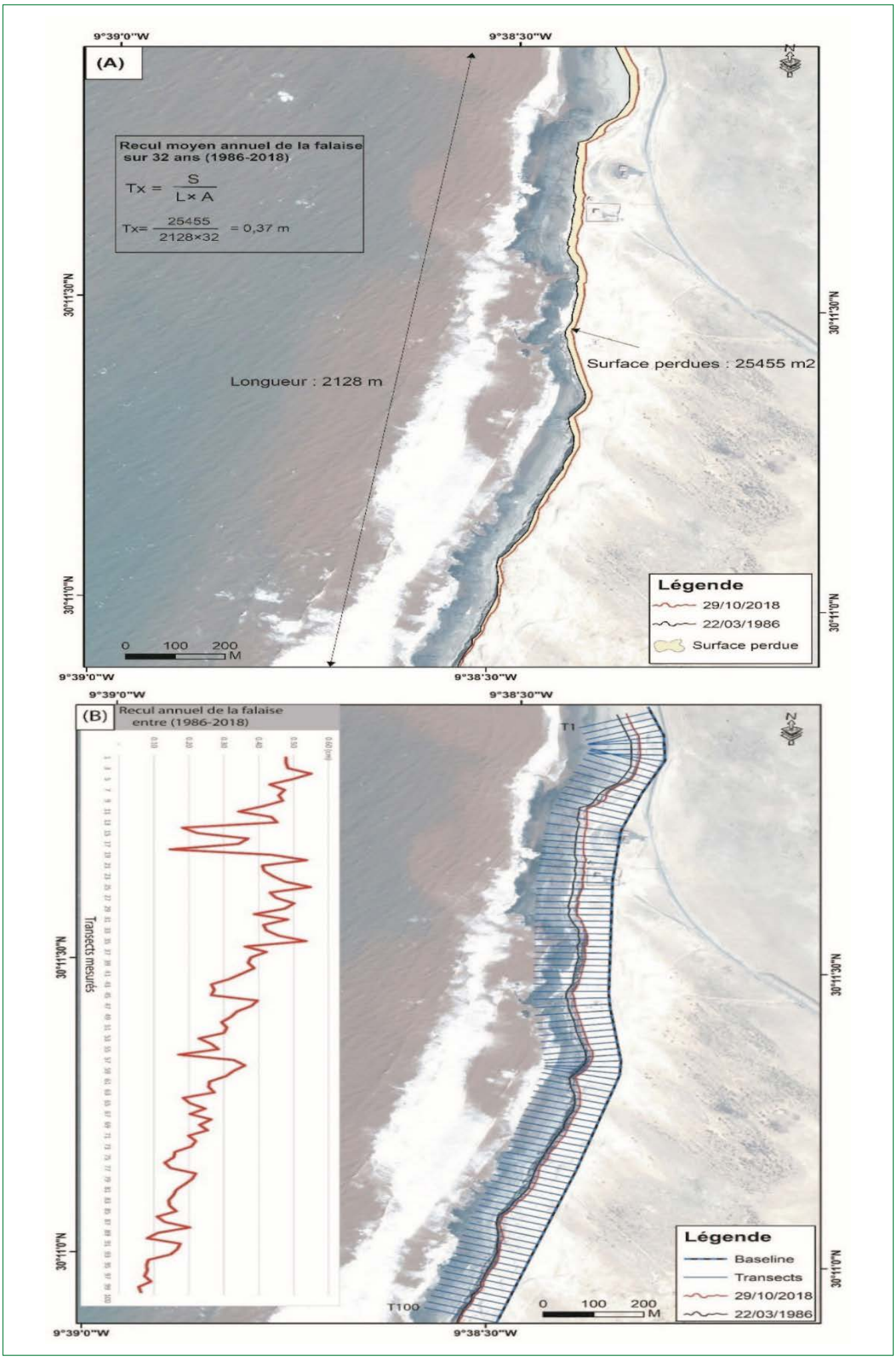


Figure 7. Évolution des falaises littorales entre (1986-2018) au niveau site sud de Tifnit : (A) recul moyen annuel et surface perdues ; (B) évolution annuelle en se basant sur EPR (End Point Rate). Source : élaboration personnelle basée sur une orthophoto du satellite pléiade (https://visor.grafcan.es/agadir).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

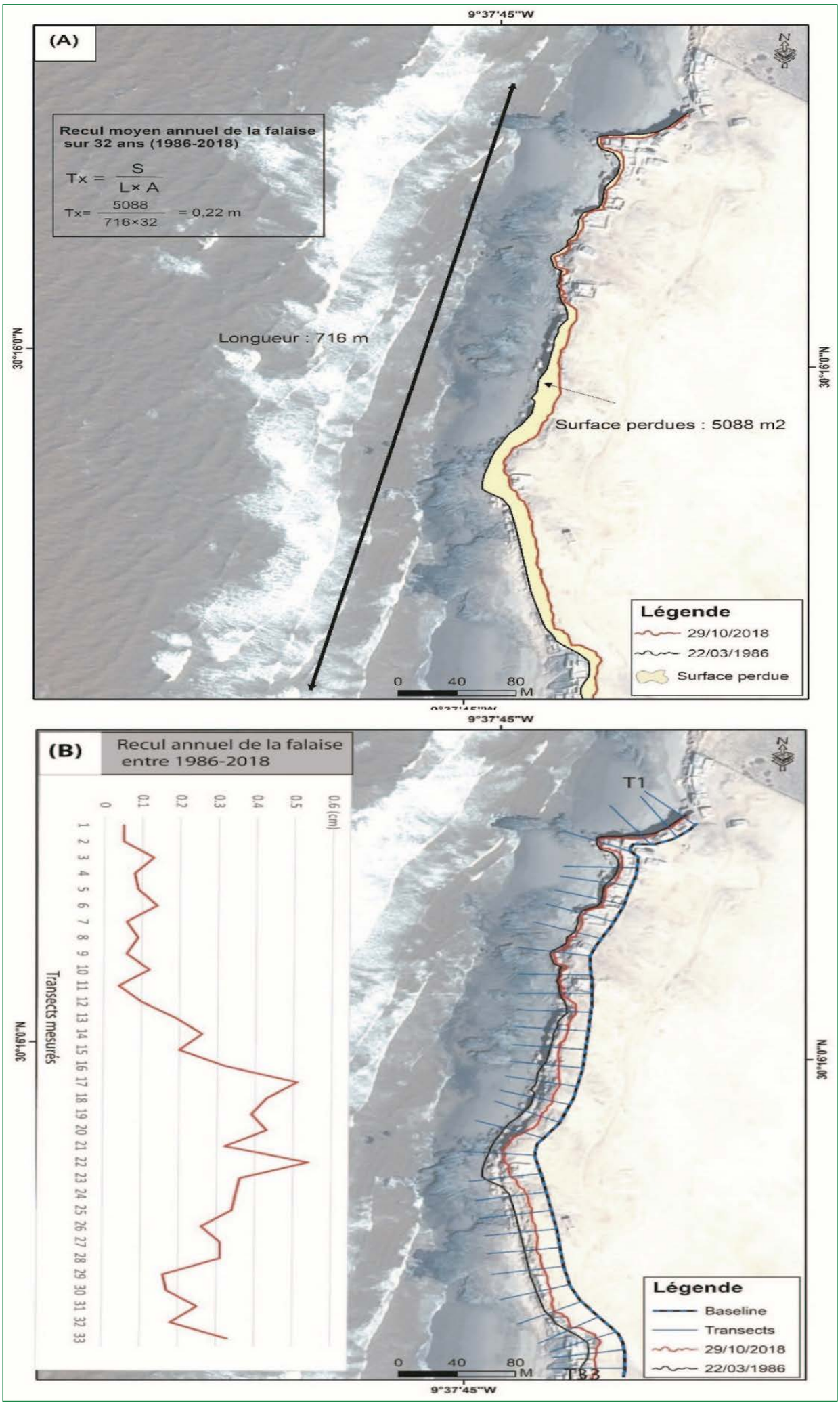


Figure 8. Évolution des falaises littorales entre (1986-2018) au niveau site de Sidi Toual : (A) recul moyen annuel et surface perdues ; (B) évolution annuelle par transects en se basant sur EPR. Source : élaboration personnelle basée sur (fond de carte : une orthophoto du satellite pléiade (https://visor.grafcan.es/agadir).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Figure 9. Des constructions au front de la falaise au niveau du secteur Sidi Toual. Source : clichés personnels.

4.1. Les facteurs réagissant l'évolution des falaises dans les deux sites choisis

L'étude diachronique du recul des falaises, accompagnée d'un travail de terrain, permet de mieux comprendre la dynamique actuelle des falaises et d'expliquer les facteurs et les processus responsables de leur évolution. En effet, les cycles d'évolution des falaises côtières du secteur littoral entre Sidi Rbat et Sidi Toual sont contrôlés par un large éventail d'agents et de processus d'érosion, à savoir les forçages marins, les forçages subaériens et les propriétés du massif rocheux.

4.1.1. Les processus d'origine marine

La mer joue un rôle crucial dans l'évolution des falaises littorales. Lors des grandes marées ou pendant les tempêtes, les vagues viennent attaquer le pied de la falaise où leur assaut répété fragilise les parois (Trenhaile, 2008). Le choc des vagues entraine une compression de l'air qui contenue dans les joints ou les fractures de la roche, puis un effet soudain de décompression lorsque les vagues se retirent, accentue l'érosion mécanique (Sunamura, 1992). Ainsi, les cycles tidaux engendrent des cycles de chargement/déchargement sur la falaise, ce qui fragilise le massif rocheux (Prémaillon, 2018). De plus, les courants de dérive littorale ont pour action le transport des sédiments en pied de falaise, ce qui impacte la stabilité des falaises côtières (Masselink & Hughes, 2003).

Sur les deux sites étudiés les facteurs marins et géomorphologiques tels que l'exposition du trait de côte, la hauteur et la période des vagues, ainsi que la fréquence des événements météomarins de forte énergie (tempêtes), ont un rôle crucial dans la dynamique et l'évolution des falaises littorales.

Dans le premier site étudié (Sud de Tifnit), le cap de Tifnit offre une situation d'abri et de calme hydrodynamique au fond de la plage de Tifnit, tandis que la configuration morphologique du trait de côte rend le secteur sud de Tifnit exposé à la houle du NNW (figure 10 a), ce qui affecte son évolution et sa dynamique à long terme. Dans le deuxième site (Sidi Toual), les falaises littorales sont également soumises à l'érosion marine due à l'action de la houle (figure 10 b).

Figure 10. Configuration morphologique du trait de côte par rapport à la houle dominante. Source : élaboration personnelle basée sur des images Google Earth de 2016 et 2017.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Les conditions météo-marines dominantes, en particulier celles de forte énergie (tempêtes), ont également une influence sur l'évolution des falaises (Masselink *et al*., 2016). Au cours des dernières années, le littoral atlantique marocain a subi une occurrence des tempêtes, qui posent un problème en termes de relation entre le fonctionnement modal et les phénomènes extrêmes dans l'évolution morphologique de la côte (Houser *et al*., 2008). L'analyse de la figure ci-dessous montre une tendance à la hausse du nombre de tempêtes ayant une hauteur significative supérieure à 4m, ce qui pourrait avoir des conséquences néfastes en termes de stabilité des falaises (figure 11).

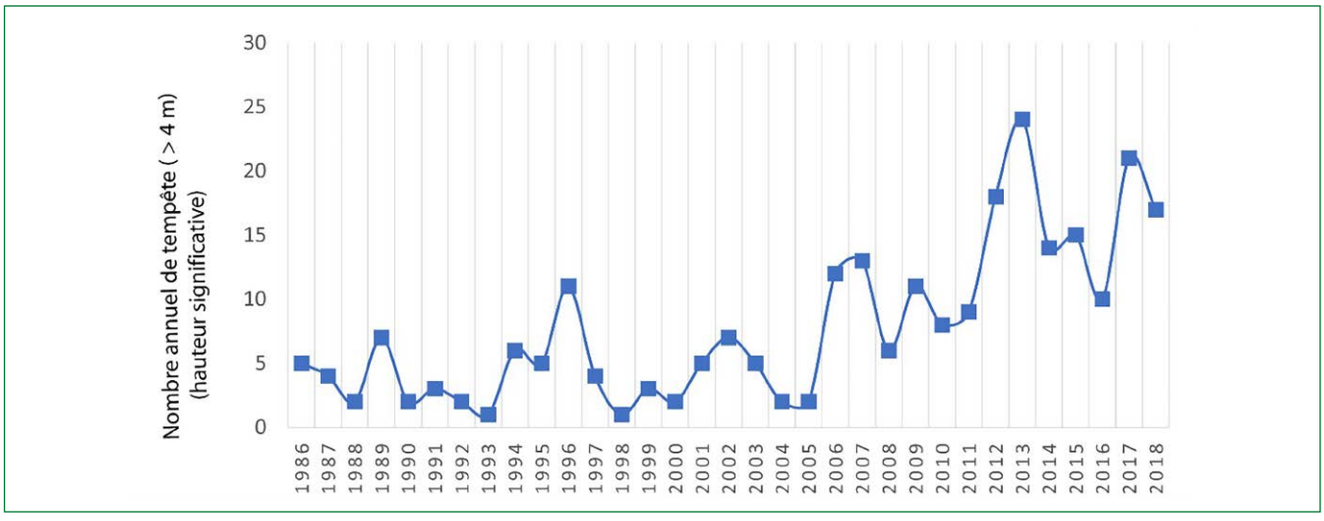


Figure 11. Fréquence du nombre de tempête supérieur à 4 m (HS) enregistré au SIMAR point 1040022 (coordonnées 30.500 N, -10,000 E). Source : élaboration personnelle basée sur des données extraites des prévision journalière des autorités portières espagnole (http://www.puertos.es/en-us-).

4.1.2. Les facteurs lithologiques (propriété physique du massif rocheux)

Du point de vue morphodynamique, les falaises sont des environnements soumis à une érosion constante. Dans les sites étudiés, cette érosion se manifeste par des phénomènes majeurs tels que des éboulements, des chutes de blocs et une érosion particulaire qui ne se remarque pas immédiatement, mais qui affecte la falaise à long terme. Sur le terrain, des investigations ont montré la présence de gros blocs détachés de la falaise en phase d'éboulement, ainsi que des amas de blocs plaqués contre son pied (figure 12 b). Le facteur lithologique joue un rôle primordial dans l'évolution des falaises, et les zones les plus touchées par l'érosion correspondent généralement à des formations friables (figure 12 a).

Figure 12. Le recul des falaises : (a) de gros blocs détachés de la falaise (Sud de Tifnit) ; (b) : des amas de blocs plaqués contre la falaise (Sidi Toual). Source : clichés personnels.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Figure 13. (a) recul de la falaise sous l'action des vagues dans le secteur littoral de sidi Toual ; (b) un paléosol rose interdunaire facilement érodé par les vagues. Source : clichés personnels.

Dans les zones où les séries basales sont friables et surtout là où elles sont sous-tendues par des paléosols roses interdunaires facilement excavés par les vagues, la dynamique des falaises est de plus en plus accentuée (figure 13). En effet, le recul de la falaise n'est pas imputable seulement au travail de la mer, qui par ses processus d'érosion à travers les vagues provoque une action de surpression et d'aspiration à l'intérieur des diaclases. D'autres facteurs d'ordre climatiques et anthropiques, notamment les précipitations et le creusement des grottes troglodytiques, ont contribué de façon directe à ce recul.

Les vagues exercent une force érosive contre les falaises, surtout au moment de fortes tempêtes, particulièrement en période de grandes marées (Earlie *et al*., 2016). L'impact de la lame d'eau sur une paroi se traduit par une action mécanique. Cette action mécanique est efficace au pied des falaises où, bien souvent, elle est responsable d'encoches qui mettent en porte à faux les parties supérieures des falaises et sont à l'origine de leurs éboulements (Paskoff,1981, Paskoff 2006). Sur le secteur à falaise entre Sidi Rbat et Sidi Toual, l'éboulement des falaises se traduit par des amas de blocs plaqués aux pieds des falaises. L'existence de ces blocs est intimement liée à la couche basale des falaises, qui selon sa consolidation, favorise la stabilité et/ou l'instabilité de celles-ci. D'ailleurs, d'autres facteurs d'ordre climatique (précipitation, vents, ruissellement) vont également provoquer la chute des blocs.

Par ailleurs, les falaises littorales sont associées à des plateformes littorales très développées qui dévoilent à marée basse un estran rocheux. Ces plateformes traduisent le recul progressif des falaises soumises à l'action des vagues (Duguet, 2019). Leur largeur varie de quelques mètres pour la plus étroite jusqu'à des dizaines de mètres pour la plus large. Ainsi, leur élévation varie aussi considérablement et s'étend jusqu'au-dessous du niveau marin. Ces plates formes littorales sont pentues (1,5 à plus de 4°) et s'étendent en continu du pied de la falaise jusqu'au niveau des plus basses mers (figure 14a)

Morphodynamiquement, les pentes des falaises sont maintenues par l'érosion et leur morphologie abrupte à la verticale favorise la réflexion de l'énergie des vagues sur les plates formes littorales, ce qui tend à limiter l'accumulation de sable sur ces dernières (Nmiss *et al*., 2022). Néanmoins, l'existence des accumulations de sables clairsemés sur ces plates formes indique que l'érosion des falaises se limite aux phases de forte marée haute pendant la saison hivernale, lorsque les vagues de tempête atteignent directement le pied des falaises (figure 14b). Les stades de marée basse couplés à des vagues modales représentent des conditions durant lesquelles le sapement direct des falaises par les vagues est négligeable.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

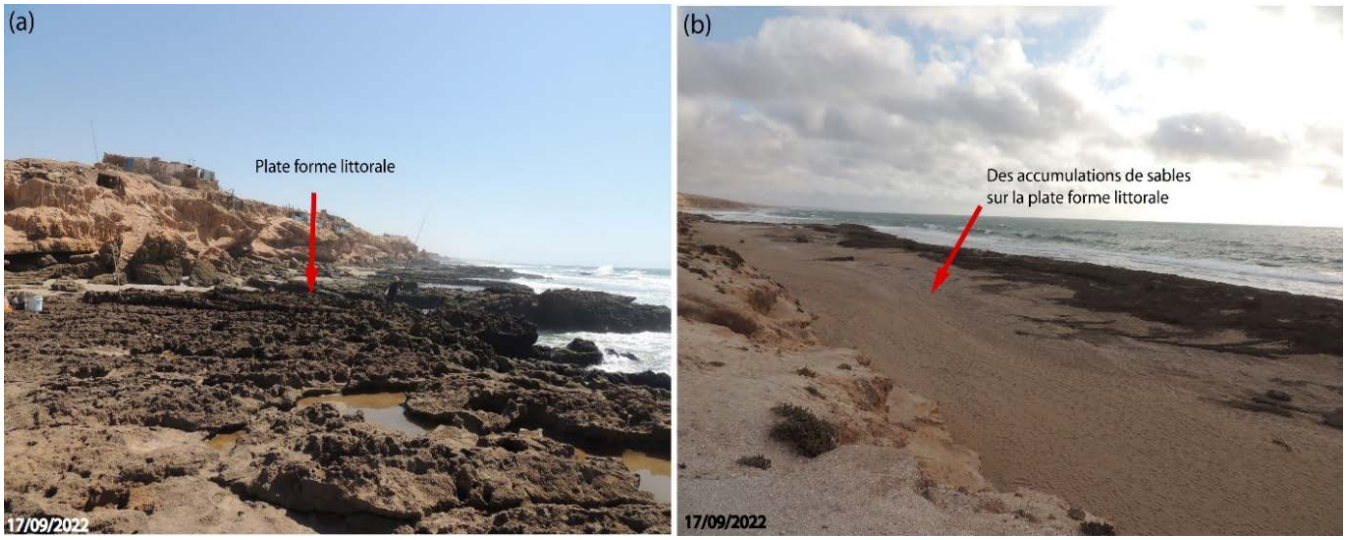


Figure 14. (a) Une plate forme d'abrasion marine au niveau du site de sidi Toual ; (b) des accumulations de sables sur la plate forme littorale au sud de Tifnit. Source : clichés personnels.

4.1.3. Les processus subaériennes

Les processus subaériens, tels que les précipitations et les variations de température, jouent un rôle important dans la préparation des matériaux et sont donc des facteurs déclencheurs de l'évolution des falaises. Bien que leur impact ne soit pas immédiatement visible, ils contribuent sur le long terme à la dégradation des falaises (Pierre & Lahaye, 2017). Les précipitations ont un effet particulièrement important sur la fragilisation des parois des falaises. Lorsque l'eau tombe au sommet de la falaise, elle pénètre dans les fissures et les crevasses de la roche, créant une pression qui peut fragiliser et élargir ces fissures. Au fil du temps, ces fissures peuvent devenir de plus en plus grandes, augmentant ainsi le risque d'effondrement de la falaise.

Cette fissuration est particulièrement visible dans le secteur sud de Tifnit (figure 15). Les falaises de ce secteur sont sujettes à la fissuration et à la fragmentation en raison des précipitations hivernales. Le passage répété des véhicules sur le sommet des falaises peut aggraver ce phénomène. En outre, le vent joue également un rôle important en transportant des sels et des sables et en exerçant une force transitoire sur la paroi, soit directement par pression, soit indirectement par aspiration due à l'effet venturi (Duguet, 2019).

Figure 15. Elargissement des fissures au niveau des parois des falaises. Source : clichés personnels.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

4.1.4. Le facteur anthropique

Les deux sites étudiés présentent une vulnérabilité naturelle en raison de la fragilité des falaises qui les caractérisent. Cependant, l'intervention humaine peut accélérer leur recul et compromettre leur stabilité. Cette intervention prend deux aspects distincts. Sur le site de Sidi Toual, la construction de plusieurs maisons en béton à proximité immédiate des falaises littorales, principalement constituées de dunes lithifiées, exerce une pression significative sur ces dernières (figure 16 a). Cette pression pourrait avoir des conséquences à long terme sur l'évolution de ces falaises, en particulier dans un contexte marqué par l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence des tempêtes. Bien que le taux de recul annuel enregistré au nord de Sidi Toual soit faible, la présence de gros blocs au pied de la falaise indique que cette zone pourrait être exposée au risque d'effondrement dans l'avenir.

Sur le site sud de Tifnit, des dizaines de troglodytes ont été creusées de manière informelle dans les couches friables (SD2 et SR1), ce qui augmente considérablement le risque d'érosion des falaises (figure 16 b). Ces troglodytes, qui sont majoritairement abandonnés aujourd'hui, sont des indicateurs clairs du recul de la falaise et peuvent déclencher leur déstabilisation. La présence de lambeaux de tesselles en suspension dans les falaises témoigne de l'intervention de l'Homme comme facteur d'érosion (figure 16 c).

Figure 16. Action anthropique sur les falaises littorales : (a) : construction des maisons en béton au front des falaises ; (b) des troglodytes creusés au niveau des paléosols. (c) des tesselles en suspens attestant de recul de la falaise. Source : clichés personnels.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

5. CONCLUSIONS

L'étude diachronique de l'évolution des falaises littorales dans les secteurs de Sidi Toual et du Sud de Tifnit permet de quantifier le taux moyen annuel de recul et de déterminer les surfaces perdues au niveau des falaises. Les résultats obtenus ont révélé que les taux de recul des falaises littorales varient considérablement d'un secteur à l'autre, voire même au sein du même site. Cette variation peut s'expliquer par l'interaction complexe de plusieurs facteurs internes et externes. En effet, les séries dunaires et les paléosols, qui alternent au niveau des falaises, ont des propriétés différentes en termes de résistance à l'érosion. La série basale des falaises joue un rôle crucial dans leur évolution et leur dynamique. Lorsqu'elle est friable le recul des falaises est plus important et vice versa. Ensuite, les conditions météo-marines et subaériennes sont également des éléments déterminants dans le processus d'érosion des falaises. Les vagues et les précipitations exercent des forces importantes sur les parois des falaises, pouvant entraîner la chute de blocs rocheux. De plus, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes au cours des dernières années peut considérablement influencer le taux de recul des falaises côtières de la zone d'étude, en particulier dans le contexte global de l'élévation du niveau de la mer. En effet, les tempêtes génèrent des vagues puissantes qui érodent la base des falaises, accélérant ainsi leur recul. Cette érosion peut également fragiliser les falaises, les rendant davantage sujettes à l'effondrement lors de prochaines tempêtes. Ainsi, l'action anthropique est un facteur important qui accélère l'érosion des falaises. Le creusement de plusieurs troglodytes dans falaises fragilise leur paroi. Ces troglodytes peuvent affaiblir la structure de la falaise en réduisant sa capacité à résister à la pression exercée par le vent et les vagues.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie, service de documentation technique, ainsi qu'à l'Agence Urbaine d'Agadir pour la mise à disposition des données spatiales. Ils tiennent également à remercier chaleureusement l'administration du Parc National Souss Massa pour avoir facilité la conduite des recherches sur le terrain. Les auteurs remercient également chaleureusement les relecteurs pour leurs commentaires pertinents, qui ont sans aucun doute contribué à améliorer la qualité de ce travail.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs

- M'hamed Nmiss, Mhamed Amyay, Nadia Atiki, Abderrahmane Ouammou: conceptualisation, méthodologie, étude de terrain, rédaction de l'article initial, analyse des données, collecte des données.
- Hassan Nait-Si, Mahjoub Benbih: étude de terrain, analyse des données, relecture et correction.

RÉFÉRENCES

Aangri, A., Hakkou, M., Krien, Y., Chtioui, T., & Benmohammadi, A. (2024). Risk Assessment of Marine Flooding along the Agadir andTaghazout Coasts (Moroccan Atlantic). *Journal of coastal Research, 40*(1), 179-192. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-23-00033.1

Aouiche, I., Daoudi, L., Anthony, E. J., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A, & Dussouillez, P. (2016). Anthropogenic effects on shoreface and shoreline changes. Input from a multi-method analysis, Agadir Bay, Morocco. *Geomorphology, 254*,16-31 https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.013

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Aourir, M., El Bekay, M., Oubrou, W., Qninba, A, & Znari, M. (2016). Ibis chauve – Zoom sur la dernière population sauvage du Maroc. *Le Courrier de la Nature*, (279), 24-32.

Atiki, N., Tnourji, H., Nmiss, M., & Ouammou, A. (2021). *Dynamique des vents et leur implication dans la répartition des dunes dans la plaine de souss massa (centre ouest du Maroc)*. Publication de la faculté des lettres et des sciences humaines, Université Mohamed Premier d'Oujda, (pp. 103-108).

Basara, N. (2019). *L'érosion des littoraux à falaises meubles en Bretagne : aléa, enjeux et gestion du risque.* [Thèse de doctorat]. Université de Bretagne Occidentale.

Bourhili, A., El Khalidi, K., Minoubi, A., Maanan, M., & Zourarah, B. (2023). Periodical Morphodynamic Changes of Sand Movements at El Jadida Beach. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, *24*(4), 15–26. https://doi.org/10.12912/27197050/162253

Bray M. J., & Hooke, J. M. (1997). Prediction of soft-cliff retreat with accelerating sea-level rise. *Journal of Coastal Research*, *13*(2), 453-467.

Clarke, K. C. (1986). Advances in geographic information systems. *Computers, environmentand urban systems*, *10*(34), 175-18. https://doi.org/10.1016/0198-9715(86)90006-2

Costa, S., & Delval, C. (2019). Shore platform lowering due to frost shattering during the 2009 winter at Mesnil-Val, English Channel coast, NW France. *Earth Surface Processes and Landforms, 44*(2), 411-423. https://doi.org/10.1002/esp.4513

Costa, S., Delval, C., Hénaff, A., & Suanez, S. (2015). Shore platform lowering due to frost shattering during the 2009 winter at Mesnil-Val, English Channel coast, NW France. *Earth Surface Processes and Landforms, 40*(4), 491-502. https://doi.org/10.1002/esp.3648

Duguet, T. (2019). *Le recul des falaises de craie de Normandie à l'échelle du quaternaire, par approche terre-mer*. [Thèse de doctorat]. Université de Normandie.

Duperret, A., Gentert, A., Mortimore, R. N., Delacourtt, B., & De Pomerai, M. R. (2002). Coastal Rock Cliff Erosion by Collapse at Puys, France: The Role of Impervious Marl Seams within Chalk of NW Europe. *Journal of coastal research, 18*, 52-61.

Earlie, C. S., Young, A. P., Masselink, G., & Russell, P. E. (2016). Coastal cliff ground motions and response to extreme storm waves. *Geophysical Research Letters, 42*(3), 847-854. https://doi.org/10.1002/2014GL062534

Earlie, C. S., Masselink, G., Russell, P. E, & Shail, R. K. (2015). Application of airborne LiDAR to investigate rates of recession in rocky coast environments. *Journal de conservation côtière, 19*, 831-845. https://doi.10.1007/s11852-014-0340-1

El Mrini, A., Anthony, E. J., Taaouati, M., Nachite, D., & Maanan, M. (2013). A note on contrasting beach-dune morphodynamics, Tetouan coast, northwest Morocco: the role of grain size and human-altered dune morphology. *Journal of coastal research, 65*, 1283-1288. https://doi.org/10.2112/SI65-217.1

Emery, K. O., & Kuhn, G. G. (1956). Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. *Geological Society of America Bulletin, 67*(7), 721-762. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[721:SCTPPA]2.0.CO;2

Federici, P., & Rodolfi, G. (2001). Erosion and retreat of coastal cliffs: A review. *Geomorphology, 41*(1-2), 1-20 p. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00012-8

Hénaff, A., Lageat, Y., Costa, S., & Plessis, E. (2002). Le recul des falaises crayeuses du Pays de Caux : détermination des processus d'érosion et quantification des rythmes d'évolution / Retreat of chalk cliffs in the Pays de Caux: processes and rates. *Géomorphologie : relief, processus, environnement, 8*(2), 107-118. https://doi.org/10.3406/morfo.2002.1132

Houser, C., Greenwood, B., & Aagaard, T. (2008). Wave-form variability in nearshore sandbars. *Marine Geology, 252*(1-2), 26-33.

Hutchinson, J. N. (2006). Coastal cliff geomorphology and stability. In J. N. Hutchinson & R. C. Charman (Eds.), *Cliff Stability* (1-27 p.). Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications. https://doi.org/10.1144/GSL.ENG.2006.020.01.01

Imam, C., Chaibi, M., Ayt Ougougdal, M., El Bchari, F., Charif, A., & Ait Malek, H. (2023). Analysis of Coastal Retreat and Slope Movements on Rocky Coastal Cliffs: A Distributed Natural Hazard in the Safi Region, Morocco. *Proceedings, 87*(1), 21. https://doi.org/10.3390/IECG2022-13962

Kennedy, D. M. (2014). The rock coast of Australia. Geological society. *London, Memoirs, 40*(1), 235-245. https://doi.org/10.1144/M40.14

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Letortu, P., Costa, S., Bensaïd, A., Cador, J. M., & Quénol, H. (2014). Vitesses et modalités de recul des falaises crayeuses de Haute-Normandie (France) : méthodologie et variabilité du recul. *Géomorphologie: relief, processus, environnement, 20*(2), 133-144. https://doi.org/10.4000/geomorphologie.10588

Leveridge, B., & Hartley, A. J. (2006). The Variscan Orogeny: the development and deformation of Devonian/Carboniferous basins in SW England and South Wales. In P. J. Brenchley & P.F. Rawson (Eds.), *The Geology of England and Wales* (pp. 225-255) Geological Society of London. https://doi.org/10.1144/GOEWP.10

Lharti, S., Florb, G., El kasmi, S., Flor-Blanco, G., El Janati, M., Marcelli, M., Piazzolla, D., Scanu, S., Della Venturae, G., Boukili, B., & El Moutaoukkil, N. (2024). Multi-decadal evolution of the Moroccan Atlantic shoreline: A case study from the Essaouira coastal sector. *Journal of African Earth Science,212*, 1-24. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2024.105191

Lim, M., Rosser, N. J., Allison, R. J, & Petley, D. N. (2010). Erosional processes in the hard rock coastal cliffs at Staithes, North Yorkshire. *Geomorphology, 114*, 12-21. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.011

Masselink, G., & Hughes, M. G. (2003). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Hodder Arnold.

Masselink, G., Scott, T., Poate, T., Russell, P., Davidson, M., & Conley, D. (2016). The extreme 2013/2014 winter storms: hydrodynamic forcing and coastal response along the southwest coast of England. *Earth Surface Processes and Landforms, 41*(3), 378-391. https://doi.org/10.1002/esp.3836

MEDDE (2014). *Plan de prévention des risques littoraux (PPRL)-Guide méthodologique*. Direction Générale de la Prévention des Risques.

Nait-Si, H., Ouammou, A., & Nmiss, M. (2022). *Apport du SIG dans l'analyse physique et hydrographique dans un bassin versant anti-atlasique. Cas du bassin versant de l'oued Adoudou*. Publication de la faculté des Lettres et des Sciences Humaines-Oujda (53-58 p.).

Naj, M., Aberkan, M., & Saadane, A. (2025). Morocco's Atlantic coast: exploring and discovering sites athigh risk of marine erosion. *E3S Web of Conferences 502*(03007), 1-5. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450203007

Naylor, L. A., Stephenson, W. J., &Trenhaile, A. S. (2010). Rock coast geomorphology: Recent advances and future research directions. *Geomorphology, 114*, 3-11. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.004

Nmiss, M. (2018). *Le littoral des Chtouka Ouest : morphologie, dynamique et caractérisation du matériel sableux.* Edition universitaire européenne.

Nmiss, M. (2023). *Morphologie et dynamique actuelle du littoral atlantique marocain entre oued Massa et oued Souss*. [Thèse de doctorat]. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès.

Nmiss, M., Amyay, M., & Ouammou, A. (2020). Apport des SIG et de la télédétection dans la détermination et le suivi de la dynamique de ligne de rivage: application sur le littoral de la baie d'agadir et des Chtouka ouest (Maroc). *Revue Géomagherb, 16*, 34-43.

Nmiss, M., Amyay, M., & Ouammou, A. (2021b). *Dynamique du trait de côte d'une plage peu anthropisée cas de la plage Sidi Ouassai, Massa (Maroc Atlantique).* Publication de la faculté des lettres et des sciences humaines-Oujda, (249-256 p.).

Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., & Irifi, H. (2019). *Apport du SIG et de la télédétection au suivi de la dynamique des espaces côtiers : Application sur le littoral de la baie d'Agadir (Maroc).* Publications de la faculté des Lettres et Sciences Humaines,Oujda, (51-62 p.).

Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., & Tnourji, H. (2021a). *The morphological consequence of the storme of 1 march 2018 on a highly anthropized beach: the case of Agadir Bay.* Publication de la faculté des lettres et des sciences humaines de Oujda, Université Mohamed Premier, (27-32 p.).

Nmiss, M., Anthony, E., Amyay, M., & Ouammou, A. (2022). Multi-decadal shoreline change, inherited coastal morphology and sediment supply in the Souss-Massa littoral cell (Morocco), and a prognosis with sea-level rise. *Journal of African Earth science,196*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104672

Nmiss, M., Amyay, M., Ouammou, A., Mahjoub, B., & Atiki, N. (2024). *Quantification du recul des falaises sur le littoral entre Tifnit et Sidi Toual au Sud D'Agadir. Acte de colloque international sur les risques hydroclimatiques et géomorphologiques : typologie,cartographie et gestion. Cloture du Projet PPR.* Publication de la faculté des Lettres et des Sciences Humaines-Oujda, (86-91 p.).

Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., Ouammou, A., Benbih, M., & Nait-Si, H. (2025a). Seasonal morphological changes and grain size distribution mapping on the Massa beaches using topographic survey and GIS. *International Journal of Engineering and Geosciences, 10*(2), 272-289. https://doi.org/10.26833/ijeg.1598677

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., Ouammou, A., Benbih, M., Nait-Si, H., Yazami Ztait, M., & Naji, E.(2025b). Shoreline Changes at the Souss and Massa rivers mouths, Morocco: A five decades analysis (1970-2024). *International Journal of Engineering and Geosciences, 10*(3), 456-476. https://doi.org/10.26833/ijeg.1646118

Ouammou, A., Weisrock, A., Balescu, S., El Ouahidi, A., Ghaleb, B., Guerin, G.,Hardy, F., Viñuela, J.M., Abdessadok S., Charif, A., Rousseau, l., Lamothe, M., & Falgueres, C. (2019 a). Paléorivages, dunes côtières et occupations humaines à l'embouchure de l'oued Tamri, Maroc atlantique, au pléistocène superieur (SIM5). *Journal of Water and Environmental Sciences, 3, RQM, 9*, 391-406.

Ouammou, A., Weisrock, A., Balescu, S., Viñuela, J. M., Guérin, G., Hardy, F., El Ouahidi, A., Charif, A., Ghaleb, B., & Lamothe, M. (2019 b). Systèmes dunaires littoraux de Boughrara (province de Tiznit, Maroc) et occupation humaine depuis le SIM 5, étude préliminaire. *Bulletin d'Archéologie Marocaine, PANAF*, 1-24 p.

Paskoff, R. (1981). *L'érosion des côtes que sais-je ?* . Presses universitaires de France.

Paskoff, R. (2006). *Les littoraux impacts des aménagements sur leur évolution*. Troisième édition, Armand colin.

Pierre, G., & Lahaye, M. (2017). Role of geological factors in cliff instability along the French Channel coast. *Journal of Coastal Research, 33*(2), 264-276.

Prémaillon, M. (2018). *Hiérarchisation des facteurs de l'érosion des falaises côtières du site au globe*. [Thèse de doctorat]. Université de Toulouse III Paul sabatier.

Rosser, N. J., Petley, D. N., Lim, M., Dunning, S. A., & Allison, R. J. (2005). Terrestrial laser scanning for monitoring the process of hard rock coastal cliff erosion*. Q J Eng Geol Hydrogeol, 38,*363-375. Routledge. https://doi.org/10.1144/1470-9236/05-008

Sedrati, M., Morales, J. A., El Mrini, A., Anthony E.J., Bulot, G., Le Gall, R., & Tadibaght, A. (2022). Using UAV and Structure-From-Motion Photogrammetry forthe Detection of Boulder Movement by Storms on a RockyShore Platform in Laghdira, Northwest Morocco. *Remote sensing, 14*, 1-23. https://doi.org/10.3390/rs14164102

Sunamura, T. (1992). *Geomorphology of Rocky Coasts*. Chichester: John Wiley & Sons.

Temitope, D., & Oyedotun, T. (2014). Shoreline Geometry: DSAS as a tool for historical trend analysis. *Geomorphological techniques, 3*, 1-12.

Theiler, E. R., & Danforth, W. W. (1994). Historical shoreline mapping (I): improving techniques and reducing positioning errors. *Journal of Coastal Research,10*(3), 549-563.

Trenhaile, A. S. (2002). Rock coasts, with particular emphasis on shore platforms. *Geomorphology, 48*(1-3), 7-22. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00174-5

Trenhaile, A. S. (2008). *The Geomorphology of Rock Coasts*. Oxford University Press.

Vann Jones, E. C., Rosser, N. J., Brain, M. J, & Thompson, S. S. (2015). Quantifying the environmental controls on erosion of a hard rock cliff. *Marine Geology, 363*, 230-242. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.008

Weisrock, A., 1980. *Géomorphologie et paléoenvironnement de l'Atlas Atlantique (Maroc).* [Thèse de doctorat d'Etat]. Université de Paris.

Weisrock, A., Balescu, S., Ouammou, A., Abdessadok, S., Ghaleb, B., Rousseau, L., Huot, S., Lamothe, M., & Falguères, C. (2016). Géomorphologie, stratigraphie, géochronologie et oscillations glacio-eustatiques dans le domaine de la basse terrasse côtière, à l'embouchure de l'Assif Tamraght (Baie de Tarhazout, Agadir, Maroc) pendant le MIS 5 et le MIS 4. *Géomorphologie : relief, processus, environnement, 22*(3), 265-286. https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11439.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Tendencias en la temperatura de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto"

Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station

Óscar Noel Gavira-Romero
ogavira@hotmail.com 0000-0001-8048-8314
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Avenida Cervantes, 2. Universidad de Málaga, Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España.

INFO ARTÍCULO

Recibido: 14-03-2025
Revisado: 19-04-2025
Aceptado: 19-10-2025

PALABRAS CLAVE

Clima
Cambio Climático
Efecto Invernadero
Ecología urbana
Cuenca mediterránea
Península Ibérica

KEYWORDS

Climate
Climate Change
Global Warming
Urban ecology
Mediterranean basin
Iberian Peninsula

RESUMEN

El estudio de las temperaturas de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto" demuestra un incremento lineal desde 1971 hasta 2024. Este efecto se observa tanto en las mínimas como en las máximas y en todos los meses del año, siendo mayor en los meses de verano que en los de invierno, y más en las mínimas que en las máximas. Así, la temperatura media anual ha aumentado 2,6 ºC desde 1971, a un ritmo de 0,049 ºC/año, la media anual de las mínimas 2,9 ºC, a un ritmo de 0,055 ºC/año, y la media anual de las máximas 2,2 ºC, a un ritmo de 0,042 ºC/año. El mayor incremento se ha observado en las mínimas de agosto, con 3,9 ºC y a un ritmo de 0,074 ºC/año, y el menor incremento en las máximas de febrero, con 1,3 ºC y a un ritmo de 0,024 ºC/año. Según estas tendencias y para 2024, Málaga tendría una temperatura media anual de 19,9 ºC, una media anual de las mínimas de 15,3 ºC, una media anual de las máximas de 24,5 ºC, la media del mes más frío (enero) de 13,2 ºC y la media del mes más cálido (agosto) de 28 ºC.

ABSTRACT

The study of temperatures from "Málaga Aeropuerto" weather station shows a linear increase from 1971 to 2024. This effect is observed in both minimum and maximum temperatures, and in every month of the year. This increase is also more pronounced in the summer months than in the winter months, and greater in the minimum temperatures than in the maximum temperatures. Thus, the mean annual temperature has increased 2.6 ºC since 1971, at a rate of 0.049 ºC/year, the annual average of minimum temperatures has increased 2.9 ºC, at a rate of 0.055 ºC/year, the annual average of maximum temperatures 2.2 ºC, at a rate of 0.042 ºC/year. The largest increase has been observed in August's minimum temperatures, by 3.9 ºC at 0.074 ºC/year, while the smallest increase has been found in February's maximum temperatures, by 1.3 ºC at 0.024 ºC/year. Based on these trends, the expected values for 2024 in Malaga city indicate a mean annual temperature of 19.9 ºC, with an average minimum temperature of 15.3 ºC, an average maximum temperature of 24.5 ºC, an average temperature of 13.2 ºC in the coldest month (January), and an average temperature of 28 ºC in the hottest month (August).

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02
Formato de cita / Citation: Gavira-Romero, O. N. (2026). Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 29-46. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02
Correspondencia autor: ogavira@hotmail.com (Óscar Noel Gavira-Romero)

1. INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático es una situación sin precedentes en la historia de la Tierra, por su origen antropogénico, la rapidez de los acontecimientos y por la escala espacial y temporal que alcanza. Las consecuencias del Cambio Climático incluyen un aumento generalizado de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, aumento de los desastres naturales, elevación del nivel del mar, etc.; a las que podría añadirse, también, otras no propiamente climáticas como la acidificación de los océanos por el aumento de la concentración de dióxido de carbono. Entre los efectos de estas consecuencias pueden citarse la pérdida de biodiversidad, pérdida de cosechas, problemas sanitarios, migraciones, daños económicos, etc. El calentamiento global es la consecuencia inmediata de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, dióxido de carbono principalmente, y el causante del resto de alteraciones climáticas.

Por este motivo, la Conferencia de las Partes de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP) celebra anualmente, en distintas partes del mundo, encuentros con los que limitar las emisiones de gases de efecto invernadero para contener el aumento de la temperatura del planeta. En el Acuerdo de París, celebrado en 2015 (COP21), se estableció limitar el aumento de la temperatura mundial a 1,5 ºC por encima de los niveles preindustriales (1850-1900) para evitar un aumento de 2 ºC. Pero, transcurridas ya 29 COPs y a pesar de todos los intentos por impedir el aumento de las temperaturas, las emisiones de gases de efecto invernadero no han dejado de incrementarse año tras año. La organización Meteorológica Mundial emitió un comunicado (25 de enero de 2025) en el que reconocía a 2024 como el año más cálido jamás registrado, superando los niveles preindustriales en más de 1,5 ºC, y algunos estudios señalan que la temperatura media actual es la más alta de los últimos 100 000 años (Kaufman & McKay, 2022).

El IPCC dedica a la cuenca del Mediterráneo un capítulo específico en su 6º Informe (IPCC, 2022) en el que pronostica una intensificación del Cambio Climático en esta región, con una elevación de la temperatura superior al promedio mundial (20% para la media anual y un 50% para la media estival) y una reducción de las precipitaciones (4% por grado de calentamiento). En la cuenca mediterránea, todas las tendencias proyectadas exacerban los riesgos relacionados con el clima en múltiples sistemas y sectores, intensificando las presiones actuales sobre los ecosistemas, las economías y sobre la salud y el bienestar humanos (Cramer *et al.*, 2018; MedECC, 2020; IPCC, 2022). Algunos de los impactos ya observados incluyen olas de calor más prolongadas y/o más intensas, sequías, inundaciones, acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar, efectos en cascada sobre los ecosistemas marinos y terrestres, impactos en el uso de la tierra y el mar (agricultura, silvicultura, pesca, turismo, etc.), y efectos sobre la salud humana.

Los efectos sobre la salud humana que se prevén son debidos principalmente al aumento de la intensidad, frecuencia y duración de las olas de calor, pero también a la aparición de nuevas enfermedades y a la menor disponibilidad de alimentos (IPCC, 2022). Si bien la cuenca mediterránea no es la región con la tasa de calentamiento más alta esperada en el planeta, se considera particular en comparación con la mayoría de las otras regiones debido a la alta exposición y vulnerabilidad a estos cambios que muestran tanto los ecosistemas como las sociedades humanas, por lo que ha sido definida como un “punto caliente” o “punto crítico” del Cambio Climático (IPCC, 2022).

En la región mediterránea, los entornos urbanos tienen valores de temperatura más elevados que en los rurales debido a que el enfriamiento nocturno es más lento (Royé & Martí, 2015) y, a diferencia de los días calurosos que afectan a la mayor parte del territorio, las noches tropicales aparecen en zonas concretas (Olcina *et al.*, 2023). En la costa mediterránea española se ha experimentado, en las últimas tres décadas, un aumento del número de noches con una temperatura igual o superior a 20 ºC (Royé, 2017). Este incremento de las noches tropicales y su relación con el aumento de la frecuencia de las olas de calor afecta directamente a la salud humana (Royé *et al.*, 2021) y podría condicionar el diseño de estrategias sanitarias. Se ha estimado que, en los espacios urbanos, las necesidades de enfriamiento posiblemente aumenten entre un 50 y un 278 % en escenarios por debajo de los 2 ºC respecto a los niveles preindustriales, y entre un 134 y un 375 % en escenarios por encima de los 3 ºC (Cellura *et al.*, 2018).

Debido a que el impacto del aumento de las temperaturas varía según la región, estudiar las tendencias de la temperatura del aire es una tarea clave en la investigación del Cambio Climático (Giorgi & Lionello, 2008).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Existen numerosos estudios que analizan las tendencias de las temperaturas en toda o la mayor parte de la Península Ibérica, pudiendo citarse, entre otros, los trabajos realizados por Oñate & Pou (1996), Prieto *et al.* (2004), Brunet *et al.* (2006, 2007, 2009), Bermejo & Ancell (2009), del Río *et al.* (2011, 2012), Guijarro (2013), González-Hidalgo *et al.* (2015, 2016, 2020), Bilbao *et al.* (2019), Peña-Angulo & González-Hidalgo (2019), Peña-Angulo *et al.* (2021) y Sandonis *et al.* (2021). Además, existen bastantes estudios regionales en España (ver, por ejemplo, la recopilación realizada por González-Hidalgo *et al.*, 2015), y en Andalucía pueden destacarse los de Esteban-Parra *et al.* (1997), García-Barrón *et al.* (2006), Castro-Díez *et al.* (2007) y Ordóñez (2008). En el espacio urbano destacan los trabajos globales realizados por Bilbao *et al.* (2019) y Roca *et al.* (2023), y estudios concretos centrados en la ciudad de Barcelona (Burgueño *et al.*, 2001, 2002; Serra *et al.*, 2001, 2018, 2020; Martínez *et al.*, 2018; Lana *et al.*, 2022; Arellano-Ramos *et al.*, 2022) y Zaragoza (Cuadrat *et al.*, 1993, 2005, 2022; de la Riva *et al.*, 1997).

Con ánimo de contribuir al conocimiento de los efectos locales del Cambio Climático, se ha realizado este estudio centrado únicamente en las temperaturas, a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica de “Málaga Aeropuerto”.

2. METODOLOGÍA

2.1. Análisis de datos

Los datos de temperaturas de “Málaga Aeropuerto” fueron obtenidos a partir de la aplicación AEMET openData, recogiendo todos los datos diarios desde 1942. Para el cálculo de los distintos parámetros meteorológicos se han seguido las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2018). Así, la temperatura media diaria se calcula a partir de la media entre las temperaturas mínima y máxima; la media mensual como la media de las temperaturas medias diarias; la mínima mensual como la media de las temperaturas mínimas diarias; la máxima mensual como la media de las temperaturas máximas diarias; la temperatura media anual como la media de las temperaturas medias mensuales; las mínimas anuales como la media de las mínimas mensuales; y las máximas anuales como la media de las máximas mensuales. Las medias mensuales se han calculado cuando no han faltado datos durante más de 10 días o cinco o más días consecutivos. La media anual se ha calculado sólo cuando hay valores medios en todos los meses.

Según la OMM (2018), las normales climatológicas se calculan a partir de las medias de los datos climatológicos para períodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde un año que termina en 1 hasta un año que termina en 0, actualizándose cada diez años. Así, para la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto” y en el año del presente trabajo, las temperaturas normales se calculan a partir de los valores comprendidos entre 1991 y 2020.

A partir de la base de datos de HadCRUT5 se obtuvieron los valores medios anuales de las anomalías en la temperatura mundial, aunque tan sólo se emplearon los datos posteriores al año 1942 para su comparación con la estación meteorológica “Málaga Aeropuerto”. HadCRUT5 ofrece las desviaciones (anomalías) de la temperatura mundial respecto al periodo comprendido entre 1961 y 1990. Igualmente, lo datos diarios de horas de luz de la provincia de Málaga se consiguieron del Observatorio Astronómico Nacional. Aunque los datos de horas de luz obtenidos comienzan en el año 1990 y no alcanzan el inicio de la serie de datos de la estación meteorológica, estos valores tienen muy poca variación interanual.

Una vez obtenidos todos los datos se realizó la representación gráfica de los mismos, utilizando una media móvil de 5 años para visualizar cambios en las tendencias anuales y elegir la tendencia de mejor ajuste por regresión lineal. Las tendencias encontradas se analizaron con el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 20, tanto en los datos anuales como en los mensuales. Las regresiones obtenidas fueron evaluadas mediante una prueba de ANOVA, y se analizó la normalidad de los residuos empleando un test de Kolmogorov-Smirnov. Salvo que se indique lo contrario, todos los resultados aquí mostrados son estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

2.2. Área de estudio

En la ciudad de Málaga hay instaladas tres estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet): 6155A - "Málaga Aeropuerto", 6156X - "Málaga, Centro Meteorológico", y 6172O - "Málaga, Puerto". Sin embargo, sólo "Málaga Aeropuerto" tiene un registro lo suficientemente largo para su estudio (desde 1942) ya que las otras dos estaciones meteorológicas comenzaron sus registros en tiempos relativamente recientes, desde 2001.

La estación meteorológica 6155A - "Málaga Aeropuerto" está situada en el extremo suroccidental del municipio de Málaga, con coordenadas 36 º39'58"N - 4º28'56"O, y a una altitud de 7 msnm. Está asociada al aeropuerto de la provincia y ubicada a escasa distancia del núcleo urbano (7 km hacia el este hasta el centro urbano), aunque inmersa en la conurbación que representa la Costa del Sol, por lo que arroja datos climatológicos de referencia para toda la zona. Es la estación meteorológica de toda la provincia que presenta la serie más larga, comenzando la toma de los datos el 1 de mayo de 1942. La temperatura media es de 18,9 ºC y la precipitación media de 534 mm (datos normales), mientras que los vientos proceden principalmente del oeste (290º).

Respecto a las temperaturas, los datos normales (según OMM, 2018) corresponden al periodo comprendido entre 1991 y 2020, y arrojan valores de temperatura media anual de 18,9 ºC, media anual de las mínimas de 14,2 ºC, y media anual de las máximas de 23,6 ºC, estando la media mensual más fría en enero, con 12,5 ºC, y la media mensual más cálida en agosto, con 26,7 ºC (figura 1a y tabla 1). El desfase entre la luz recibida y la temperatura es de 1 mes (Fig. 1b-c), si bien este desfase es mayor en el periodo del verano ya que el solsticio tiene lugar en junio, mientras que la máxima temperatura no se alcanza hasta agosto.

Esto explica que haya 7 meses en los que la temperatura media mensual aumenta dentro del año (de febrero a agosto), con el mayor incremento en el mes de junio (3,7 ºC de media), y 5 meses en los que la temperatura desciende (de septiembre a enero), con el mayor descenso en noviembre (4,1 ºC de media) (figura 1d). Además, en el momento de los dos equinoccios y, por lo tanto, en condiciones de similar iluminación, la temperatura en primavera es más fresca (en marzo con 14,9 ºC) que la temperatura de otoño (en septiembre con 23,8 ºC), habiendo una diferencia de 8,9 ºC entre ambos momentos. Estos últimos aspectos, unido a las características pluviométricas de cada estación, tienen importantes consecuencias biológicas y ecológicas.

3. RESULTADOS

3.1. Tendencias en la temperatura anual

La evolución de las temperaturas en toda la serie histórica de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto", desde 1942, muestra un primer periodo estable desde 1945 hasta 1968 (sin ninguna tendencia estadísticamente significativa), de unos 18,3 ºC de media, momento a partir del cual se produce un brusco descenso de las temperaturas, alcanzando un mínimo en 1972 (de 17 ºC) (figura 1e-f). Desde entonces, la temperatura media no ha dejado de aumentar progresivamente, con un máximo observado en 2024 (de 20,3 ºC), siguiendo una tendencia lineal que se iniciaría en el año 1971 (según la recta de mejor ajuste) y a un ritmo de 0,049 ºC/año (figura 1e-f). Considerando esta tendencia, la temperatura media anual habría evolucionado desde los 17,3 ºC en 1971 hasta los 19,9 ºC en 2024, lo que representa un incremento de 2,6 ºC en 54 años, y de 1,5 ºC con respecto al periodo estable de 1945-1968. Este aumento de la temperatura desde 1971 también se observa a nivel mundial pero el aumento es mucho menor, de sólo 1,1 ºC (figura 1g). Es decir, por cada grado de aumento de la temperatura media anual mundial, la temperatura media anual de Málaga asciende 2,3 ºC (figura 1h).

Este aumento de las temperaturas también tiene su reflejo en la media de las temperaturas mínimas anuales y en la media de las temperaturas máximas anuales, pero de manera desigual. Mientras que en las mínimas la temperatura ha aumentado 2,9 ºC desde 1971, siguiendo una tendencia de 0,055 ºC/año (figura 1i), la media de las máximas anuales ha aumentado 2,2 ºC en el mismo periodo, a un ritmo de 0,042 ºC/año (figura 1j).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

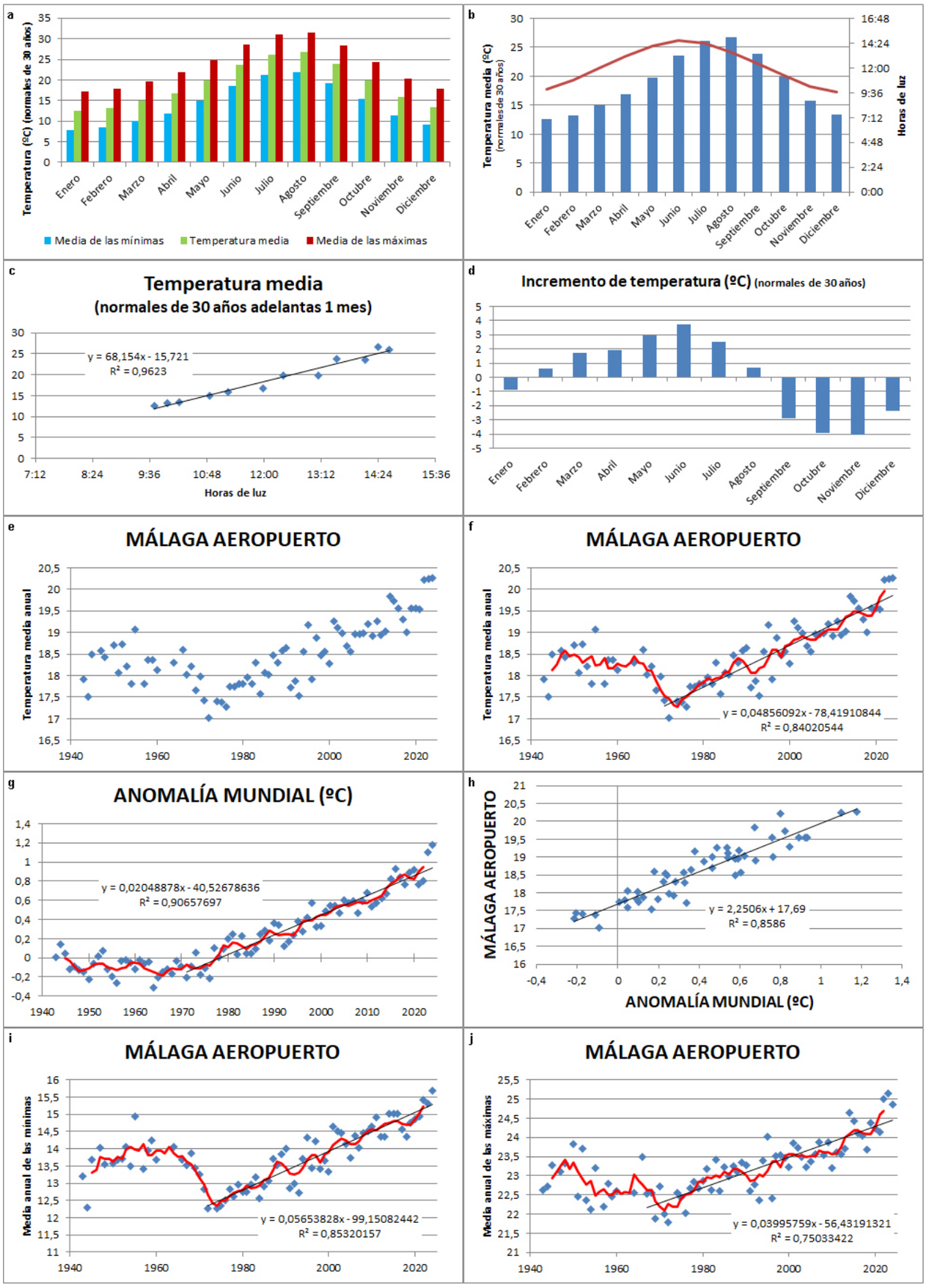


Figura 1. a: Temperaturas medias, mínimas y máximas normales (1991-2020) de la estación meteorológica 6155A - "Málaga Aeropuerto". b: Normales de las temperaturas medias mensuales (1991-2020) y medias mensuales de las horas de luz para el mismo periodo. c: Relación entre las normales de las temperaturas medias (adelantadas 1 mes) y media de las horas de luz (para el mismo periodo). d: Variación mensual de las normales de las temperaturas medias mensuales. e-f: Evolución de la temperatura media anual de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto"; en rojo se representa la media móvil de 5 años. g: Evolución de las anomalías en la temperatura media anual mundial desde 1942; en rojo se representa la media móvil de 5 años. h: Relación entre las anomalías en la temperatura media anual mundial y la temperatura media anual de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto" desde el año 1971. i-j: Evolución de las medias de las temperaturas mínimas y máximas anuales, respectivamente, de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto"; en rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet, HadCRUT5 y el Observatorio Astronómico Nacional.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

3.2. Tendencias en las temperaturas mensuales

Esta misma progresión lineal de las temperaturas desde 1971 también se observa en todas las temperaturas mensuales, aunque no con la misma intensidad, incrementándose con las horas de luz, como se muestra en las figuras 2-4, y en las tablas 1 y 2. Cabe resaltar que todas estas tendencias observadas son estadísticamente significativas, aunque no en el mismo grado ya que la regresión explica desde un 9,5% hasta un 70,8% de los datos observados (tabla 1).

Así, para las temperaturas medias mensuales (figura 2), el mayor aumento se produce durante los meses de verano, coincidiendo con el momento de la máxima insolación. Hasta 2022, el mayor incremento de la temperatura media mensual se encontraba en el mes de junio, coincidiendo con el momento de máxima insolación. Sin embargo, los resultados de los últimos dos años han desplazado este mayor incremento a julio, que aumenta a un ritmo de 0,067 ºC/año, lo que ha supuesto un aumento de 3,5 ºC en 54 años. Por el contrario, el menor incremento en la media mensual se ha observado en febrero, con un aumento de 0,029 ºC/año, lo que ha incrementado la media mensual en 1,6 ºC en 54 años. Además de distintas velocidades de aumento de las temperaturas, también se observa que la correlación es menos explicativa en los meses más fríos (15% para febrero) que en los meses más cálidos (67% para julio). Esta distinta tasa parece estar relacionada con la irradiación solar, tal y como se comprueba en la correlación positiva entre ambos parámetros (figura 5a-c).

Al igual que con las temperaturas mínimas y máximas anuales, el mismo fenómeno se observa en las mensuales, ya que las temperaturas mínimas muestran un aumento mayor que las máximas en todos los meses (figura 3-4, tabla 1). Así, el mayor incremento se produce en la temperatura mínima de agosto, que asciende a un ritmo de 0,074 ºC/año, lo que ha generado un aumento de 3,9 ºC desde 1971. Aunque los datos hasta 2022 situaban el cambio más rápido en junio, coincidiendo con la máxima insolación, los datos de los últimos años han desplazado este mayor aumento hasta agosto. Por el contrario, el menor incremento ocurre en las máximas de febrero, con 0,024 ºC/año, lo que supone un incremento de 1,3 ºC para la media de las máximas de este mes.

Aunque la temperatura máxima asciende a menor ritmo que la mínima, representa ya un riesgo considerable para los meses de verano, porque la media de las máximas de agosto se ubicaría actualmente en los 32,5 ºC, y la media de las máximas absolutas se situarían en 40,4 ºC. Además, la media de las mínimas absolutas de agosto se situaría ya en 20 ºC, lo que normaliza las noches tropicales en este mes. Las máximas de las mínimas de agosto, es decir, las temperaturas nocturnas más altas, alcanzarían de media los 27,5 ºC, lo que aleja la posibilidad de tener un año sin ninguna noche ecuatorial o tórrida (por encima de los 25 ºC), mostrando una media actual (según la tendencia) de 5 noches ecuatoriales al año.

Además de estas tendencias largas observadas desde 1971, es posible encontrar otras tendencias más cortas, desde hace unos 30 años, en los meses de septiembre y octubre. Estas tendencias se caracterizan por ascensos más acusados, de 0,081 ºC/año en septiembre y 0,079 ºC/año en octubre, lo que supondría un aumento de 2,6 ºC en 33 años para septiembre y otros 2,7 ºC en 35 años para octubre.

Con estos resultados, la situación en 2024 puede valorarse comparando los dos extremos de estas tendencias, es decir, la que habría existido en el momento inicial, en 1971, y la situación final, en 2024, mostrando este último año datos muy acusados (figura 5d-f y tabla 2). Así, si en 1971 la media de ningún mes superaba los 25 ºC, en 2024 julio y agosto ya los superarían ampliamente y junio y septiembre se quedan bastante cerca (o ya lo habría alcanzado septiembre si se considera la tendencia más corta) (figura 5d).

En 1971 la media de las mínimas de agosto no alcanzaría los 20 ºC, mientras que en 2024 ya los superan julio, agosto y septiembre, y junio se queda cerca (figura 5e). Y mientras que en 1971 la media de las máximas de agosto no alcanzaría los 30 ºC, en 2024 ya los superarían julio y agosto, estando cerca junio y septiembre (figura 5f). otra observación de esta evolución de las temperaturas estaría en la variación intraanual, concretamente en el descenso estacional de las temperaturas a partir de septiembre, que era más rápido en 1971, con el mayor descenso situado en octubre (con una caída de 4 ºC), mientras que en 2024 este descenso está más contenido y no es hasta noviembre cuando se observa el mayor descenso (de 4,4 ºC) (figura 5g-h).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

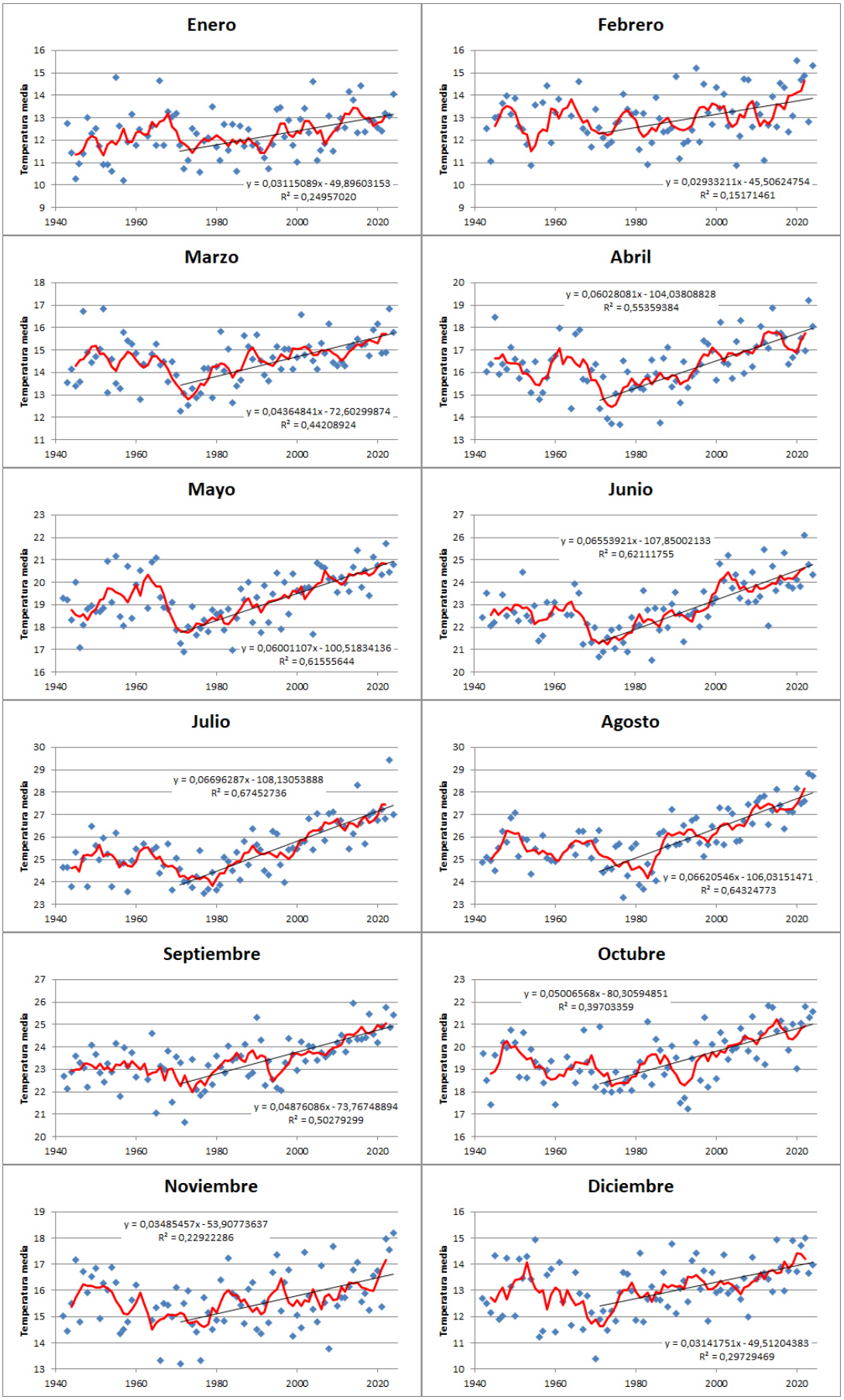


Figura 2. Evolución de las temperaturas medias mensuales (ºC) de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto". En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

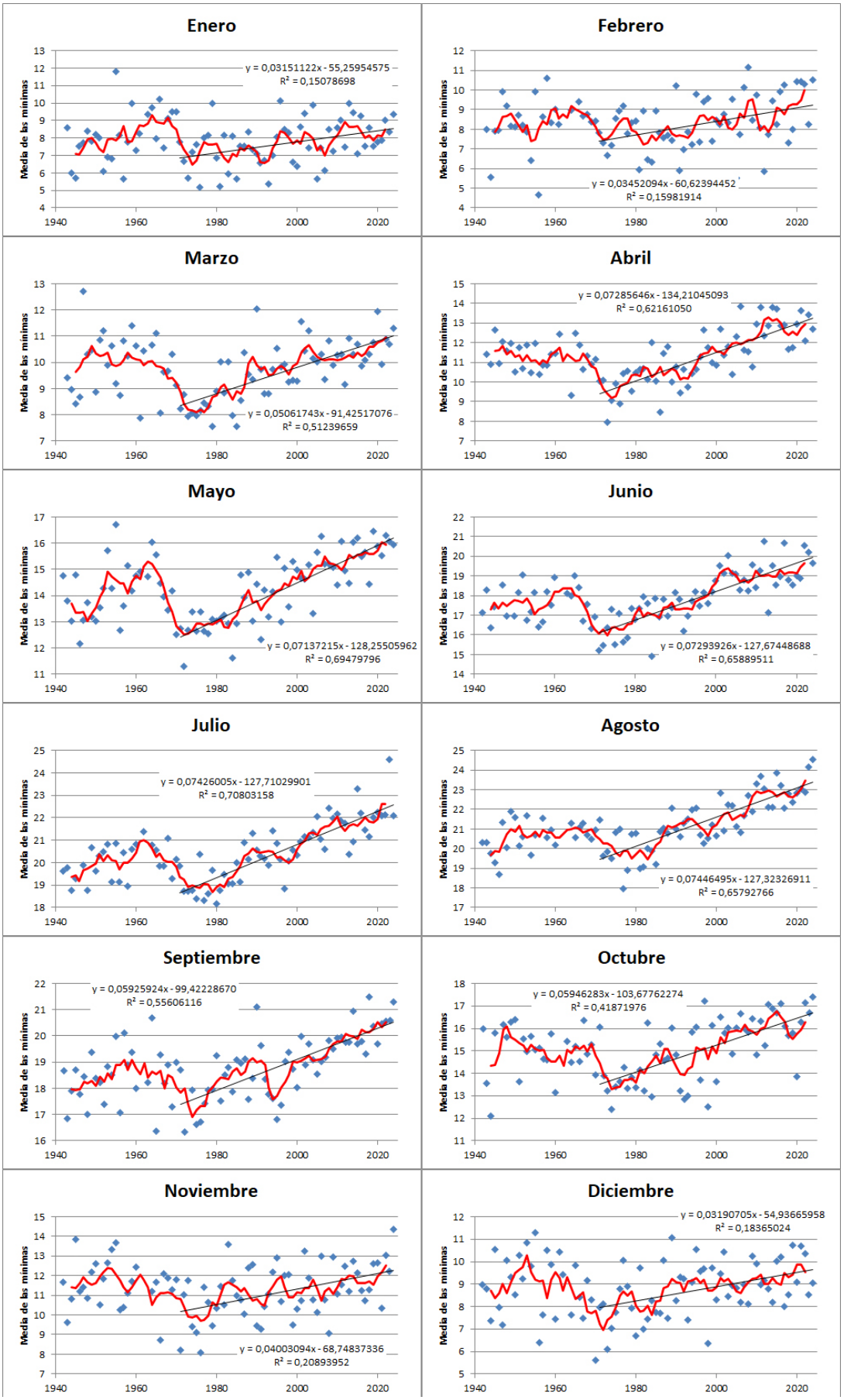


Figura 3. Evolución de las temperaturas mínimas mensuales (ºC) de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto". En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

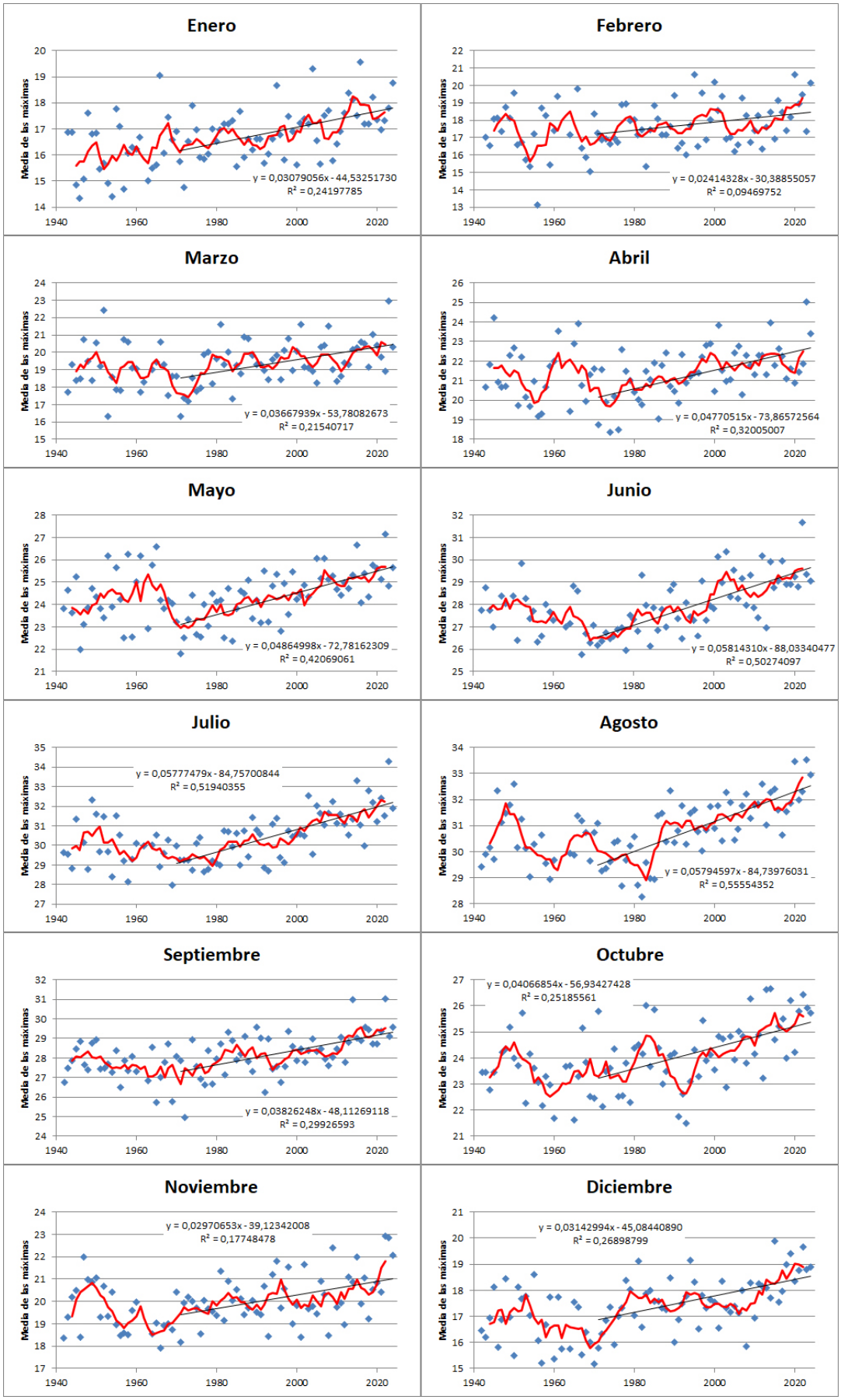


Figura 4. Evolución de las temperaturas máximas mensuales (ºC) de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto". En rojo se representa la media móvil de 5 años. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Tabla 1. Se muestran los valores medios mensuales de horas de luz (desde 1990) y las normales en ºC de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales (1991-2020) de la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto". Igualmente, se muestra la tasa de cambio de los valores mensuales (coeficiente de la regresión lineal) en ºC/año, para las temperaturas medias, mínimas y máximas, así como, también, el respectivo coeficiente de correlación (R^2).

Mes	Horas de luz	T. media (normales)	M. de las mínimas (normales)	M. de las máximas (normales)	T. cambio (T. media)	T. cambio (M. de las Mínimas)	T. cambio (M. de las máximas)	R^2 (T. media)	R^2 (Media de las mínimas)	R^2 (Media de las máximas)
Enero	9:58	12,5	7,9	17,2	0,03115	0,03151	0,03079	0,24957	0,15079	0,24198
Febrero	10:51	13,2	8,4	17,9	0,02933	0,03452	0,02414	0,15171	0,15982	0,09470
Marzo	11:58	14,9	10,1	19,7	0,04365	0,05062	0,03668	0,44209	0,51240	0,21541
Abril	13:08	16,8	11,9	21,8	0,06028	0,07286	0,04771	0,55359	0,62161	0,32005
Mayo	14:08	19,8	14,9	24,7	0,06001	0,07137	0,04865	0,61556	0,69480	0,42069
Junio	14:38	23,6	18,6	28,5	0,06554	0,07294	0,05814	0,62112	0,65890	0,50274
Julio	14:23	26,1	21,2	31,0	0,06696	0,07426	0,05777	0,67453	0,70803	0,51940
Agosto	13:31	26,7	22,0	31,5	0,06621	0,07446	0,05795	0,64325	0,65793	0,55554
Septiembre	12:24	23,8	19,2	28,4	0,04876	0,05926	0,03826	0,50279	0,55606	0,29927
Octubre	11:14	19,9	15,5	24,3	0,05007	0,05946	0,04067	0,39703	0,41872	0,25186
Noviembre	10:13	15,8	11,4	20,2	0,03485	0,04003	0,02971	0,22922	0,20894	0,17748
Diciembre	9:41	13,4	9,1	17,8	0,03142	0,03191	0,03143	0,29012	0,18365	0,26899

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet y el Observatorio Astronómico Nacional.

Tabla 2. Valores de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales (en ºC) calculadas para los años 1971 y 2024 a partir de las regresiones lineales, y el correspondiente incremento entre ambos años.

Mes	T. media (1971)	M. de las mínimas (1971)	M. de las máximas (1971)	T. media (2024)	M. de las mínimas (2024)	M. de las máximas (2024)	Incremento (T. media)	Incremento (T. mínima)	Incremento (T. máxima)
Enero	11,5	6,8	16,2	13,2	8,5	17,8	1,7	1,7	1,6
Febrero	12,3	7,4	17,2	13,9	9,2	18,5	1,6	1,8	1,3
Marzo	13,4	8,3	18,5	15,7	11,0	20,5	2,3	2,7	1,9
Abril	14,8	9,4	20,2	18,0	13,3	22,7	3,2	3,9	2,5
Mayo	17,8	12,4	23,1	20,9	16,2	25,7	3,2	3,8	2,6
Junio	21,3	16,1	26,6	24,8	20,0	29,6	3,5	3,9	3,1
Julio	23,9	18,7	29,1	27,4	22,6	32,2	3,5	3,9	3,1
Agosto	24,5	19,4	29,5	28,0	23,4	32,5	3,5	3,9	3,1
Septiembre	22,3	17,4	27,3	24,9	20,5	29,3	2,6	3,1	2,0
Octubre	18,4	13,5	23,2	21,0	16,7	25,4	2,7	3,2	2,2
Noviembre	14,8	10,2	19,4	16,6	12,3	21,0	1,8	2,1	1,6
Diciembre	12,4	8,0	16,9	14,1	9,6	18,5	1,7	1,7	1,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

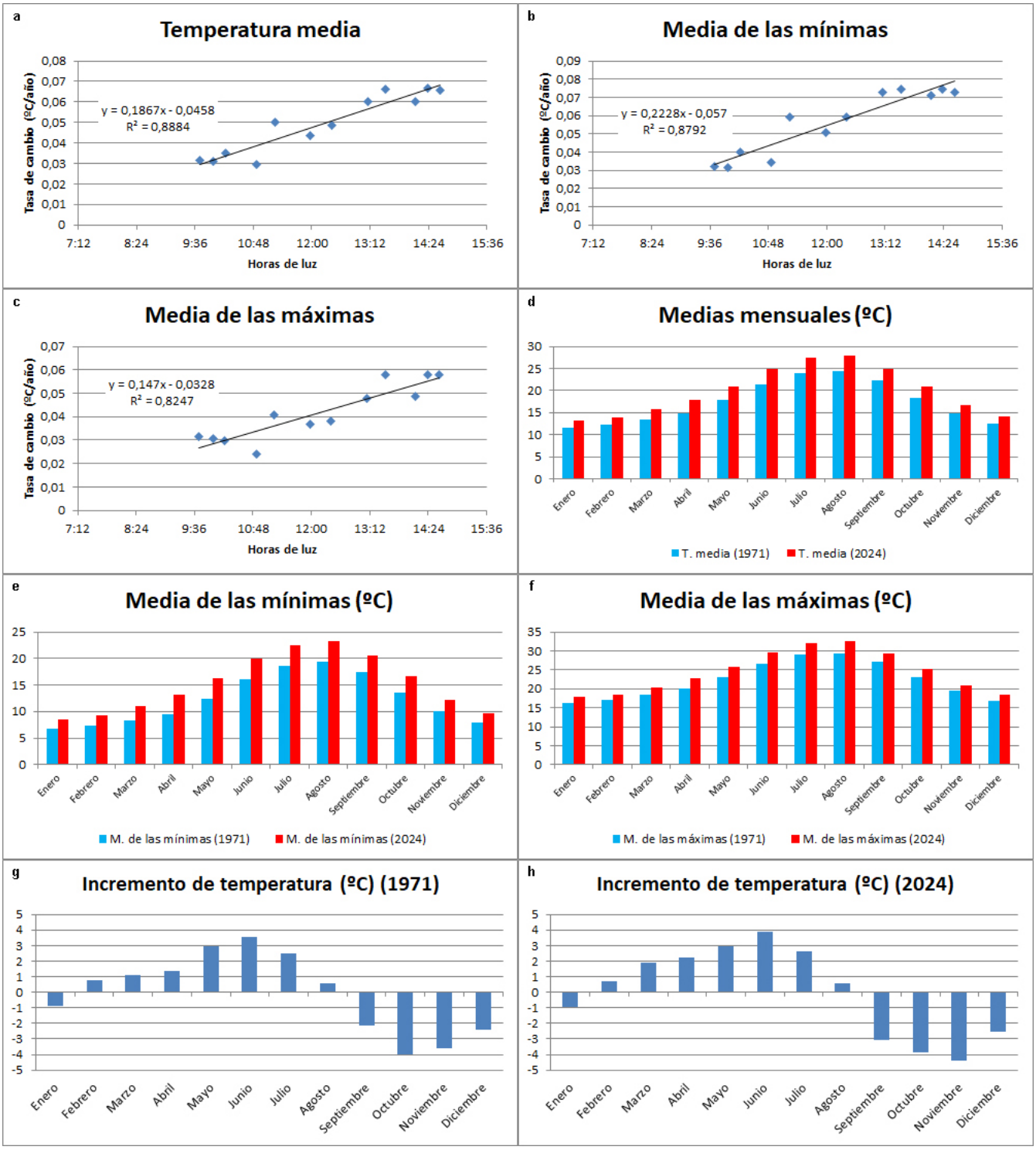


Figura 5. a-c: Relación entre la tasa de aumento (coeficiente de la regresión lineal) de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, respectivamente, con las medias mensuales de las horas de luz. d-f: Comparación de las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, respectivamente, entre 1971 y 2024, según los resultados obtenidos en las regresiones lineales. g-h: Variación intraanual de las temperaturas medias mensuales en 1971 y 2024, respectivamente, según los resultados obtenidos. Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la AEMet y el Observatorio Astronómico Nacional.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

4. DISCUSIÓN

Los efectos del Cambio Climático tienen una distribución bastante irregular, siendo más acusados en determinadas regiones del mundo (Jones *et al.*, 1999), como la mediterránea. Este mayor incremento de las temperaturas respecto a la media mundial ha sido puesto de manifiesto en toda la región íberobalear por diversos estudios, como los de Castro *et al.* (2005), Morales *et al.* (2005), Brunet *et al.* (2007), Ordóñez (2008), Sandonis *et al.* (2021), Arellano *et al.* (2025), etc.; y los datos de temperaturas aportados por la estación meteorológica de "Málaga Aeropuerto" corroboran también este mayor aumento.

Esta tendencia progresiva marca su punto de inicio en 1971, como señalan algunos estudios (Ordóñez, 2008; PAGES 2k Consortium, 2013; Sandonis *et al.*, 2021; Arellano-Ramos *et al.*, 2022; IPCC, 2023; Arellano *et al.*, 2025). El PAGES 2k Consortium (2013) ha calificado el periodo posterior específicamente a 1971 como el más cálido de los últimos 1400 años. Sandonis *et al.* (2021) señalan al año 1971 a partir del cual se inicia el periodo de mayor aumento de las temperaturas en la España peninsular. El IPCC (2023) sitúa en 1971 el momento a partir del cual la actividad humana es, con mayor probabilidad, la principal causa del aumento de las temperaturas, y el periodo a partir de 1970 en el que más está aumentando la temperatura desde los últimos 2000 años.

Diversos estudios realizados en España sitúan en la década de 1970 un cambio de tendencia con tasas de aumento más elevadas (de Castro *et al.*, 2005; Morales *et al.*, 2005; Castro-Díez *et al.*, 2007; Brunet *et al.*, 2007; González-Hidalgo *et al.*, 2016; Bilbao *et al.*, 2019; Lana *et al.*, 2022). Este periodo de mayor incremento viene precedido por otro periodo, entre 1940-1950 y 1970-1974, en el que las temperaturas anuales no aumentaron sino que disminuyeron ligeramente (Morales *et al.*, 2005; Bladé & Castro-Díez, 2010; Guijarro 2013; González-Hidalgo *et al.*, 2015, 2016, 2020; Peña-Angulo & González-Hidalgo, 2019). A pesar de todo, se ha descrito un hiato climático entre 1990 y 2010 (Fyfe *et al.*, 2013; González-Hidalgo *et al.*, 2016, 2020; Folland *et al.*, 2018; Peña-Angulo & González-Hidalgo, 2019; Peña-Angulo *et al.*, 2021; Sandonis *et al.*, 2021), por el cual las temperaturas se habrían estabilizado. Dicho hiato parece insinuarse en los datos brutos de las temperaturas de Málaga (figura 1e) pero, una vez aplicada la media móvil y la regresión lineal, éste se muestra como una oscilación más en una tendencia rectilínea creciente que explica el 84% de la variabilidad (figura 1f).

Pese a que resulta evidente que hay un periodo de aumento de las temperaturas que se inicia en la década de 1970, no todos los estudios siguen este criterio, lo que dificulta la comparación entre diferentes fuentes, territorios, escalas o métodos, ya que, en toda serie de datos del clima, la tendencia está condicionada por la longitud del periodo y la elección del año de inicio (Liebmann *et al.*, 2010; González-Hidalgo *et al.*, 2016). Así, se ha comprobado que los resultados presentados en este trabajo son bastante similares a otros que han establecido un periodo de estudio similar, especialmente si han sido iniciados cerca del año 1971. Brunet *et al.* (2007), en su análisis del territorio ibérico español para todo el periodo comprendido entre 1850 y 2005, señalan un aumento de 0,010 ºC/año, aunque reconocen un subperiodo entre 1973 y 2005 con un incremento de 0,048 ºC/año, un dato casi coincidente con lo observado en Málaga (0,049 ºC/año).

Arellano *et al.* (2025), en su análisis del territorio íberobalear (1971-2022), señalan un aumento promedio para todo el territorio estudiado de 0,042 ºC/año, similar o ligeramente menor al resultado aquí presentado. Ordóñez (2008) también reconoce un incremento de 0,040 ºC/año como valor más frecuente (moda) para todo el territorio andaluz siendo su periodo de estudio 1971-2005. Más diferente es el valor indicado por del Río *et al.* (2011) que señalan para la región de Málaga un incremento comprendido entre 0,024 y 0,027 ºC/año, posiblemente debido al efecto de incluir datos anteriores a 1971 dentro del periodo estudiado (1961-2006). Resultado similar han presentado Bilbao *et al.* (2019) para el territorio ibérico español, señalando una tasa de aumento de 0,022 ºC/año para el periodo 1950–2011. Sandonis *et al.* (2021) analizan, para España peninsular, dos periodos de longitud diferente pero que se inician en 1971.

Así, el periodo 1971-2000 tiene una tasa de aumento de 0,059 ºC/año mientras que en el periodo 1971-2015 la tasa es de 0,037 ºC/año. Si bien el primer periodo (1971-2000) tiene un aumento más acusado y excluye la oscilación ocurrida entre 2000 y 2015 (de un estancamiento y posterior aumento de las temperaturas), el segundo periodo (1971-2015) sí la incluye, pero no alcanza los 0,040 ºC/año de otros estudios (Brunet *et al.*, 2007; Ordóñez, 2008; Arellano *et al.*, 2025). Para el caso de Málaga, la tasa de

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

aumento para ese mismo periodo (1971-2015) no es muy diferente a los datos actualizados a 2024, con un incremento de 0,047 ºC/año. Los mismos autores (Sandonis *et al.*, 2021) reconocen que sus valores son inferiores a los mostrados por otras bases de datos, posiblemente debido al efecto de ponderar todo el territorio estudiado. No obstante, Sandonis *et al.* (2021) argumentan que el hiato climático observado en torno al año 2000 perdura hasta el 2015, hecho que no se corrobora con los datos observados y que, tal vez, podría corregirse con una actualización de los mismos.

En el análisis de las temperaturas mínimas y máximas, los resultados obtenidos para la estación meteorológica "Málaga Aeropuerto", en los que las mínimas aumentan más que las máximas, no coinciden con lo aportado por Brunet *et al.* (2007) ni por Arellano *et al.* (2025) para la región española peninsular y la íberobalear, respectivamente, que muestran un aumento mayor en las temperaturas máximas respecto a las mínimas, con el consiguiente aumento de la amplitud térmica diaria. Este aumento de la amplitud térmica observado en la Península Ibérica se repite en varios estudios regionales de España (Abaurrea *et al.*, 2001; Brunet *et al.*, 2001; Galán *et al.*, 2001; Horcas *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2005). No obstante, en las zonas meridional y mediterránea de la Península Ibérica sí que se ha constatado un mayor aumento de las temperaturas mínimas respecto a las máximas, con la consecuente reducción de la amplitud térmica diaria (Brunet *et al.*, 2005; Ordóñez, 2008; González-Hidalgo *et al.*, 2015), por lo que el comportamiento de la mínimas y máximas de Málaga coincide con lo observado en esta región.

A nivel mundial, la tendencia general tiende a una contracción de la amplitud térmica, con un mayor aumento de las temperaturas mínimas respecto a las máximas (Karl *et al.*, 1991, 1993; Easterling *et al.*, 1997; Vose, 2005; Mohamed & El-Mahdy, 2021; Doan *et al.*, 2022), aunque se han reconocido algunas regiones del planeta en las que la amplitud térmica diaria se incrementa (Folland *et al.*, 2001): centro de Canadá, partes del sur de África, el suroeste de Asia, Europa y las islas tropicales occidentales del Pacífico. Es tentador asignar este mayor incremento de las temperaturas mínimas directamente a los gases de efecto invernadero, por retener durante la noche mayor cantidad del calor adquirido durante el día. Sin embargo, no hay evidencias claras de que este aumento asimétrico esté relacionado directamente con los gases de efecto invernadero (Karl *et al.*, 1993). De hecho, la situación en gran parte del territorio íberobalear muestra un comportamiento contrario (Brunet *et al.*, 2007; Arellano *et al.*, 2025). También se han atribuido otras causas como aerosoles, humo, precipitación, humedad del suelo, efectos de la circulación atmosférica o el efecto isla de calor urbano (Karl *et al.*, 1993; Easterling *et al.*, 1997; Vose, 2005; Makokha & Shisanya, 2010).

A pesar de la dificultad en identificar la causa del mayor aumento de las temperaturas mínimas, algunos estudios señalan al aumento de la nubosidad como el principal responsable (Karl *et al.*, 1991, 1993; Vose, 2005; Doan *et al.*, 2022). Para el caso de Málaga, su ubicación a orillas del Mar Mediterráneo puede provocar un aumento de la humedad relativa del aire que podría explicar este mayor aumento de las temperaturas mínimas, al no ser infrecuentes los episodios de días bochornosos. El caso más representativo se evidenció en el año 2024, el año más cálido de toda la serie histórica estudiada hasta el momento (media anual de 20,3 ºC), con máximas elevadas pero ya superadas en años anteriores (media de las máximas de 24,9 ºC, máxima absoluta de 42,2 ºC y media de las máximas de agosto de 32,9 ºC), pero con mínimas marcando récords históricos (15,7 ºC para la media anual), especialmente en agosto: mínima absoluta de 21,9 ºC, media de las mínimas de 24,5 ºC, y 12 días con noches tórridas. La amplitud térmica alcanzada en agosto de 2024 tuvo una media de 8,4 ºC, con hasta 7 días con menos de 6 ºC, llegando a alcanzar los 4,6 ºC de amplitud térmica (26 de agosto).

En cuanto a las tendencias mensuales y/o estacionales, dado que no todos los estudios analizan un periodo similar, no es posible realizar muchas comparaciones con otros territorios. Resulta, cuando menos, llamativo el resultado aportado por Brunet *et al.* (2007) para todo el periodo 1850-2005, en el que señalan al otoño y el invierno como los momentos de mayor incremento de las temperaturas, situación que se invierte para el subperiodo de 1973-2005, con el mayor incremento en primavera y verano. El estudio de las temperaturas en Andalucía realizado por Ordóñez (2008) en el periodo 1971-2005 también muestra un mayor aumento de las temperaturas en primavera. Si bien los resultados que aquí se presentan no han sido evaluados por estaciones, el promedio de aumento de los meses de primavera y verano (0,054 ºC/año y 0,066 ºC/año, respectivamente) es mayor que el promedio de los meses de otoño e invierno (0,044 ºC/año y 0,031 ºC/año, respectivamente), considerando las estaciones del año meteorológicas, es decir, con meses completos.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Otra consecuencia del efecto invernadero se observa en el otoño porque es el momento en el que se disipa el calor acumulado durante el verano. Como consecuencia del Cambio Climático, parece haber cambiado el momento del mayor descenso de la temperatura, estando durante el inicio del periodo estudiado (1971) en el mes de octubre (figura 5g), mientras que en 2024 esa mayor caída se retrasaría hasta noviembre (figura 5h). Esta situación aumenta la importancia de los meses de septiembre y octubre, puesto que se está conteniendo más calor en estos meses y puede confirmar las tendencias más cortas (desde hace 30 años) y más intensas observadas en este periodo, a lo que habría que añadir los efectos sobre la precipitación, que no se contemplan en este trabajo.

Pese a esta mayor contención de calor que se está observando en el periodo otoñal, finalmente termina por disiparse bastante del calor acumulado, por lo que los inviernos se resisten a ser mucho más cálidos que el resto del año, perdiéndose en muchos casos la percepción social del Cambio Climático en esta época del año. Sin embargo, la temperatura invernal sigue aumentando, aunque a un ritmo bastante menor.

5. CONCLUSIONES

En la ciudad de Málaga se está observando un incremento lineal de las temperaturas desde 1971 en todos los parámetros relacionados (tanto en medias anuales como mensuales, y tanto en máximas como en mínimas). Sin embargo, el Cambio Climático está teniendo en esta ciudad mayores efectos que los observados en otras partes del mundo. Así, mientras que en el planeta la temperatura media ha subido 1,1 ºC desde 1971 hasta 2024, en la ciudad de Málaga han subido 2,6 ºC. Este incremento es desigual porque el mayor aumento se encuentra en las temperaturas mínimas, tanto en las medias anuales como en las mensuales, lo cual coincide con lo observado en otras partes del mundo pero no con la mayor parte del territorio íberobalear, donde están subiendo más las máximas que las mínimas. Así, la media anual de las mínimas ha aumentado 2,9 ºC desde 1971 hasta 2024, a un ritmo de 0,055 ºC/año, mientras que la media anual de las máximas ha aumentado 2,2 ºC, a un ritmo de 0,042 ºC/año.

Por meses, el mayor incremento se produce en los meses de verano y el menor incremento en los meses de invierno, de modo que el mayor incremento se ha observado en la temperatura mínima de agosto, que ha aumentado 3,9 ºC desde 1971 hasta 2024, a un ritmo de 0,074 ºC/año, y el menor incremento en las máximas de febrero, que ha aumentado 1,3 ºC, a un ritmo de 0,024 ºC/año. De este modo, pese al efecto del Cambio Climático, se demuestra que no se evita el frío invernal aunque sí se confirma que las temperaturas están subiendo más lentamente. Cabe concluir que este análisis sólo permite confirmar un incremento de las temperaturas observado desde el año 1971 hasta 2024, y que este incremento es mayor que la media mundial, pero no permite realizar predicciones futuras de las temperaturas para la ciudad de Málaga, aunque es importante tener en cuenta este análisis porque los modelos climatológicos señalan que este incremento de las temperaturas va a continuar e, incluso, podría acentuarse.

Agradecimientos

Al foro de The Oil Crash por las discusiones que han motivado este estudio; al Observatorio Astronómico Nacional por facilitar los datos de horas de luz, especialmente los más antiguos; al Dr. Jesús Olivero por la ayuda prestada en el análisis estadístico; a Rocío Caparrós por la revisión de los textos en inglés; y a la revisión anónima por la información aportada que ha enriquecido considerablemente el contenido de este trabajo.

Declaración responsable y conflicto de intereses

El autor declara que este trabajo no presenta ningún tipo de conflicto de interés con relación a su publicación.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

REFERENCIAS

Abaurrea, J., Asín, J., Erdozain, o., & Fernández, E. (2001). Climate variability analysis of temperature series in the Medium Ebro River Basin. In M. Brunet & D. López (Eds.) *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 109–118). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_10

Arellano-Ramos, B., Roca-Cladera, J., Serra, C., Martínez, M. D., Lana, X., & Biere-Arenas, R. (2022). olas de Calor en la ciudad de Barcelona. 1971-2020. *ACE: Architecture, City and Environment*, *17*(50). http://dx.doi.org/10.5821/ace.17.50.11684

Arellano, B., Zheng, Q., & Roca, J. (2025). Analysis of Climate Change Effects on Precipitation and Temperature Trends in Spain. *Land*, *14*(1), 85. https://doi.org/10.3390/land14010085

Bermejo, M., & Ancell, R. (2009). observed changes in extreme temperatures over Spain during 1957–2002, using weather types. *Rev. Climatol.*, *9*, 45–61.

Bilbao, J., Román, R., & De Miguel, A. (2019). Temporal and Spatial Variability in Surface Air Temperature and Diurnal Temperature Range in Spain over the Period 1950–2011. *Climate, 7*(1), 16. https://doi.org/10.3390/cli7010016

Bladé, I., & Castro-Díez, Y. (2010). Tendencias atmosféricas en la Península ibérica durante el periodo instrumental en el contexto de la variabilidad climática. In F. F. Pérez & R. Boscolo (Eds.), *Clima en España: pasado, presente y futuro* (pp. 25-42). Informe de evaluación del cambio climático regional para la Red Temática CLIVAR-España, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, o., Sigró, J., & López, D. (2001). A Differential response of Northeastern Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale. In M. Brunet & D. López (Eds.), *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 95–107). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_9

Brunet, M., Saladié, o., Jones, P., Sigró, J., Aguilar, E., Moberg, A., Lister, D., Walther, A., Lopez, D. & Lamarza, C. (2006). The development of a new dataset of spanish daily adjusted temperature series. *Internacional Journal of Climatology*, *26*, 1777-1802.

Brunet, M., Jones, P. D., Sigró, J., Saladié, o., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P. M., Lister, D., Walther, A., & López, D. (2007). Temporal and Spatial Temperature Variability and Change over Spain during 1850-2005. *Journal of Geophysical Research*, *112*, D12117. http://dx.doi.org/10.1029/2006JD008249

Brunet, M., Casado, M. J., de Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J. M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I., & Torres, E. (2009). *Generación de escenarios de cambio climático regionalizados para España*. Informe realizado para la Agencia Estatal de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente).

Burgueño, A., Lana, X., & Serra, C. (2001). Episodios significativamente cálidos y fríos registrados en el observatorio Fabra, Barcelona. In A.J. Pérez Cueva, E. López Baeza & J. Tamayo Carmona (Eds.), *El tiempo del clima* (pp. 303-312). Asociación Española de Climatología.

Burgueño, A., Lana, X., & Serra, C. (2002). Significant hot and cold events at the Fabra observatory, Barcelona (NE Spain). *Theoretical and applied climatology*, *71*, 141-156. https://doi.org/10.1007/s007040200001

Castro-Díez, Y., Esteban-Parra, M. J., Staudt, M., & Gámiz-Fortis, R. (2007). Cambios Climáticos observados en la Temperatura y la Precipitación en Andalucía en el Contexto de la Península Ibérica y Hemisférico. In A. Sousa, L. García-Barrón & V. Jurado (Eds.), *El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales* (pp. 55–77). Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.

Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., & Tumminia, G. (2018). Climate change and the building sector: modelling and energy implications to an office building in southern Europe. *Energy Sustain. Dev., 45*, 46-65. https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.001

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, *8*(11), 972-980. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2

Cuadrat, J. M., de la Riva, J., López, F., & Martí, A. (1993). El medio ambiente urbano en Zaragoza. observaciones sobre la isla de calor. *Anales Universidad Complutense*, *13*, 127-138. https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC9393110127A

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Cuadrat, J. M., Vicente-Serrano, S., & Saz, M. A. (2005). Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): la isla de calor y sus factores condicionantes. *Boletín de la AGE,* (40), 311-327. https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2019

Cuadrat, J. M., Serrano-Notivoli, R., Barrao, S., Saz, M. Á., & Tejedor, E. (2022). Variabilidad temporal de la isla de calor urbana de la ciudad de Zaragoza (España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, *48*(1), 97-110. https://doi.org/10.18172/cig.5022

de Castro, M. & Martin-Vide, J., & Alonso, S. (2005). El clima de España: Pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. In J.M. Moreno Rodríguez (Dir./Coord.), *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (pp. 1-64). Informe final sobre una "Evaluación preliminar general sobre los impactos en España por efecto del cambio climático" para el Ministerio de Medio Ambiente y la Universidad de Castilla-La Mancha.

de la Riva, J., Cuadrat, J. M., López, F., & Martí, A. (1997). Aplicación de las imágenes Landsat TM al estudio de la isla de calor térmica de Zaragoza. *Geographicalia*, *35*, 24-36. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.1997351701

del Río, S., Herrero, L., Pinto-Gomes, C., & Penas, A. (2011). Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006. *Global and Planetary Change*, *78*(1–2), 65-75. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.05.012

del Río, S., Cano-Ortiz, A., Herrero, L., & Penas, A. (2012). Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1961–2006). *Theor Appl Climatol 109*, 605–626. https://doi.org/10.1007/s00704-012-0593-2

Doan, Q., Chen, F., Asano, Y., Gu, Y., Nishi, A., Kusaka, H., & Niyogi, D. (2022). Causes for Asymmetric Warming of Sub-Diurnal Temperature Responding to Global Warming. *Geophysical Research Letters*, *49*. https://doi.org/10.1029/2022GL100029

Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., & Folland, C. K., (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science, 277*(5324), 364-367. https://doi.org/10.1126/science.277.5324.364

Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., & Castro-Díez, Y. (1997). Estudio de las variaciones climáticas en Almería. In A. Navarro & L. García-Rosell (Coord.), *Recursos naturales y medio ambiente del Sureste peninsular* (pp. 489–501). Instituto de Estudios Almerienses.

Folland, C. K., & Karl, T. R. (Coord.) (2001). Observed Climate Variability and Change. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (Eds.), *Climate Change 2001: The scientific basis* (pp. 99–182). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Folland, C. K., Boucher, O., Colman, A., & Parker, D. E. (2018). Causes of irregularities in trends of global mean surface temperature since the late 19th century. *Science Advances, 4*, eaaao5297. https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5297

Fyfe, J. C., Gillett, N. P., & Zwiers, F. W. (2013). overestimated global warming over the past 20 years. *Nat. Clim. Change, 3*, 767–769. https://doi.org/10.1038/nclimate1972

Galán, E., Cañada, R., Fernández, F., & Cervera, B. (2001). Annual temperature evolution in the southern plateau of Spain from the construction of regional climatic time series. In M. Brunet & D. López (Eds.) *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 119–131). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_11

García-Barrón, L., Morales, J., Jurado, V., & Sousa, A. (2006). Caracterización temporal del régimen térmico intra anual en Andalucía occidental. In J. M. Cuadrat Prats, M. A. Sánchez, S. M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, M. de Luis Arrillaga, & J. C. González Hidalgo (Eds.), *Clima, Sociedad y Medio Ambiente* (pp. 625–633). Zaragoza: Sociedad Española de Climatología.

Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Glob. Planet. Chang., 63*, 90–104. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005

Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., & Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: a new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951–2010). *Int. J. Climatol.*, *35*, 4444-4463. https://doi.org/10.1002/joc.4298

Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M. & Cortesi, N. (2016). Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951–2010): from warming to hiatus. *Int. J. Climatol.*, 36, 2405-2416. https://doi.org/10.1002/joc.4519

Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Beguería, S., & Brunetti, M. (2020). MOTEDAS century: A new high-resolution secular monthly maximum and minimum temperature grid for the Spanish mainland (1916–2015). *Int. J. Climatol.*, *40,* 5308–5328. https://doi.org/10.1002/joc.6520

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Guijarro, J. A. (2013). Tendencias de la Temperatura. In C. García-Legaz Martínez & F. Valero Rodríguez (Eds.), *Fenómenos meteorológicos adversos en España* (pp. 313–323). AMV ediciones.

Horcas, R., Rasilla, D., & Fernández, F. (2001). Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis. In M. Brunet & D. López (Eds.), *Detecting and Modelling Regional Climate Change* (pp. 133–142). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_12

IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., & Rigor, I. G. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.*, *37*(2), 173–199. https://doi.org/10.1029/1999RG900002

Karl, T., Kukla, G., Razuvayev, V., Changery, M., Quayle, R., Heim, R., Easterling, D., & Fu, C. (1991). Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change. *Geophysical Research Letters, 18*, 2253-2256. https://doi.org/10.1029/91GL02900

Karl, T., Knight, R., Gallo, K., Peterson, T., Jones, P., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Lindseay, J., & Charlson, R. (1993). A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *74*, 1007-1023. https://doi.org/10.1175/1520-0477(1993)074<1007:ANPORG>2.0.CO;2

Kaufman, D. S., & McKay, N. P. (2022). Technical Note: Past and future warming – direct comparison on multi-century timescales. *Clim. Past*, *18*, 911–917, https://doi.org/10.5194/cp-18-911-2022

Lana, X., Serra, C., & Martinez, M. D. (2022). The effects of the climatic change on daily maximum and minimum temperatures along 102 years (1917–2018) recorded at the Fabra observatory, Barcelona. *Theoretical and Applied Climatology*, *149*(3), 1373-1390. https://doi.org/10.1007/s00704-022-04096-3

Liebmann, B., Dole, R. M., Jones, C., Bladé, I., & Allured, D. (2010). Influence of choice of time on global surface temperature trend estimated. *Bulletin American Meteorological Society, 91*, 1485–149. https://doi.org/10.1175/2010BAMS3030.1

Makokha, G. L., & Shisanya, C. A. (2010). Trends in Mean Annual Minimum and Maximum Near Surface Temperature in Nairobi City, Kenya. *Advances in Meteorology*, 2010(1). https://doi.org/10.1155/2010/676041

Martínez, M. D., Pons, X. L., De Larrocha, C. S., Roca, J., Arellano, B., Arenas, R. B., & Moix, M. (2018). Características de la isla de calor urbana en Barcelona (NE España) en el periodo 2006-2017. In *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual (CTV)*, 5-7 de septiembre. Mendoza, Argentina. https://doi.org/10.5821/ctv.8252

MedECC (2020). Summary for policymakers. In W. Cramer, J. Guiot & K. Marini (Eds.), *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* (pp. 11–40). Marseille, France: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP.

Mohamed, M., & El-Mahdy, M. E. (2021). Evaluation of climate change impact on extreme temperature variability in the Blue Nile Basin, Ethiopia. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, *10*(1), 45-54. https://doi.org/10.5194/gi-2020-34

Morales, C. G., ortega, M. T., Labajo, J. L. & Piorno, A. (2005). Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain). *Atmósfera*, *18*, 71–90.

Olcina Cantos, J., Martí Talavera, J., & Sánchez Almodóvar, E. (2024). Evolución reciente de precipitación y temperatura en la región mediterránea de la Península Ibérica: revisando la señal del calentamiento global a escala regional. *Cuadernos Geográficos*, *63*(2), 51-73. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v63i2.28374

OMM (2018). *Guía de prácticas climatológicas. OMM-N° 100*. organización Meteorológica Mundial.

Oñate, J., & Pou, A. (1996). Temperature variations in Spain since 1901: a preliminary analysis. *International Journal of Climatology*, *16*, 805–815. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199607)16:7<805::AID-JOC48>3.0.CO;2-Z

Ordoñez, P. (2008). *Análisis del estado del clima en Andalucía mediante índices climáticos atmosféricos*. Congreso Nacional de Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible, 1–5 diciembre. Madrid.

PAGES 2k Consortium (2013). Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geosci*, *6*, 339-346. https://doi.org/10.1038/ngeo1797

Peña-Angulo, D., & González-Hidalgo, J.C. (2019). Creación de una base de datos de la temperatura media estacional para el análisis de su tendencia y variabilidad espacial. *Avances Investigación en Ingeniería*, *16*(1), 101-110. https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5170

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Peña-Angulo, D., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Sandonís, L., Beguería, S., Tomas-Burguera, M., López-Bustins, J. A., Lemus-Canovas, M., & Martin-Vide, J. (2021). Seasonal temperature trends on the Spanish mainland: A secular study (1916–2015). *Int. J. Climatol.*, 41, 3071–3084. https://doi.org/10.1002/joc.7006

Prieto, L., Herrera, R. G., Díaz, J., Hernández, E., & del Teso, T., (2004). Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Global and Planetary Change*, *44* (1–4), 59–71. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.06.005

Roca, J., Arellano, B., Zhang, X. (2023). Global Warming in Spanish Cities (1971–2022). In *Proceedings of the EGU General Assembly 2023*. Comunicación EGU23-16349, 24-28 de abril. Vienna, Austria. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-16349

Royé, D. (2017). The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, *61*, 2127-2140. https://doi.org/10.1007/s00484-017-1416-z

Royé, D., & Martí Ezpeleta, A. (2015). Analysis of tropical nights on the Atlantic coast of the Iberian peninsula. A proposed methodology. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (69), 569-572. https://doi.org/10.21138/bage.1900

Royé, D., Sera, F., Tobías, A., Lowe, R., Gasparrini, A., Pascal, M., de'Donato, F., Nunes, B., & Teixeira, J. P. (2021). Effects of Hot Nights on Mortality in Southern Europe. *Epidemiology*, *32*(4), 487-498. https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001359

Sandonis, L., González-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., & Beguería, S. (2021). Mean temperature evolution on the Spanish mainland 1916-2015. *Clim Res*, *82*, 177-189. https://doi.org/10.3354/cr01627

Serra, C., Burgueño, A., & Lana, X. (2001). Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at Fabra observatory (Barcelona, NE Spain) in the period 1917–1998. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, *21*(5), 617-636. https://doi.org/10.1002/joc.633

Serra de Larrocha, C., Lana Pons, F. J., Martínez Santafé, M. D., Roca Cladera, J., Arellano Ramos, B., Biere Arenas, R. M., & Moix Bergadà, M. (2018). Temperatura del aire en la región metropolitana de Barcelona a partir de la temperatura en superficie MODIS y de datos topogeográficos. In *Libro de proceedings, CTV 2018: XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual: "Ciudades y Territorios Inteligentes": UNCuyo, Mendoza, 5-7 septiembre 2018* (pp. 357-368). Centre de Politica de Sol i Valoracions, CPSV/Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. https://doi.org/10.5821/ctv.8251

Serra, C., Lana, X., Martínez, M. D., Roca, J., Arellano, B., Biere, R., Moix, M. & Burgueño, A. (2020). Air temperature in Barcelona metropolitan region from MODIS satellite and GIS data. *Theor. Appl. Climatol.*, *139*, 473-492. https://doi.org/10.1007/s00704-019-02973-y

Vose, R. S., Easterling, D. R., & Gleason, B. E. (2005). Maximum and minimum temperature trends for the globe: an update through 2004. *Geophysical Research Letters*, *32*(23). https://doi.org/10.1029/2005gl024379

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

From certification to practice: examining the Via Romea Germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe

De la certificación a la práctica: análisis de la Via Romea Germánica en el contexto de las rutas culturales del Consejo de Europa

Leonardo Porcelloni
leonardo.porcelloni@edu.unige.it 0009-0003-7348-3664
Pietro Piana
pietro.piana@unige.it 0000-0002-9367-8085

Department of Political Science and International Studies.Faculty of Economics, University of Genoa.
Via Francesco Vivaldi, 5. 16126 Genova, Italy.

INFO ARTÍCULO

Received: 26-03-2025
Revised : 10-08-2025
Accepted: 08-10-2025

KEYWORDS

Cultural Routes
Council of Europe
Via Romea Germanica
Tourism
Mobilities

PALABRAS CLAVE

Itinerarios Culturales
Consejo de Europa
Via Romea Germanica
Turismo
Movilidades

ABSTRACT

This paper explores the evaluation process within the Cultural Routes of the Council of Europe, through the case of the Via Romea Germanica, assessing how certified routes navigate assessment criteria and governance challenges. The analysis assesses the Via Romea Germanica's compliance with the Council of Europe standards, focussing on the evaluation cycle's role in ensuring thematic coherence, transnational cooperation, and sustainable development. Methodologically, the study combines document analysis, field visits, and stakeholder interviews to critically evaluate the impact of certification requirements on the transnational network that spans Germany, Austria, and Italy. Findings highlight broader structural issues, including governance fragmentation, uneven institutional engagement, and the gap between evaluation objectives and local implementation capacities. These insights contribute to a broader reflection on the effectiveness of the Council of Europe's evaluation framework in fostering long-term cultural, social, and economic sustainability across diverse certified networks.

RESUMEN

Este artículo examina el proceso de evaluación de los Itinerarios Culturales del Consejo de Europa a través del caso de la Via Romea Germanica, analizando cómo las rutas certificadas enfrentan los criterios de evaluación y los desafíos de gobernanza. La investigación evalúa el grado de cumplimiento de la Via Romea Germanica con los estándares del Consejo de Europa, centrándose en el papel del ciclo de evaluación en la coherencia temática, la cooperación transnacional y el desarrollo sostenible. Metodológicamente, el estudio combina análisis documental, visitas de campo y entrevistas con actores clave para valorar críticamente el impacto de los requisitos de certificación en la red transnacional que abarca Alemania, Austria e Italia. Los resultados revelan fragmentación en la gobernanza, desigual implicación institucional y una brecha entre los objetivos de evaluación y su aplicación local, lo que plantea cuestiones sobre la efectividad del marco evaluativo para garantizar la sostenibilidad de las rutas certificadas.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03
Formato de cita / Citation: Porcelloni, L., & Piana, P. (2026). From certification to practice: examining the via Romea germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 47-66. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03
Correspondencia autores: leonardo.porcelloni@edu.unige.it (Leonardo Porcelloni)

1. INTRODUCTION

The Cultural Routes programme of the Council of Europe (CoE) represents an initiative in cultural heritage management and promotion. Established to foster dialogue, intercultural exchange, and sustainable development, the programme operates through certified transnational routes that traverse various landscapes, histories, and traditions across Europe. This framework positions Cultural Routes as both cultural and economic tools, emphasising the intersection of heritage preservation, tourism, and community engagement.

However, the implementation and management of such routes are complex, requiring robust governance structures and coordinated networks. To ensure alignment with its principles, the CoE has developed an evaluation process designed to assess and guide the development of certified Cultural Routes. This process, though essential for maintaining quality and coherence, raises further reflections and considerations regarding its applicability, especially for nascent or evolving projects.

This paper examines these dynamics through a case study of the Via Romea Germanica (VRG), a medieval pilgrimage route reimagined in the contemporary context as a transnational itinerary spanning Germany, Austria, and Italy. The VRG's thematic focus on pilgrimage and its historical legacy offers a valuable perspective for examining the challenges and opportunities associated with Cultural Route governance. Its recent trajectory – from initial certification rejection in 2018 to subsequent acceptance in 2020[1] and its recent regular evaluation cycle in 2023 – offers a timely opportunity to analyse the implications of the CoE evaluation framework.

The analysis unfolds in three interconnected dimensions. First, the paper explores how the VRG aligns with the thematic and operational criteria set by the CoE, looking at its capacity to integrate tangible and intangible heritage while fostering intercultural dialogue. Second, it evaluates the operational challenges faced by the VRG's governing network, the European Association Via Romea Germanica (EAVRG), in meeting the demands of transnational collaboration and local implementation. The fragmentation in governance, uneven development across member countries, and gaps in communication and infrastructure emerge as significant barriers. Finally, the study situates the VRG within the broader landscape of Cultural Routes, reflecting on the scalability and adaptability of the CoE's evaluation process. The discussion underscores a potential misalignment between the CoE's overarching goals and their on-the-ground application, largely due to limited awareness of the benefits and opportunities linked to CoE-certified Cultural Routes. This highlights the necessity for focussed training initiatives at regional and local levels to enhance understanding and engagement with the programme.

Furthermore, this discussion gains added value as it engages with an academic topic that has been largely underexplored. Indeed, as will be seen in the following section, studies and research related to the evaluation cycle process for Cultural Routes are substantially unexplored, just as the specific case of the VRG, presented as a European network, represents a relatively new field of inquiry.

Key insights drawn from the VRG case highlight the inherent difficulties of meeting certification standards during the formative stages of a Cultural Route. While the CoE evaluation process is effective in assessing progress and ensuring accountability, it may pose challenges for networks in their embryonic phase. This raises broader questions about the balance between fostering innovation and ensuring compliance within the Cultural Routes programme. Furthermore, the role of independent experts in the evaluation process, as well as the limited capacity for verifying the extensive claims made by networks, underscores the need for more nuanced and context-sensitive approaches. These insights show not only the challenges but also the opportunities embedded within the Cultural Routes programme. While the CoE evaluation process demands compliance with high certification standards, it simultaneously provides a framework for growth, fostering transnational collaboration and structured governance. This duality – between meeting stringent criteria and leveraging them as a developmental tool – frames the subsequent analysis, which delves into the interplay between operational realities and the transformative potential of the Cultural Routes programme.

1. https://www.coe.int/en/web/venice/home/-/asset_publisher/bdYTWRAADyZs/content/via-romea-germanica-becomes-european-cultural-route (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

2. THEORETICAL FRAMEWORK AND CONTEXT ANALYSIS

The CoE's Cultural Routes programme was launched in 1987 with the aim of promoting cultural diversity and intercultural dialogue through transnational itineraries spanning the European continent. These routes are designed to connect historical narratives across Europe, fostering the concept of a shared European heritage and contributing to the creation of a pan-European identity. Furthermore, the CoE seeks to «Build a Greater Europe» by welcoming countries undergoing democratic transition through an inclusive membership model. This approach enables the Council to serve as a preliminary stage for EU candidates, allowing them to demonstrate progress towards meeting the high standards of democracy and human rights required of all member states (Denu, 2015, p. 8). As of 2025, the programme comprises 49 certified networks (figure 1), which collectively promote shared interests and values. The initiative is supported by the Enlarged Partial Agreement on Cultural Routes (EPA), established in 2010 to facilitate closer cooperation among member states (Resolution CM/Res(2013)66).

Cultural Routes are widely regarded as tools for enhancing cooperation among Mediterranean cities and fostering connections between Europe and the East, thereby promoting the exchange of ideas, values, and knowledge. According to Genovese (2016), these routes not only serve as networks for cooperation but also contribute to greater competitiveness among Mediterranean societies. A multi-stakeholder approach is essential for the success of cultural routes, involving various actors such as local governments, communities, tourists, and businesses. Severo (2017) highlights the importance of actor-based networks in managing and enhancing cultural routes, enabling a more inclusive and dynamic governance framework. However, their management remains complex due to the intricate web of stakeholders involved.

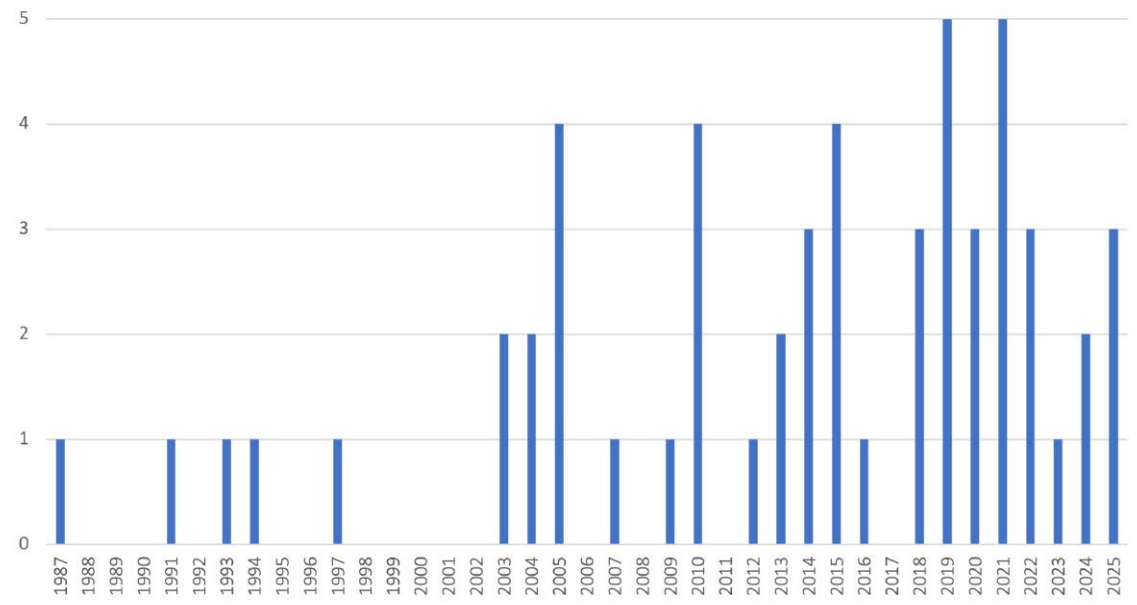


Figure 1. Number of Cultural Routes certified per year (five of these were decertified). Source: author's elaboration based on the collected data from the news published by the Council of Europe[2].

2. https://www.coe.int/en/web/cultural-routes/newsroom (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Cultural Routes are not merely physical paths; they also integrate intangible cultural heritage. Zabbini (2012) underscores the significance of pilgrimage routes, where the intangible dimension of cultural heritage plays a critical role in enhancing local identity and enriching tourist experiences. This particular type of itinerary, which depends on continuous infrastructure linking its nodes, attracts walkers and other types of tourists to often marginalised rural areas, contributing to economic development and heritage preservation. Slow mobility, together with pilgrimage and the associated tourist movement, revitalises and breathes new life into many villages located in remote areas. The encounter with others and the convergence of cultures from across the globe create a renewed cultural interest and vibrancy among local residents. This active participation fosters local cultural growth, which in turn becomes an integral component of a high-quality tourist offering (Porcelloni, 2021).

Contrarily, several Cultural Routes, while promoting the concept of a "route", often exist more as thematic networks rather than as physical pathways. This lack of physical connection can result in a less engaging tourist experience, as exemplified by the Le Corbusier Destinations network, which lacks a tangible narrative path (Martens, 2022). Indeed, routes and networks are complementary but not identical. The distinction lies in the fact that routes represent the concrete pathways travelled, while networks are the frameworks enabling their creation. While routes pertain to the physical and spatial experience of a territory, networks constitute a connective system that transcends physical pathways, facilitating linkages between various locations.

Despite the overall success of the Council of Europe's Cultural Routes programme, several significant challenges persist. One primary issue concerns the limited involvement of local communities in certain itineraries, which can lead to a disconnect between institutional objectives and the actual needs of host communities. Managing such itineraries demands a complex governance structure involving multiple stakeholders across various levels. However, the lack of effective coordination among these actors can hinder the efficiency of achieving the programme's goals. Additionally, ensuring long-term financial sustainability poses significant challenges. Dependence on public funding and competition among similar projects create critical obstacles for the future of the networks participating in the programme (EICR, 2024).

2.1. The evaluation cycle

The evaluation cycle holds particular importance as it represents the first analytical approach aimed at the Cultural Route to obtain Council of Europe certification and establishes the analytical foundations for its maintenance. Each year, in order to analyse the applications for certification and the regular 5-year evaluation of certified Cultural Routes of the CoE, independent experts are contracted to evaluate the information submitted. Those independent reports are important supporting documents that help the Enlarged Partial Agreement (EPA) Governing Board decide on the award or renewal of the Cultural Route of the CoE certification. Indeed, the EPA Governing Board and the Statutory Committee are responsible for approving the plans and budgets related to the Cultural Routes (CM/Res(2013)67E).

The official recognition of Cultural Routes as a quality label has been further strengthened by the new resolution CM/Res(2023)2, which introduces a more rigorous evaluation cycle and extends the duration of periodic evaluations from three to five years. This ensures higher standards of quality and innovation for certified Cultural Routes (EICR, 2024).

The topic remains largely unexplored from the perspective of scientific literature, making it even more intriguing due to the quantity and quality of available information and data. Since the 2017-2018 evaluation cycle, reports conducted by evaluators appointed by the European Institute of Cultural Routes (EICR) that have resulted in a positive outcome are available online[3]. This excludes reports involving evaluations where the Cultural Route's performance was found unsatisfactory, leading either to the rejection of the application or, in the case of a regular evaluation, requiring an exceptional evaluation process in the subsequent certification cycle, or resulting in decertification.

3. Evaluation Reports available at: https://www.coe.int/en/web/cultural-routes/evaluation-reports (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

2.2. The Via Romea Germanica as a european network and historical route

The case of the VRG as a Cultural Route of the CoE will be examined, with particular reference to its historical and cultural background. This specific network initially submitted its application for certification as a Cultural Route in 2018. Following an initial rejection for not meeting the necessary criteria, the VRG reapplied in 2019, successfully obtaining certification in 2020 alongside two other networks, the European Route of Historic Gardens and the Aeneas Route. During the 2023-2024[4] evaluation cycle (when the regular evaluation cycle was still conducted every three years), the VRG was deemed not to meet the criteria required for maintaining its certification[5]. Consequently, it was subjected to an exceptional evaluation cycle for 2024-2025.

Given the recent nature of these developments, the VRG, as a European Cultural Route, has not yet fully entered academic discourse. Nevertheless, there are instances where the itinerary has been considered, such as in reference to projects focussed on multifunctional thematic route networks within the system of trails in the Casentino Valley (Arezzo) (Bambi, Iacobelli, 2019). Additionally, it has been featured as the focus of pilot actions conducted in Argenta (Ferrara), a municipality traversed by the VRG, demonstrating the critical importance of stakeholder networks in advancing one of the key objectives of EU regional strategies (Bagnaresi *et al*., 2024).

The VRG functions as an international Route traversing three countries: Germany, Austria, and Italy (map 1). It is managed by the EAVRG, established in 2018, which integrates three national associations: Romweg Abt Albert von Stade e.V. (Germany), Jerusalem Way International Peace Team, Verein für Frieden, Freiheit und Toleranz (Austria), and the Associazione Italiana della Via Romea Germanica (Italy). However, as the Austrian Association is not directly responsible for managing the route, the EAVRG formalised a protocol in 2020 with another Austrian association, Jakobsgemeinschaft Tirol.

The VRG, often presented as the "Path of Encounters" and a European pilgrimage route, complements existing routes by bridging northern and southern Europe. Spanning over 2200 kilometres from Stade to Rome, it revives a historical medieval pilgrimage itinerary that traditionally connected the northern German town of Stade with the heart of Christianity in Rome.

From the historical point of view, the Via Romea Germanica finds its thematic foundation intricately linked to the medieval pilgrimage chronicled by the Abbot Albert of Stade (c. 1187-c. 1260) during the 13th century in the *Annales Stadenses*[6]. He was a German monk, historian and poet that, in the form of a tale (a common practice in the Middle Ages), described a conversation between two friar pilgrims. In doing so, he provided several itineraries with precise data on places and distances to be crossed and also about the road conditions, for the outward and return journey from Rome. This represented the most complete guide to Rome in the Middle Ages (Stopani, 2006) and witnessed pilgrimage as a practice already widespread (Caucci & Asolan, 2009). Nowadays, the journey finds its starting point at Albert's statue in the courtyard of Stade's former Franciscan monastery of St. Johannis. The intention of the EAVRG is to identify the beginning of the pilgrimage at the ancient harbour of Stade, so as to emphasise the historical connection with the Scandinavian countries to the north.

4. It is appropriate to clarify that the author Leonardo Porcelloni was appointed by the EICR of the Council of Europe to undertake the regular evaluation cycle 2023-2024 for the Via Romea Germanica. This role involved engagement with both the EICR and the network's stakeholders for the preparation of the evaluation report. Furthermore, sensitive and private data obtained through the evaluation process will not be disclosed here. For this reason, the network's stakeholders and subjects of the investigation have been anonymised in this context.

5. For this reason, the corresponding report, unlike those resulting from a positive outcome, remains inaccessible to the public.

6. One of the earliest works that made this historical document accessible within the context of medieval history and monasticism is: Lappenberg, M. J. (1859). Annales Stadenses Auctore Alberto. In G. H. Pertz (Ed.), *Monumenta Germaniae Historica. Vol. XVI* (pp. 271-379). Hannover, Impensis Bibliopolii Aulici Hahniani.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Map 1. The Via Romea Germanica Route (1:7.500.000), spanning approximately 2.200 km and comprising 94 stages (44 in Germany, 4 in Austria, and 46 in Italy). Source: author's elaboration.

3. METHODOLOGY

At the outset, this paper examines the references and guidelines produced and disseminated by the EICR, which define the certification criteria established by the 2013 Resolutions – CM/Res(2013)66, CM/Res(2013)67 – and the most recent one adopted by the Committee of Ministers on the 5th of April 2023 (CM/Res(2023)2). These documents elucidate the framework and methodology underpinning the evaluation cycle: certification is awarded to networks that meet eligibility criteria, prioritise specific actions, and adhere

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

to organisational standards. Themes must represent European values across at least three countries, foster cultural memory, enable educational exchanges, and support sustainable tourism. Priority actions include research cooperation, heritage enhancement, youth exchanges, contemporary arts, and cultural tourism. Certification is granted by the EPA Governing Board, which periodically reviews networks for compliance, with the possibility of issuing recommendations or revoking certification if standards are not maintained. Tracing the evolution of relevant documentation prior to the above-mentioned resolutions, the first Statutory Resolutions observed include the 1993 resolution on Partial and Enlarged Agreements ((93)28) and the 1996 resolution establishing Criteria for Partial and Enlarged Agreements of the CoE ((96)36). These were followed by Resolution CM/Res(2007)12 on the Cultural Routes of the CoE, and later, the 2010 resolutions CM/Res(2010)52 on the rules for awarding the Cultural Route of the CoE certification, and CM/Res(2010)53 establishing an Enlarged Partial Agreement to ensure the implementation of the Cultural Routes programme.

Moreover, the *Step-by-step guide to the Council of Europe Cultural Routes* (2015) provides guidance on how to implement and manage the Cultural Routes. It includes details on how to develop a route or network project, manage scientific collaborations, and promote sustainable tourism (Council of Europe, 2015). The Vademecum for master plans in Cultural Routes emphasises a strategic, multi-tiered approach to enhance sustainability, as per Resolution CM/Res(2013)67. While not obligatory, a master plan acts as a guidance tool for route managers, covering governance at European, national, regional, and local scales. It outlines strategic objectives, funding channels, and key implementation steps to support cohesive project progression. This approach promotes collaboration across governance layers, encourages local stakeholder engagement, and aligns with European goals for responsible management and heritage preservation within the Routes. This phase is particularly useful, on one hand, for determining the objectives established by the CoE's programme and, on the other, to identify the guidelines observed by individual networks and independent experts.

To complement the documentary analysis, and as required by the regular evaluation cycle, a fieldwork phase[7] was conducted in selected areas of Germany and Italy to directly verify, where possible, the actual implementation of activities and infrastructure interventions. These site visits focussed on elements such as trail marking, accommodation facilities, and overall infrastructure quality, with the aim of assessing their effectiveness and territorial impact. In parallel, a series of interviews and meetings were conducted with key stakeholders of the EAVRG network, including both representatives of the European Association and actors involved in national and local associations. These included both in-person and remote formats: two in-person group interviews (with 4 and 6 participants respectively), eight individual in-person interviews, six individual video interviews, and three small group video interviews involving two participants each. The interviews – carried out across the three countries involved (Germany, Austria, and Italy) – were based on a flexible, non-standardised qualitative approach (Corbetta, 2014). They were designed to assess the degree of engagement and contributions of each actor in relation to the evaluation criteria outlined in Resolution CM/Res(2013)67. Additionally, structured telephone interviews were conducted with 54 tourist offices located along the Italian section of the VRG: 15 in Trentino-Alto Adige, 7 in Veneto, 10 in Emilia-Romagna, 8 in Tuscany, 4 in Umbria, 10 in Lazio. These interviews aimed to assess the offices' level of awareness and operational involvement concerning the route, particularly in relation to the availability of tourist services and visitor engagement. The data collection followed a semi-structured format, allowing for consistency while also capturing local and regional insights (see Paragraph 4.1).

This approach significantly enhanced the analytical depth of the study, allowing for a robust cross-verification between documentary sources and empirical data. It also provided critical insights into local implementation practices and governance dynamics, offering a more grounded understanding of the route's functioning.

7. The document analysis and fieldwork were conducted between September and December 2023.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

3.1. The approach to the evaluation process

Overall, the methodology addressed four main areas: the assessment of route infrastructure, institutional interactions, community engagement, and the promotion and management of tourism. Additionally, it evaluated the materials produced, communication strategies, and the dynamics of interaction and governance, both in their internal coherence and in the relationships among network members. These aspects provided a detailed and multidimensional perspective on the functioning and challenges faced by the VRG network. The analysis of evaluation reports represents a fundamental tool for tracing the evolution of Cultural Routes, as in the case of the EAVRG. A first significant reference is the public report prepared in 2020 (Kerstin). This document examines the candidature submitted by the EAVRG in 2019, which led to the network's certification in 2020. The EAVRG had previously submitted an application in 2018, which was rejected; for this reason, the corresponding report is not accessible. Starting from 2023, the first regular evaluation cycle was conducted, representing the initial formal assessment of the EAVRG after its certification. The outcome of this evaluation highlighted that the network does not fully meet the required criteria, which ultimately led the EPA Governing Board to initiate an exceptional evaluation cycle for the network[8].

The evaluation of the first regular evaluation cycle was based on an in-depth analysis of the documentation produced by the EAVRG, direct interaction with various members of the EAVRG network, site visits to selected locations, the collection of information from the EICR, and materials available online. The aim was to verify and demonstrate the theme, activities, and effective management of the network, in accordance with the certification criteria outlined in Resolution CM/Res(2013)67. The materials analysed, provided by the network, comprised a total of 252 documents divided into three main categories. The first category included 130 documents supplied by the network, covering assembly protocols, financial data, multi-annual programmes, descriptions of specific projects, internal communications, and statutory documents. This extensive range of documentation encompassed both institutional and project-related aspects of the network. The second category consisted of 42 additional documents provided upon the evaluator's request. These materials included meeting minutes, evidence of conducted projects, and financial documents. They allowed for a deeper exploration of specific themes related to governance and the operational activities of the network. The third category encompassed 80 additional sources consulted by the evaluator, including publications and informational materials produced by the EAVRG network. Alongside written documentation, online materials and social media were also examined. A total of 19 online resources were identified, including official websites, platforms, and social media channels (Facebook, Instagram, YouTube). These resources offered insights into community engagement and the promotional activities of the network.

The field evaluation activities focussed on four visits conducted in Italy and Germany – following the main events organised by the Network and key sections of the itinerary – between October and November 2023. The first visit took place in Bologna on 5 October, during which the EAVRG coordinators were met to discuss the general operations of the EAVRG, its current state of affairs, and, more specifically, the Horizon 2020 project rurAllure[9]. The evaluation involved the EAVRG president and vice-president and included multiple field visits. The second visit covered areas in Emilia-Romagna (San Biagio, Argenta, Traghetto, San Nicolò, Ferrara, and Francolino) and Veneto (Po River area and Polesella), assessing infrastructure, signage, trail conditions, and accommodation facilities, with data gathered from local tourist offices and communities. The third visit, held in Germany from 19 to 21 October, coincided with the annual German network meeting in Gotha, providing interactions with members of German and European associations and institutional representatives, including Knut Kreuch (Lord Mayor of Gotha) and Bodo Ramelow (Prime Minister of Thuringia). Inspections included VRG-affiliated hostels and associations (Münchenlohra, Dietenborn, Nordhausen), alongside meetings with academics, politicians, and EAVRG council members. The fourth visit, on 3 November, focused on the

8. The analysis and report of this exceptional evaluation (2024-2025), drafted by the same author of the previous one, led the EPA Governing Board to decide on the withdrawal of the EAVRG's certification: https://www.coe.int/it/web/cultural-routes/-/results-of-the-2024-2025-certification-cycle-8-routes-recertified-and-2-routes-decertified (last access 17.07.2025).

9. https://rurallure.eu/ (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Forlì province, analysing VRG infrastructure managed by municipal and religious bodies. The methodology also relied on ten formal meetings, four in person and six online, with EAVRG representatives, addressing governance, institutional relations, and operational activities.

Additionally, insights gathered from the 54 tourist offices located along the VRG in Italy – across six regions and Vatican City – provided valuable insights into the availability of tourist services and the extent of community engagement. Parallelly, three accommodation facilities were analysed: San Giovanni Battista parish church in Ronco (Forlì), the hostel in Cusercoli (province of Forlì), and the hostel in Campi (Arezzo). The aim was to evaluate their management and services in relation to the VRG network.

Thus, the analysis involved comparing the collected data using the method just described, in accordance with the criteria and guidelines established by the Council of Europe, particularly with reference to Resolution CM/Res(2013)67. The analysis was structured around the following fundamental aspects, which form the main body evaluation of the report:

1. Fields of action: areas such as research and development cooperation, the enhancement of memory, history, and European heritage, cultural and educational exchanges for young Europeans, contemporary cultural and artistic practices, and sustainable cultural tourism were considered. The analysis assessed the extent to which the network meets the priority action criteria for a Cultural Route.
2. Cultural Route network: a detailed examination of the institutional and legal structure of the network, its current financial situation, the composition by country and type of members, as well as the network's expansion since the last evaluation and its strategies for the next three years, was conducted.
3. Communication tools: the investigation included an analysis of the communication tools developed by the network, such as promotional materials, communication channels, signposting, and, lastly, particular attention was given to the compliance with the guidelines for the use of the Cultural Route of the CoE Logo.

This integrated methodology enabled a comprehensive and systematic analysis of the VRG, its European association, and the partners forming its network. It assessed the operational structure, potential, and challenges of the route in relation to the European standards established for Cultural Routes. By adopting a multifaceted approach, the evaluation also shed light on the governance dynamics, the effectiveness of stakeholder collaboration, and the alignment of the network's activities with the objectives of fostering cultural memory, sustainable tourism, and cross-border cooperation, as envisioned by the CoE.

4. RESULTS. ANALYSIS OF THE EVALUATION FINDINGS

In summary, during the 2018-2019 evaluation cycle, ten certified Cultural Routes were subject to regular evaluation, and twelve candidate networks[10] applied for certification as Cultural Routes of the CoE. Among these, only five were successfully certified as Cultural Routes of the CoE, while the VRG was not included due to the rejection of its initial application. However, in 2019, the EAVRG submitted a new application, which was positively evaluated, enabling the network to obtain certification in 2020. The year 2023 marked a critical moment for the VRG, as it completed its first regular evaluation cycle since certification. However, as discussed in the previous chapter, the results of this evaluation highlighted non-compliance with certain criteria set forth by the CoE programme, leading to the initiation of an exceptional evaluation cycle. This extraordinary process, scheduled for 2024-2025, represents a decisive opportunity for the network to address identified challenges and demonstrate its alignment with the standards required by the CoE.

10. https://www.coe.int/en/web/cultural-routes/news-2018/-/asset_publisher/LCZrkQS0j8oY/content/evaluation-cycle-2018-2019-10-certified-cultural-routes-under-regular-evaluation-12-cultural-route-networks-applying-for-certification (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

The main body assessment of the regular evaluation serves as the core of the expert's investigation, ensuring conclusions are based on verifiable evidence and reliable data. The assessment begins by examining the VRG's theme, evaluating its coherence, integration of tangible and intangible heritage, and overall narrative. Positioned within the framework of European pilgrimage routes, the VRG reinforces the values of the Council of Europe by linking medieval mobility traditions to cultural heritage. Although still consolidating, it has significant multi-scalar potential, fostering intercultural and interreligious dialogue across Germany, Austria, and Italy, with extensions to Nordic countries through connections with the St. Olav's Way and the St. James Way. These links complement established routes like the Via Francigena. However, defining the VRG geographically remains complex due to the fragmented nature of medieval road networks, requiring a governance model that balances cultural preservation and tourism development (Porcelloni *et al*., 2023).

Historically, the VRG theme is rooted in medieval itineraria, documented in the 13th century by Albert of Stade. The study of medieval odeporic sources has garnered scholarly interest for more than a century (Rajna, 1887; Magoun, 1942). These sources, such as medieval travellers' diaries, are instrumental in retracing and identifying major routes that can inform the design of modern itineraries. This approach was applied, for instance, to the Via Francigena, which includes the stages recorded by Archbishop Sigeric (10th century) during his return journey from Rome to Canterbury, as well as the Itinerarium Burdigalense (4th century) for its southern stretch, which, since 2019, has connected Rome to Santa Maria di Leuca (Apulia Region). The VRG itinerary holds the potential to integrate tangible elements, such as sacred sites and other historical and artistic heritage, with intangible aspects, such as the spiritual value of pilgrimage. However, compared to more established routes like the Camino de Santiago, which has benefited from the support of the CoE since 1987, the VRG still faces significant gaps in terms of infrastructure and visitor engagement strategies (Martens, 2022).

The potential of the VRG emerges in its integration into a broader, cohesive European network of pilgrimage routes (Romee Maiores), fostering connections and synergies with other significant itineraries, such as the Via Romea Strata and the Via Francigena. Notably, the VRG shares part of its route with the Via Francigena, from Montefiascone to Rome, reinforcing its role as a complementary path within the network. Additionally, the VRG holds promising opportunities for collaboration with Scandinavian countries, North-Eastern European nations, including the Baltic states, and extending southwards towards the Holy Land. However, the governance of the EAVRG remains in an embryonic stage, which currently affects the network's ability to attract visitors and meet the expectations of a contemporary Cultural Route.

4.1. Assessing the VRG's performance across the «fields of action»

This section evaluates the EAVRG with respect to the five priority fields of action in Resolution CM/Res(2013)67, using materials from the current evaluation cycle, field visits, and meetings. The analysis focuses on activities directly aligned with the route's theme, excluding unrelated or out-of-period initiatives unless essential for the assessment. Both network-wide and individual member activities have been considered, with exhibitions and similar events required to follow the Route's branding and official communication channels. The evaluation also examines the geographical distribution of activities across Germany, Austria, and Italy, identifying imbalances in engagement. Additionally, it assesses whether the network fosters true transnational collaboration or consists of isolated efforts. Quantitative data on activity scope, transnational reach, and member involvement have been reviewed, with supporting documentation cross-verified through comparative analyses and visual representations.

The evaluation of the VRG's co-operation in research and development highlights its role in consolidating dispersed knowledge, fostering interdisciplinary collaboration, and engaging with European universities and research centres. The VRG Scientific Committee, established during the 2019-2020 certification cycle, includes 31 members – mainly academics – and 20 additional contacts across nine countries, offering an international research perspective. However, all listed members were contacted as part of the investigation, but responses were scarce, with only one member providing feedback directly relevant to their work, revealing a loose structure and minimal engagement.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Existing publications contribute to broader cultural route themes, but few focus specifically on the VRG, and much of the research is non-academic or produced outside the Scientific Committee. Key medieval sources like the Annales Stadenses remain underutilised in shaping the VRG's historical and geographical framework. Strengthening research efforts could align the route with themes such as slow mobility and cultural tourism while addressing governance challenges. Improved monitoring systems and enhanced cooperation between the Scientific Committee and the EAVRG Board could support the VRG's sustainability and reinforce its role in the European cultural landscape.

The EAVRG highlights the VRG's role in preserving and enhancing tangible and intangible heritage, emphasising its historical significance and the cultural diversity of the landscapes it traverses. This is supported by adherence to international standards, including CoE, UNESCO, and ICOMOS guidelines for heritage restoration and enrichment. Collaborative efforts, such as agreements with San Marino and partnerships with municipalities, demonstrate a focus on less-explored sites beyond conventional tourist routes. However, activities listed in the 2023-24 report, while relevant, show a predominantly German-centric approach, with 25 out of 41 initiatives led by the same president. This indicates limited collaboration across the network and an underutilisation of the Scientific Committee's international potential. Strengthening research and engaging with broader associative entities could help contextualise the VRG's medieval passage and extend heritage interest to surrounding regions, enriching the route's contribution to European cultural memory.

The EAVRG has initiated projects fostering cultural and educational exchanges for young Europeans, emphasising the values of European citizenship and diversity. These initiatives, if further developed both practically and theoretically, have the potential to serve as reference models. The VRG offers young hikers opportunities for personal and meaningful experiences, enabling them to engage directly with diverse cultures along the route. Notable examples include the partnership between Ochsenfurt (Würzburg) and Bibbiena (Arezzo), which has facilitated reciprocal visits by young Italians and Germans, promoting intercultural dialogue. Additionally, projects like "Piccoli Romei in Cammino" under the "Reconnecting With Your Culture" initiative, aim to reconnect youth with their cultural and spiritual heritage. These efforts demonstrate the VRG's potential to engage educational institutions and create impactful, transnational exchanges aligned with CoE values.

The EAVRG has demonstrated engagement with contemporary cultural and artistic practices, enriching the itinerary by introducing dynamic artistic elements and fostering cultural innovation. Initiatives like Feuchtwangen's 75-year-old Kreuzgangspiele open-air theatre festivals and the EAVRG's "Sacred Music on Roman Pilgrimages and Soundscapes" project explore the links between heritage and contemporary culture. The DONwud festival highlights global traditions, while the bilingual Organ Tour complements the cultural pilgrimage experience. Iconic events like the Oberammergau Passion Play, rooted in historical narratives, and the "International Organ Vespers Festival of San Martino", align the route with creative and musical heritage. While these initiatives underscore a strong commitment to cultural enrichment, they predominantly reflect German traditions. To further internationalise and diversify the route's appeal, EAVRG should foster collaborations with other countries along the VRG, establish unique artistic events, and act as a hub for new cultural synergies.

The analysis of cultural tourism and sustainable development within the EAVRG highlights both achievements and areas for improvement. While the itinerary has potential for cultural and rural development, its implementation remains uneven across different regions and municipalities. Field visits and interviews revealed governance inconsistencies, infrastructure gaps, and accessibility challenges, reflecting the project's early stage. The 2023 EAVRG report suggests that the VRG supports rural development in areas like South Tyrol, yet the lack of a systematic monitoring system weakens these claims. Estimates indicate between a few dozen and 200 pilgrims per stage annually, but no reliable tracking exists. For example, at the Dietenborn facility, records show only one pilgrim between January and October 2023. Infrastructure also varies: in Germany, signposting is largely absent, with completion planned by 2025 through GAL LEADER funding. Volunteer initiatives, such as the "Route Angels," and new accommodations in Münchenlohra, Dietenborn, and Nordhausen show progress but require further consolidation.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

In Austria, infrastructure remains limited, primarily relying on traditional facilities despite agreements like the one with Jakobsgemeinschaft Tirol for route maintenance. In Italy, while signposting is more developed, hospitality infrastructure is still in an early phase, with persistent issues. Surveys in Veneto and Emilia-Romagna revealed the use of informal signposting, such as stickers, which lack standardization and pose safety concerns. Pilgrim-specific accommodations include the San Giovanni Battista Parish in Forlì, a hostel in Cusercoli managed by the local pro loco, and a recently opened facility in Campi, Bibbiena. While these additions signal a growing network, they also underscore the need for uniformity and safety. The survey of 54 tourist offices across the Italian regions along the VRG – Trentino-Alto Adige, Veneto, Emilia-Romagna, Tuscany, Umbria, and Lazio – found that 67% were aware of the route, but only 24% could provide practical information. Veneto and Lazio stood out for their lack of awareness and resources. In Lazio, where the VRG overlaps with the Via Francigena, interventions are minimal, likely due to the dominance of the latter's established infrastructure. Awareness levels vary significantly (figure 2), with higher recognition in Umbria, Tuscany, and Trentino-Alto Adige, while other areas require stronger local engagement. This disparity is even more pronounced in tourist offices that can actively assist visitors (figure 3). Additionally, many segments in Emilia-Romagna and Veneto overlap with pre-existing trails, but where such paths are absent, informal stickers are used on roads without pedestrian pathways, raising safety concerns.

The absence of structured monitoring extends to tourism data, where only some stage points collect visitor signatures. This gap was acknowledged during field visits, with a consensus on the importance of early documentation to track and enhance utilisation. EAVRG's collaborations with public and private stakeholders, including tour operators and media outlets, are promising steps towards integrating VRG into broader tourism offerings. The VRG holds considerable potential for fostering dialogue between urban and rural areas, enriching local heritage, and diversifying tourism. However, systematic monitoring, standardised infrastructure, and expanded partnerships are essential to realise its full impact.

The Cultural Route network, the third point of the evaluation report, was evaluated focussing firstly by focussing on the overview of the institutional and legal framework of the EAVRG network. These standards mandate that such networks must involve members from at least three CoE member states, be legally registered in one of these states, and ensure democratic governance, including transparent decision-making processes and member participation. The network's operational capabilities, including fund management, partnership building, and the coordination of common activities, are also critical factors for assessment. The EAVRG was officially registered in Bolzano, Italy, on 19th December 2018. It incorporates three member countries – Germany, Austria, and Italy – thereby fulfilling the CoE's geographical scope requirement. Its statutes provide a framework for transparent governance, including a Board of Directors with a three-year mandate responsible for implementing General Assembly resolutions and overseeing the association's administration.

Despite a solid institutional framework, the evaluation highlighted major governance challenges, particularly regarding coordination among the Associations within the network. Although the statutes ensure representation for each association on the Board, the Italian Association is currently absent, leading to governance fragmentation and limiting effective planning. During the evaluation cycle, the Italian Association reported critical issues, including its exclusion from drafting the 2023-24 certification dossier. Additionally, management of the itinerary remains fragmented at the national level, with the Italian Association independently overseeing the route from the Brenner Pass to Rome without coordination with Austrian and German counterparts. This lack of integration weakens the goal of a unified Cultural Route aligned with CoE transnational cooperation principles. Collaboration issues also extend to membership dynamics. The Italian Association has 44 public bodies and municipalities as members, yet the European Association includes some of these entities in its expansion plans, as seen with the Municipality of Meldola. An interview on 21st November 2023 confirmed that Meldola remains engaged with the Italian Association, participating in initiatives like "Cammini Religiosi Italiani". These inconsistencies raise concerns about membership structure clarity and alignment within the network.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

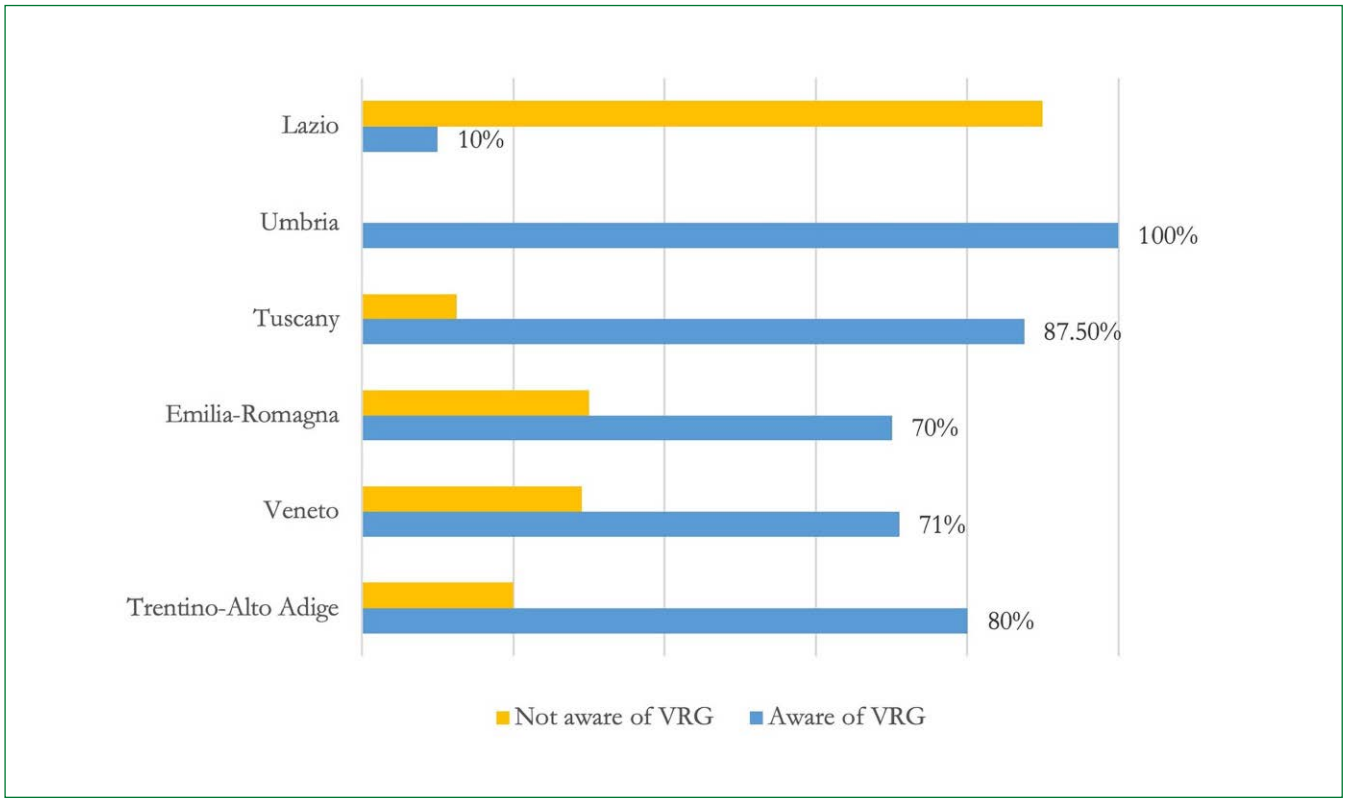


Figure 2. Tourist authorities on Italian municipalities crossed by VRG and clustered by Regions categorised according to whether or not they are aware of the VRG. Source: author's elaboration.

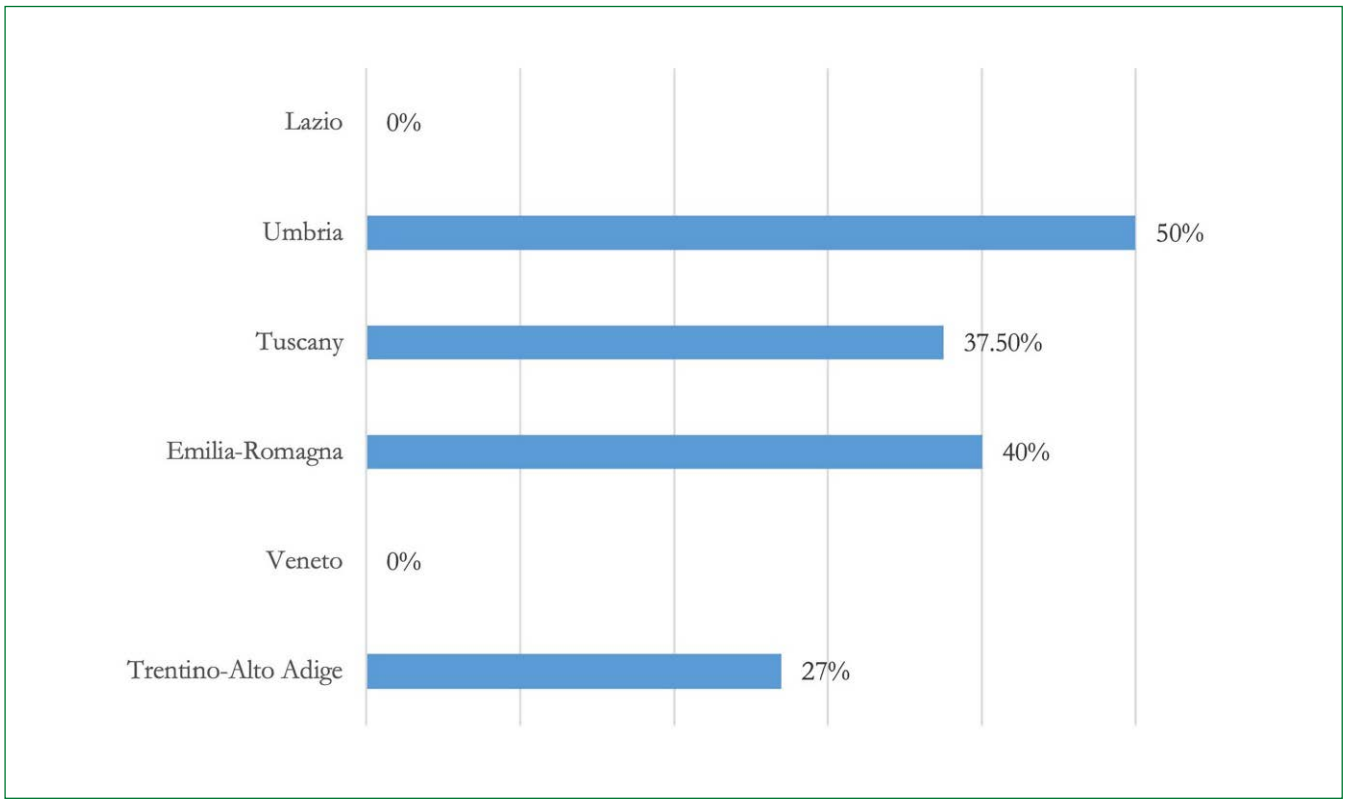


Figure 3. Tourist authorities on Italian municipalities crossed by VRG and clustered by Regions equipped to provide specific information related the fruition of the VRG. Source: author's elaboration.

The economic sustainability of the EAVRG is directly affected by governance fragmentation. The network relies primarily on contributions from the German and Italian Associations, yet their lack of joint financial planning weakens the overall financial coherence of the European Association. The Scientific Committee also suffers from fragmentation, limiting its ability to provide unified academic and operational guidance. Additionally, decentralised and inconsistent communication further complicates coordination. The financial sustainability assessment considered budget documents, membership fee structures, and financial forecasts, focusing on the network's capacity to sustain operations and long-term viability. As a non-profit entity, EAVRG aligns with tax-privileged purposes, ensuring that funds serve its mission rather than individual interests. Over the past three years, it has participated in six projects, including "rurALLURE" (2021-2023) and "Open Horizons of Pilgrims" (2022) at the European level, alongside national and local initiatives. However, weak collaboration with the Italian Association limits joint projects and financial growth. The 2023 budget reveals that 82% of funds come from marketing fees, 17% from member contributions, and 0.5% from private funding. Financial sustainability depends on the individual budgets of the German, Austrian, and Italian Associations, which require coordinated planning for shared projects. The German Association has 100 members, including 22 municipalities, with fees structured according to municipal overnight stay capacity. The Italian Association, with 44 members, also contributes but remains financially independent due to governance disputes. This lack of coordination significantly limits the network's economic potential, making stronger inter-association collaboration essential for financial stability and long-term growth.

The evaluation of the current composition of the EAVRG network reveals a structure guided by well-defined criteria, including national and regional coordinators, authorities at various levels, cultural institutions, museums, natural parks, tourism stakeholders, SMEs, universities, and individual members. Membership categories reflect an intention to integrate diverse stakeholders relevant to the VRG's theme.

While the EAVRG statute outlines the procedure for selecting and mapping members, its current application appears limited to the collaboration between the three national associations (German, Austrian, and Italian). This process, though formally inclusive, shows notable discrepancies in execution, particularly regarding Austrian participation, which requires reinforcement. Significant advancements have been made in Germany and Italy, where municipalities, tourist boards, businesses, and academic institutions have been actively incorporated. However, a balanced geographical expansion remains an unfulfilled objective.

The EAVRG has pursued partnerships beyond its immediate membership, collaborating with other European pilgrimage routes such as the Via Francigena and St Olav's Way. Notably, the agreement signed with the EAVF on 27th July 2023[11] represents a pivotal step towards joint promotion and shared activities. Such collaborations enhance the VRG's visibility while promoting its overarching theme of cultural and historical connection. Despite these achievements, gaps persist in inter-scalar coordination, particularly between national and local levels. Effective communication strategies remain underdeveloped, limiting the network's potential to unify diverse identities along the route.

The network extension since the previous evaluation highlights an increase in members, particularly among municipalities in Germany and Italy, managed by their respective Associations. The EAVRG has sought to expand its academic-scientific network and form partnerships with local entities. A potentially strategic initiative includes the memorandum of understanding with the Republic of San Marino[12], aimed at creating a VRG link road to promote slow mobility and local communities. However, no significant progress or outcomes from this agreement are currently observable. The network's strategy to attract new members and maintain relations with stakeholders is evident but requires further development to ensure tangible contributions and enhance its value in alignment with the VRG's objectives.

The EAVRG's three-year network expansion strategy aims to broaden its geographical reach while maintaining alignment with its overarching mission. Its adaptable statute facilitates the inclusion of new

11. https://www.viefrancigene.org/en/agreement-between-the-via-francigena-and-the-via-romea-germanica-to-promote-the-paths-to-rome/ (last access 25.02.2025).

12. https://www.vallimarecchiaeconca.it/wp-content/uploads/2023/06/Scheda-progetto.pdf (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

members whose objectives align with the association's purpose. Expansion efforts build on pre-existing mapping, ensuring that new municipalities – two from Austria, four from Germany, and three from Italy – enhance both the thematic and geographical coherence of the network. A key component of this strategy is the planned LEADER cooperation project[13], involving nine LEADER regions and three cities in a collaborative tourism initiative, marking the first large-scale coordinated effort for VRG and reinforcing long-term marketing objectives. Efforts to enhance communication and outreach remain uneven across the network. While promotional materials highlight the route's socio-cultural values and activities, a cohesive communication strategy is lacking, leading to inconsistencies across platforms and languages. The official EAVRG website[14] redirects to a secondary site[15] managed by the German Association, which, despite correctly displaying the Cultural Routes of the Council of Europe Logo, focusses exclusively on the German itinerary, with no Austrian representation. The Italian Association operates separate websites: one[16] for the Italian route and a second one[17], a bilingual platform (Italian and English), for guidebook sales. Meanwhile, the previously reported joint site[18] is no longer accessible, highlighting a critical issue in domain management. On social media, the German and Italian Associations independently manage their respective channels, further illustrating the fragmented communication approach. The German Facebook page[19], shared with the European Association, often alternates between English and German, while the Italian Association operates its own Facebook page[20] in Italian. Both Associations have corresponding Facebook groups for community interaction. Similar fragmentation is seen on Instagram: the German-European page[21] is available in German and English, while the Italian page[22] remains exclusively in Italian. Additionally, the Italian Association manages a YouTube channel[23] with video content focused on its segment of the route.

Printed materials, including brochures produced by the German Association, provide stage-specific details and maps but cover only the German section of the VRG, leaving gaps in the overall route representation. Signposting also varies widely depending on the managing Association and local administrative conditions, highlighting broader coordination challenges. In Italy, signage is inconsistent, failing to meet the Logo usage guidelines outlined in this evaluation and safety regulations for both roads and pathways. In the Forlì area, for example, informal signage and the absence of pedestrian pathways pose significant safety risks. While efforts have been made to improve communication tools, the fragmented and uneven implementation undermines the EAVRG's ability to present a cohesive and unified narrative for the VRG.

The evaluation of EAVRG's adherence to Logo guidelines shows partial compliance, with inconsistencies across printed materials, websites, and social media. While some publications and event materials follow the guidelines, compliant applications remain sporadic, and the CoE Logo is largely absent from social media. Deviations are more common when external organisers are involved. These findings highlight the need for a more systematic and centralised approach to ensure uniform Logo use across all communication tools. Strengthening coordination and enforcing clear visibility standards would improve compliance and reinforce the network's connection to the CoE.

13. https://www.europa-foerdert-kultur.eu/en/foerderprogramme/leader/ (last access 25.02.2025).
14. www.viaromeagermanica.info (last access 25.02.2025).
15. https://www.viaromea.de/ (last access 25.02.2025).
16. https://viaromeagermanica.com/ (last access 25.02.2025).
17. www.guidaromea.eu (last access 25.02.2025).
18. www.viaromeagermanica.eu (last access 25.02.2025).
19. https://www.facebook.com/ViaRomeaPilgerweg/ (last access 25.02.2025).
20. https://www.facebook.com/viaromeagermanica (last access 25.02.2025).
21. https://www.instagram.com/via_romea_germanica/ (last access 25.02.2025).
22. https://www.instagram.com/_viaromeagermanica_/ (last access 25.02.2025).
23. https://www.youtube.com/channel/UCOB6lrCmIR9YlEop8rM5nwg/videos (last access 25.02.2025).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

5. DISCUSSION

The analysis of the VRG as a Cultural Route and the EAVRG highlights both significant progress and persistent challenges identified during the regular evaluation cycle. This discussion synthesises the findings, contextualising them within the broader framework of Cultural Routes and their governance, while proposing areas and opportunities for improvement.

The VRG's thematic coherence is a key strength, integrating tangible and intangible heritage within a broader European framework. Its links to the Via Francigena and the Camino de Santiago reinforce its cultural significance, yet unlike these established routes, it faces infrastructure and visitor engagement challenges that limit its accessibility and international appeal. Challenges that are especially true if considering that Cultural Routes are not solely geographic pathways but complex systems encompassing cultural consumption and experiential engagement, bridging tangible and intangible heritage (Majdoub, 2011).

The governance structure of the EAVRG remains underdeveloped, with weak coordination between the German, Austrian, and Italian associations leading to fragmented management. Given the multidimensional nature of cultural routes, they should be seen as dynamic actor-networks, where human and non-human elements interact (Severo, 2017). However, while Germany has progressed in signposting and infrastructure, Austria remains underrepresented in strategic planning, and Italy continues to manage its section independently. This lack of transnational cohesion reduces operational efficiency and weakens the VRG's alignment with the CoE's principles of cross-border cooperation. At regional level, a similar challenge is observed in the governance of the Via Francigena in Southern Italy, where fragmented efforts among regions and local stakeholders have hindered the development of a cohesive strategy (Ronza, 2020).

Cultural Routes not only enhance regional identity but also promote inclusive tourism by integrating lesser-known sites into unified thematic experiences, fostering sustainable development through multi-stakeholder collaboration (Ward-Perkins, Tüdes, 2016). However, the financial sustainability of the EAVRG remains heavily dependent on German and Italian contributions, with governance disputes preventing effective financial planning and joint project development. An issue that, more broadly, reflects concerns raised in research on Cultural Routes, which often highlights the fragility of financial models reliant on fluctuating public and private funding (Öztürk & Aktuğlu Aktan, 2024; Council of Europe, 2016).

The VRG demonstrates potential for cultural and educational exchanges, but these remain geographically uneven. Expanding partnerships with universities and leveraging the expertise of the Scientific Committee could enhance their impact. Infrastructure analysis reveals major disparities in signposting, safety measures, and accommodation facilities. Additionally, the absence of a systematic monitoring system for visitor flows and overnight stays weakens the network's ability to assess its reach and implement targeted interventions. In this context, standardising infrastructure and introducing robust monitoring mechanisms become essential not only for enhancing the route's functionality and safety, but also for providing a structured pathway to address gaps in governance, stakeholder collaboration, and financial sustainability while aligning with the CoE's overarching objectives (Božić & Tomić, 2015).

The Scientific Committee, with its diverse expertise, is a significant asset, yet remains underutilised. Strengthening its role in historical research, governance support, and public outreach could enrich the VRG's narrative while aligning it with broader themes of slow mobility and cultural tourism. Expanding research into medieval itineraries and their contemporary reinterpretations would further consolidate the VRG's identity. Strengthening such a system would provide structured and centralised support for the entire Cultural Route, benefiting the associations that make up the network – many of which are locally based and often the primary caretakers of cultural heritage – that may perceive the evaluation processes as disproportionately burdensome, particularly when the focus lies on compliance with top-down standards (Öztürk & Aktuğlu Aktan, 2024). A more integrated approach could thus enhance governance also at the local scale.

The EAVRG's communication strategy suffers from fragmentation, with national associations managing websites and social media independently, often in different languages. This lack of coordination limits the promotion of the route as a unified entity. Furthermore, inconsistencies in the use of the Cultural Routes of the CoE Logo across materials undermine the network's visibility and branding. Addressing these issues

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

requires a centralised communication approach that harmonises linguistic and thematic representations while ensuring compliance with visibility guidelines.

In summary, the EAVRG reached a decisive turning point. Although the network had previously made progress in consolidating its structure and implementing several of the priorities set by the CoE, it continued to face unresolved challenges requiring substantial corrective action. In response to the outcomes of the 2023-2024 regular evaluation, the EAVRG submitted an application for an exceptional evaluation. However, the network failed to demonstrate sufficient progress in addressing the critical issues previously identified. As a result, the EPA Governing Board ultimately decided to withdraw the Cultural Route certification. This outcome underscores the importance of sustained efforts in governance, coordination, and strategic development to meet the standards expected of European Cultural Routes.

6. CONCLUSIONS

The regular evaluation cycle for the VRG has brought to light both the achievements and the challenges faced by the EAVR in meeting the standards of the CoE's Cultural Routes programme. The assessment underscores the critical importance of adhering to certification criteria while simultaneously navigating the operational realities of maintaining a transnational Cultural Route. The exceptional evaluation scheduled for 2024-25 represents not only a decisive opportunity for the VRG to reaffirm its certification but also a moment for introspection and strategic realignment to address existing shortcomings and position itself for sustainable growth.

The evaluation highlights the VRG's significant potential to connect tangible and intangible heritage across borders, leveraging its medieval roots and complementing other established routes. As noted, Cultural Routes are more than linear paths; they function as complex cultural systems that integrate tangible and intangible heritage through experiential and participatory practices. This perspective underscores the necessity for Cultural Routes like the VRG to transcend their historical mobility roots and develop into comprehensive frameworks that align with modern tourist expectations and foster community involvement. However, this potential remains unrealised in several key areas. The VRG continues to face challenges in governance, infrastructure, financial sustainability, and stakeholder engagement. For instance, the governance structure of the EAVRG is characterised by fragmentation, with limited coordination among its national associations (Germany, Austria, and Italy). This has resulted in uneven development, where the German association has advanced in areas such as signposting and local partnerships, while the Austrian and Italian segments remain less cohesive. This lack of integration undermines the transnational cohesion expected of Cultural Routes and highlights the need for stronger collaborative frameworks.

Economic sustainability further compounds these challenges. While the financial structure of the EAVRG relies on contributions from its member associations, the absence of a unified economic strategy has limited the network's ability to fund joint projects and ensure long-term viability. Research on Cultural Routes has often highlighted the fragility of financial models that rely heavily on variable public and private funding sources. Without consistent resources, the VRG risks falling short of the high standards set by the CoE, particularly in terms of infrastructure maintenance, marketing, and accessibility. Without consistent resources, the VRG risks falling short of the high standards set by the CoE, particularly in terms of infrastructure maintenance, marketing, and accessibility. However, route tourism has the potential to unite lesser-known attractions under a cohesive theme, thereby improving their marketability while fostering the conservation and management of heritage assets.

This paper also provides insights into the broader Cultural Routes programme and its associated evaluation framework. While the regular evaluation process effectively documents progress and identifies areas for improvement, it also exposes systemic issues that merit attention. The rigorous nature of the evaluation criteria, while essential for maintaining high standards, can prove challenging and burdensome for networks still in their early stages of development. Local associations, key stewards of cultural heritage, may find these processes overly demanding when evaluations prioritise top-down compliance over local operational contexts.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

To some extent, the discussion also highlights a potential gap between the overarching objectives set by the CoE's programme and their practical implementation at the local level. This disconnect stems primarily from limited awareness of the value and opportunities associated with being part of a certified Cultural Route. This analysis underscores the pressing need for targeted training at regional and local levels to foster a deeper understanding of the programme.

Certainly, this highlights a further consideration that is particularly relevant in the case of the VRG. Its path, which failed to meet certification standards during its initial candidacy (2018), underscores a broader issue: achieving and maintaining the status of a Cultural Route of the CoE is an ambitious goal that is often unattainable for a network in its embryonic or early stages. The certification process, with its rigorous evaluation criteria, demands a level of maturity, stability, and operational cohesion that emerging projects or newly established networks are rarely equipped to deliver. However, this challenge also reframes the evaluation process as more than a procedural hurdle; it becomes a developmental milestone. For established and well-functioning networks, the demands of the Cultural Routes programme are not only manageable but provide a valuable framework for refining governance, enhancing visibility, and fostering transnational collaboration. In contrast, for networks still grappling with foundational issues – whether in governance, funding, or thematic coherence – the certification process can result demanding. This is not merely a reflection of the network's shortcomings but also of the inherent complexities of scaling an idea from concept to functional reality within the framework of transnational cultural heritage.

For networks like the EAVRG, the challenge is to use the evaluation process not as a deterrent but as a guidepost for growth. By strengthening internal structures, fostering collaboration among members, and strategically addressing weaknesses, even an embryonic project can evolve into a certified Cultural Route that not only meets but exceeds the standards of the CoE. For those networks willing to commit to the process, the rewards extend far beyond certification, offering a meaningful role in shaping and sharing Europe's cultural heritage.

Moreover, the role of independent experts in the evaluation process warrants reflection, particularly on their inherent limitations. While they are tasked with ensuring objectivity and rigor, their ability to verify is inevitably constrained by the nature of the process itself. Evaluators can only conduct fieldwork on specific, limited elements, offering spot checks within the vast landscape of countries, networks, and local realities that a Cultural Route encompasses. This raises important questions about the scalability and adaptability of the evaluation framework, which must balance its ambition with the practical challenges of such extensive assessments.

To conclude, the evaluation process underscores the transformative potential of the Cultural Routes programme as a mechanism for fostering cross-border heritage preservation, enhancing cultural tourism, and promoting European values. At the same time, the process reveals the delicate balance required between ambitious certification standards and the operational realities faced by nascent networks. While the challenges faced by networks like the VRG highlight the complexities of meeting certification standards, they also provide a clear framework for identifying areas requiring development. The experience of the VRG reinforces the importance of structured governance, financial sustainability, and cohesive collaboration within transnational networks. These are not merely procedural demands but fundamental components of long-term success and relevance. Furthermore, for future research and a deeper understanding of the evolutionary context of the Cultural Routes of the CoE programme, it would be particularly strategic to conduct analyses on additional cases of the evaluation process, especially through a comparative assessment of networks that have successfully consolidated over time. This approach would help to further highlight a range of presumably successful trajectories, which could enhance the understanding of the dynamics, developments, and overarching patterns characterising the cultural networks.

Responsibilities and conflicts of interest

The author undertakes to disclose any existing or potential conflict of interest in relation to the publication of his article.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

REFERENCES

Bagnaresi, D., Battilani, P., Gasparini, M. L., & Mariotti, A. (2024). Addressing Over and Under Tourism Along Cultural Routes. Lessons Learned from the H2020 Project rurAllure. In F. Calabrò, L. Madureira, F. C. Morabito & M. J. Piñeira Mantiñán (Eds.), *Networks, Markets & People*, *Vol. 1184* (pp. 208-216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-74608-6_20

Bambi, G., & Iacobelli, S. (2019). Il sistema locale di Cammini e Itinerari culturali per la promozione del turismo sostenibile e di qualità nelle zone rurali: un esempio di metodologia di progettazione nella Provincia di Arezzo – Toscana (Italia). In F. Salvatori (Ed.), *Atti del 32° Congresso Geografico Italiano - L'apporto della geografia tra rivoluzioni e riforme*, XXXII (pp. 963-970). Roma, AGeI.

Božić, S., & Tomić, N. (2016). Developing the Cultural Route Evaluation Model (CREM) and its application on the Trail of Roman Emperors, Serbia*. Tourism Management Perspectives*, *17,* 26-35. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2015.11.002

Caucci, P. G., & Asolan, P. (2009). *Cammini in Europa. Pellegrinaggi antichi e moderni tra Santiago, Roma e la Terra Santa*. Terre di Mezzo.

Committee of Ministers (CoE) (1993). *Statutory Resolutions 93(28) on Partial and Enlarged Agreements*.

Committee of Ministers (CoE) (1996). *Resolution 96(36) Establishing the Criteria for Partial and Enlarged Agreements of the Council of Europe*.

Committee of Ministers (CoE) (2007). *Resolution CM/Res(2007)12 on the Cultural Routes of the Council of Europe***.**

Committee of Ministers (CoE) (2010). *Resolution CM/Res(2010)52 on the rules for the award of the "Cultural Route of the Council of Europe" certification*.

Committee of Ministers (CoE) (2010). *Resolution CM/Res(2010)53 establishing an Enlarged Partial Agreement on Cultural Routes*.

Committee of Ministers (CoE) (2013). *Resolution CM/Res(2013)66 confirming the establishment of the Enlarged Partial Agreement on Cultural Routes*.

Committee of Ministers (CoE) (2013). *Resolution CM/Res(2013)67 revising the rules for the award of the "Cultural Route of the Council of Europe" certification*.

Committee of Ministers (CoE) (2023). *Resolution CM/Res(2023)2 revising the rules for the award of the "Cultural Route of the Council of Europe" certification*.

Corbetta, P. (2014). *Metodologia e tecniche della ricerca sociale*. Bologna, Il Mulino.

Council of Europe (2015). *Cultural Routes Management: from theory to practice. Step-by-step guide to the Council of Europe Cultural Routes.* Printed at the Council of Europe.

Council of Europe (2016). *Cultural Routes of the Council of Europe*. Printed at the Council of Europe.

Denu, P. (2015). The Evolution of the Council of Europe Cultural Routes Programme. In Council of Europe (Ed.), *Cultural Routes Management: from theory to practice. Step-by-step guide to the Council of Europe Cultural Routes* (pp. 7-13). Printed at the Council of Europe.

European Institute of Cultural Routes (2024). *Cultural Routes of the Council of Europe Programme*. *Activity Report 2023*. Luxemburg.

Genovese, R. A. (2016). Cultural Routes between East and West: a network for cooperation between Mediterranean cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *223*, 619-625. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.369

Majdoub, W. (2010). Analyzing cultural routes from a multidimensional perspective. *AlmaTourism*, *2*, 29-37.

Manz, K. (2020) *Cultural Routes of the Council of Europe Evaluation Cycle 2019-2020. Expert report "Via Romea Germanica"*. https://www.coe.int/en/web/cultural-routes/candidate-networks-2019-2020-

Martens D. (2022). The experience of common European heritage: A critical discourse analysis of tourism practices at Cultural Routes of the Council of Europe. *Journal of European Landscapes*, *3*, 45-59. https://doi.org/10.5117/JEL.2022.3.82504

Öztürk, S. Ç., & Aktuğlu Aktan, E. Ö. (2024). A cultural route recommendation based on optimization techniques in urban spaces. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, *19*(9), 3417-3430. https://doi.org/10.18280/ijsdp.190912

Porcelloni, L. (2021). Pilgrimage and hospitality along the via Francigena: revitalisation of rural areas and therapeutic mobilities*. Turismo e Psicologia*, *14*(1), 69-82.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Porcelloni, L., Balzaretti, R., & Watkins, C. (2023). Tracing the Identity and Mobilities of a Rediscovered Medieval Route Network: Via Francigena (1695-2020). *Geotema*, *73*, 3-16.

Ronza, M. (2020). Itinerari culturali e identità territoriale. La Via Francigena nel Mezzogiorno d'Italia tra prospettive europee e criticità locali. Il caso della Campania. *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia*, *168*, 78-93.

Severo, M. (2017). European Cultural Routes: Building a Multi-Actor Approach. *Museum International*, *69*(1-2), 138-145. https://doi.org/10.1111/muse.12157

Stopani, R. (2006). *La via Francigena: Storia di una strada medievale*. Firenze, Le Lettere.

Ward-Perkins, D., & Tüdes, G. (2016). Transnational Tourism Routes: the Pan-European Picture. In L. Ochoa Siguencia, M. Gomez-Ullate, & K. Afroditi (Eds.), *Cultural Management and Tourism in European Cultural Routes: from theory to practice* (pp. 26-33). Czestochowa, Publishing House of the Research and Innovation in Education Institute.

Zabbini, E. (2012). Cultural Routes and Intangible Heritage. *AlmaTourism, 5*, 59-80.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Évaluation de l'érosion potentielle et suivi de la dynamique des ravins dans le Haut Ouergha (Rif Central, Maroc)

Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco)

Evaluación de la erosión potencial y monitoreo de la dinámica de cárcavas en el Alto Ouergha (Rif Central, Marruecos)

Khadija El Ouazani Ech-Chahdi
khadija.elouazaniechachahdi@usmba.ac.ma 0009-0000-2888-2998
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Département de Géographie.
FLSH-Sais, Fez. BP 59 Route Immouzer. CP 30000 Fès, Maroc.

Abdelaziz EL-Bouhali
a.elbouhali@uiz.ac.ma 0000-0003-2581-4580
Université Ibn Zohr. Laboratoire ESEAD, FLASH. Route Nationale N°10 cite d'Azrou. 80000 Ait Melloul, Maroc.

Mhamed Amyay
mhamedamyay@hotmail.com 0009-0004-4207-3539
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Département de Géographie.
FLSH-Sais, Fez. BP 59 Route Immouzer. CP 30000 Fès, Maroc.

INFO ARTÍCULO

Reçu : 15-03-2025
Révisé : 23-04-2025
Accepté :25-04-2025

MOTS-CLÉS

Potentiel érosif
Formes d'érosion
Morpho-dynamique
Bassin versant de l'oued Boumlal
Maroc

RÉSUMÉ

Dans le Rif marocain, l'érosion hydrique constitue un facteur majeur de dégradation des terres et des infrastructures. La fragilité des milieux naturels, associée à des pratiques anthropiques inappropriées, accentue ce phénomène. Dans cette étude, nous avons focalisé notre investigation sur l'évaluation du potentiel érosif et le suivi de la dynamique des ravins dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Haut Ouergha), par l'application de l'approche PAP/CAR et des mesures sur terrain. Les résultats obtenus révèlent que ce bassin versant est soumis à une forte intensité d'érosion hydrique, mettant en évidence sa fragilité qui peut entraîner la production d'une grande quantité de sédiments. L'analyse des états érosifs indique que les zones fortement affectées par les différentes formes d'érosion couvrent environ 31 % de la superficie totale du bassin. L'intersection des formes d'érosion avec les facteurs causaux a permis d'évaluer l'influence de chaque paramètre sur la dégradation des sols. À la suite de cette superposition, nous avons estimé la superficie impactée par chaque forme d'érosion en fonction des formations lithologiques, des pentes, de l'exposition des versants et de l'occupation des sols. De plus, nous avons entrepris un suivi de la dynamique des ravins dans la zone d'étude afin de comprendre le rythme et les mécanismes intervenant dans leur évolution morphologique. Les résultats des campagnes de mesures sur le terrain indiquent que les caractéristiques morphologiques des ravins varient en fonction des interventions humaines et des conditions environnementales. Ainsi, la morphodynamique du ravinement dans la zone étudiée est régie par plusieurs processus, notamment l'érosion régressive, le creusement et l'affouillement du fond, l'élargissement par sapement des berges et le colmatage total par glissements.

KEYWORDS

Erosive potential
Erosion forms
Morphodynamics
Boumlal watershed
Morocco

ABSTRACT

In the Moroccan Rif, water erosion plays a significant role in the degradation of land and infrastructure. The susceptibility of natural environments, along with inappropriate human activities, amplifies this phenomenon. In this study, we focused our investigation on evaluating the erosive potential and monitoring the dynamics of gullies in the Boumlal watershed (Upper Ouergha) by applying the PAP/CAR approach

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04
Formato de cita / Citation: El Ouazani Ech-Chahdi, K., El-Bouhali, A., & Amyay, M. (2026). Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco). *Revista de Estudios Andaluces* (51), 67-87. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04
Correspondencia autores: khadija.elouazaniechachahdi@usmba.ac.ma (Khadija El Ouazani Ech-Chahdi)

and field measurements. The obtained findings reveal that this basin experiences intense water erosion, highlighting its vulnerability, which can lead to the production of a large quantity of sediments. The analysis of erosive states indicates that areas severely affected by different forms of erosion cover approximately 31% of the total watershed area. The intersection of erosion types with causal factors allowed us to assess the influence of each parameter on soil degradation. Through this overlay analysis, we estimated the surface area impacted by each form of erosion based on lithological formations, slopes, slope exposure, and land use. Moreover, we conducted a monitoring study of gully dynamics in the research area to understand their morphological evolution and the mechanisms involved. The results from field measurement campaigns indicate that the morphological characteristics of gullies vary depending on human interventions and environmental conditions. Thus, gully morphodynamics in the study area is governed by several processes, including regressive erosion, deepening and scouring of the gully bed, widening due to bank undercutting, and complete infilling caused by landslides.

PALABRAS CLAVE

Potencial erosivo
Formas de erosión
Morfo-dinámica
Cuenca del Oued Boumlal
Marruecos

RESUMEN

En el Rif marroquí, la erosión hídrica constituye un factor importante en la degradación de tierras e infraestructuras. La fragilidad de los entornos naturales, combinada con intervenciones humanas inapropiadas, agrava este fenómeno. En este estudio, nos centramos en la evaluación del potencial erosivo y el seguimiento de la dinámica de los barrancos en la cuenca del Oued Boumlal (Alto Ouergha), mediante la aplicación del enfoque PAP/CAR y mediciones de campo. Los resultados obtenidos revelan que esta cuenca está sometida a una alta intensidad de erosión hídrica, lo que destaca su fragilidad y su potencial para generar una gran cantidad de sedimentos. El análisis de los estados erosivos muestra que las zonas fuertemente afectadas por las distintas formas de erosión cubren alrededor del 31% de la superficie total de la cuenca. La intersección de las formas de erosión con los factores causales permitió evaluar la influencia de cada parámetro en la degradación del suelo. Tras esta superposición, estimamos la superficie afectada por cada forma de erosión en función de las formaciones litológicas, las pendientes, la exposición de las laderas y el uso del suelo. Además, realizamos un seguimiento de la dinámica de los barrancos en la zona de estudio para comprender el ritmo y los mecanismos involucrados en su evolución morfológica. Los resultados de las campañas de medición de campo indican que las características morfológicas de los barrancos varían según las intervenciones humanas y las condiciones ambientales. Así, la morfo-dinámica del barranco en la zona estudiada está regida por varios procesos, entre ellos la erosión regresiva, el escarbado y aflojamiento del fondo, el ensanchamiento por desmoronamiento de las orillas y el colmatado total por deslizamientos.

1. INTRODUCTION

La région méditerranéenne est considérée parmi les zones qui enregistrent une grave dégradation des milieux naturels (Kosmas *et al*., 2000; El-Bouhali *et al*., 2024a; El-Bouhali *et al*., 2024b) sous l'effet de la combinaison des facteurs naturels et anthropiques. Dans ces régions, l'érosion hydrique contribue largement à l'altération des terres, en raison des longues périodes de sécheresse suivies de précipitations intenses, ainsi que de la prédominance de pentes abruptes et de sols fragiles (El Ouazani Ech-Chahdi *et al*., 2025a). La dégradation des terres se traduit par l'augmentation de l'intensité de l'érosion hydrique qui est une cause majeure de la perte de la productivité des terres et la désertification (Karamesouti *et al*., 2015). La production de grandes quantités de sédiments par l'érosion hydrique a entraîné une détérioration préoccupante des terres (perte de fertilité des sols, baisse de la production…) et des infrastructures (routes, barrages…).

Au Maroc, 40 % des terres sont affectées par l'érosion hydrique (Ayt Ougougdal *et al*., 2020). Ce phénomène a fait l'objet de plusieurs études (Moukhchane, 2002; Chaaouan *et al*., 2013; Tribak *et al.*, 2015; El-Bouhali *el al*., 2019; Hmamouchi *et al*., 2020; El-Ommal & Tribak, 2023; El Ouazani Ech-Chahdi *et al.,* 2025a) par l'utilisation des différentes méthodes et approches (RUSLE, EPM, PAP/CAR, Simulation, …). Ces dernières années, l'étude de l'érosion hydrique dans plusieurs régions s'est appuyée sur l'utilisation de méthodes d'analyse multicritère, telles que l'AHP (Analytic Hierarchy Process), qui intègre divers facteurs d'érosion (Kaddar *et al*., 2025; Ziadi *et al*., 2025). Les résultats obtenus indiquent que l'intensité de l'érosion varie selon les bassins,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque milieu et de la méthode appliquée. La quantité de sédiments issue de l'érosion hydrique diffère selon les régions, mais les montagnes du Rif se distinguent par les taux de sédimentation les plus élevés à l'échelle nationale (Sabir *et al*., 2002; Iaaich *et al*., 2016). Dans cette région du Maroc, l'érosion hydrique constitue une cause majeure de la perte des terres et d'envasement des barrages (El Mazi *et al*., 2022). Selon le ministère de l'Aménagement du Territoire, les barrages perdent chaque année environ 125 millions m^3 de leur capacité de stockage initiale (Ayt Ougougdal *et al*., 2020).

Ce risque préoccupant, qui affecte à la fois les terres et les infrastructures dans les montagnes du Rif, est étroitement liée à la présence des pentes abruptes, à l'absence ou à l'insuffisance du couvert végétal, à la prédominance de formations lithologiques friables, la brutalité et à la concentration spatiotemporelle des précipitations. De plus, la surexploitation des versants par des activités anthropiques inadaptées (défrichement excessif, agriculture sur pentes raides, surpâturage) aggrave le phénomène de l'érosion hydrique. L'interaction de ces facteurs favorise le développement des différentes formes d'érosion hydrique, à savoir l'érosion en nappe, le ravinement, le ravinement généralisé, les glissements de terrain et les éboulements rocheux. Parmi les processus érosifs les plus répandus dans les milieux rifains, l'érosion par ravinement émerge comme un indicateur de la dégradation des terres (Naimi *et al*., 2002).

L'érosion par ravinement constitue un risque environnemental préoccupant, qui menace de nombreuses régions à travers le monde (Ionita *et al*., 2015; Li *et al*., 2015). C'est un signe important de la dégradation des terres, suite à la forte production des sédiments (Poesen *et al*., 2003). Torri *et al.* (1994) indiquent que les pertes en sol produit par les ravines peuvent atteindre 100 à 200 t/ha^{-1} an^{-1}. Ces pertes en sol peuvent atteindre 800 t/ha^{-1} an^{-1} en haute province en France (Mathys *et al.*, 2003). En Tunisie, le ravinement peut générer 10 à 50 fois plus de sédiments que l'érosion diffuse à l'échelle du versant (Rebai *et al*., 2013). Au Maroc, Naimi *et al.* (2002) indiquent que l'érosion par ravinement dans le bassin versant de Nakhla (Rif occidental) entraîne une perte totale de sols de 187 tonnes, soit 35,95 tonnes par hectare, pour la période du 28/11/1997 au 12/06/1998. Le suivi de l'évolution spatio-temporelle des ravins dans le temps est essentiel pour mettre en œuvre des mesures de conservation des sols. En outre, comprendre leur dynamique temporelle est essentiel pour identifier les causes et les conséquences de la dégradation des terres (Frankl *et al*., 2013). Dans ce contexte, de nombreuses études ont examiné l'évolution des ravins, en mettant l'accent sur l'analyse de leur morphologie et des processus qui influencent leur dynamique (Tribak, 1998; Naimi *et al.,* 2002; Frankl *et al.,* 2013; Achim, 2019; Rebai *et al.,* 2013).

Dans l'étude des ravins, le suivi de l'évolution de leur morphologie constitue un indicateur essentiel pour comprendre leurs dynamiques. Les caractéristiques morphologiques des ravins sont influencées par les pratiques humaines (occupation des sols) et par les conditions environnementales, telles que le climat, le sol, la lithologie et la topographie (Conoscenti *et al.,* 2014; Deng *et al.,* 2015). Ce travail se focalise sur l'évaluation du potentiel érosif et le suivi spatio-temporel de la dynamique des ravins dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Haut Ouergha). Plus précisément, une cartographie de l'érosion potentielle et des différentes formes d'érosion dans le bassin sera établie, suivie d'une analyse de ces formes en lien avec les caractéristiques naturelles et anthropiques. Par ailleurs, le suivi de l'érosion par ravinement dans le bassin versant de l'oued Boumlal, à travers des mesures sur terrain, pour analyser le rythme et les processus de son évolution. La diversité des caractéristiques des milieux (topographie, climat, occupation des sols, lithologie, etc.) dans ce bassin constitue un élément important pour étudier l'évolution des ravins dans divers contextes.

2. ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de l'oued Boumlal, situé dans le Rif central, il occupe la partie sud-ouest du bassin versant d'Ouergha (figure 1) et s'étend sur une superficie d'environ 42 km^2. Administrativement, il fait partie des provinces de Taounate et d'Al-Hoceima. La dynamique des versants dans ce bassin est influencée par multiples facteurs interconnectés. Leur interaction engendre une diversité de formes d'instabilité des versants. Par ailleurs, un contraste marqué entre l'amont et l'aval du bassin, sur les plans bioclimatique, hydrologique, topographique et géologique, joue un rôle déterminant dans la répartition des différentes formes d'érosion.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Le contexte climatique, principal facteur de ruissellement et de transport des sédiments, se caractérise par des précipitations orageuses intenses, concentrées dans le temps et l'espace. De plus, la prédominance de formations lithologiques tendres et imperméables (marnes, argiles, flyschs, etc.), combinée à des pentes généralement moyennes à très fortes, favorise un déplacement rapide de grandes quantités de matériaux. Le couvert végétal, insuffisant pour protéger les versants sur plus de la moitié du bassin (El-Bouhali *et al.,* 2019) avec une tendance accélérée du défrichement pour la mise en culture du cannabis dans la partie amont. L'impact anthropique dans la zone d'étude aggrave la dégradation des terres, en raison de la forte densité de population (plus de 100 hab/km^2) qui exerce une pression continue sur les ressources naturelles. Cette pression se manifeste par des pratiques inadéquates d'exploitation des versants, notamment le défrichement massif des forêts pour étendre les surfaces cultivables et le surpâturage intensif. Par ailleurs, les techniques d'aménagement des terres, souvent traditionnelles restent insuffisants et leur effet antiérosif est limité spatialement. En outre, les transformations socio-économiques impactent leur durabilité : l'absence de nouvelles initiatives d'aménagement, l'exode rural, la succession des années sèches et les changements de mode de vie réduisent l'extension et l'efficacité de ces techniques. L'analyse des facteurs générateurs, accélérateurs et régulateurs montre que le bassin versant de l'oued Boumlal réunit des conditions particulièrement propices au déclenchement de l'érosion hydrique (El Ouazani Ech-Chahdi *et al.,* 2025a) et à la désertification (El Ouazani Ech-Chahdi *et al.,* 2020).

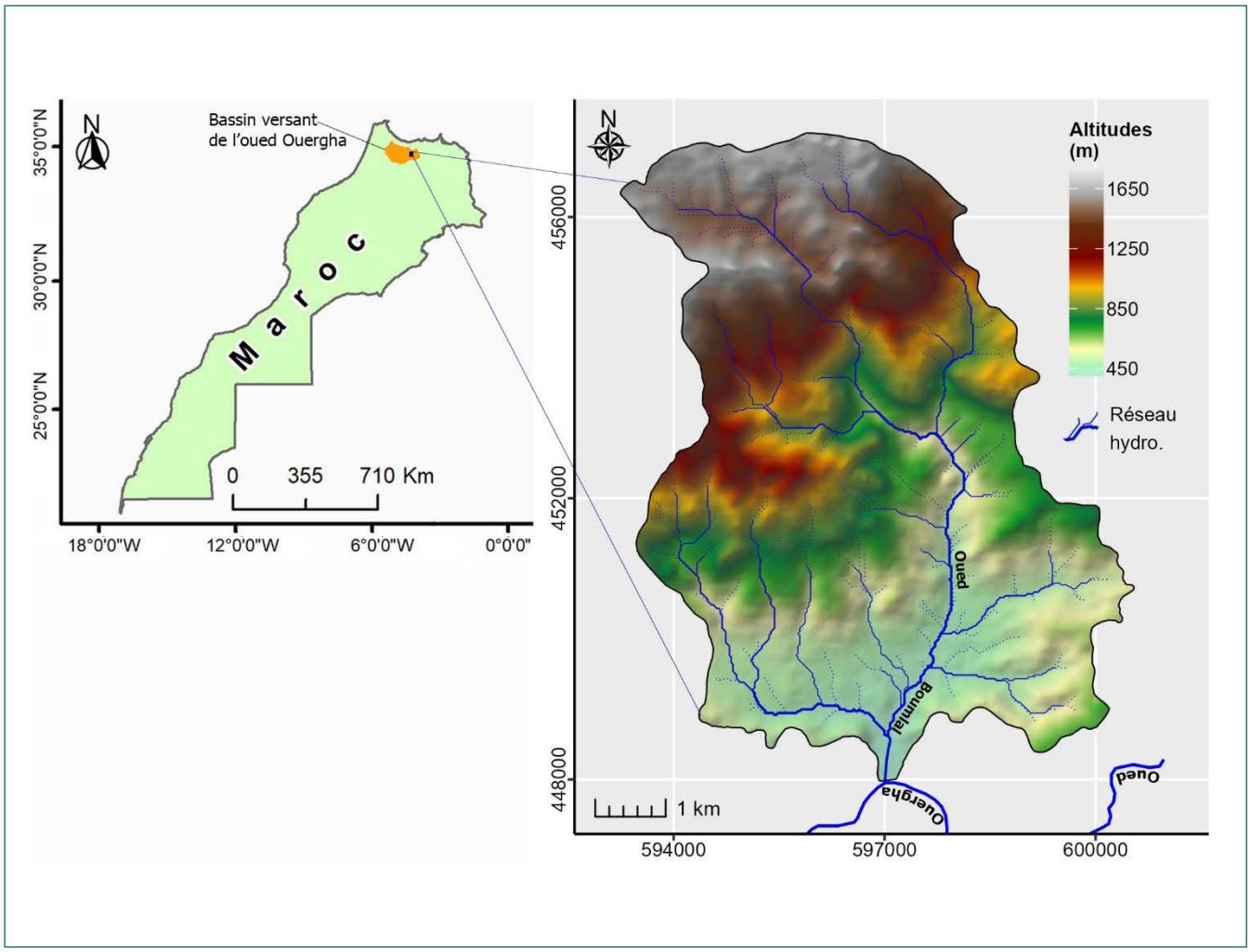


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude. Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

3. MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES

Les objectifs de cette étude reposent sur l'utilisation de données multi-sources, telles que les images satellites (Landsat 8 et les images Google Earth), le modèle numérique de terrain (MNT), la carte géologique et les observations/mesures de terrain, ainsi que sur une approche méthodologique pluridisciplinaire. Le traitement des données et l'application des étapes méthodologiques ont été réalisés à l'aide des systèmes d'information géographique (SIG) et du logiciel RStudio. L'exploitation de ces données issues de diverses sources a permis d'établir un diagnostic de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Haut Ouergha) et de fournir des informations essentielles sur les facteurs contribuant à la dégradation des terres.

3.1. Travail de terrain

Il est indéniable que le travail de terrain constitue une étape essentielle dans la recherche géographique, car il permet d'obtenir des informations précises sur la problématique étudiée. Cette démarche repose sur la réalisation de plusieurs missions sur le terrain afin d'analyser les caractéristiques de la zone d'étude, les types d'occupation du sol et les différentes formes de dégradation des milieux. Elle vise également à identifier les processus impliqués dans la dynamique des versants.

Afin d'illustrer de manière précise la dynamique érosive dans le secteur d'étude, des mesures ont été effectuées sur le terrain à différentes sections des ravins (figure 2). Ces relevés permettent de suivre l'évolution spatio-temporelle de la morphologie des ravins. L'objectif principal est d'apporter des réponses aux questions suivantes : quels sont les processus impliqués dans la dynamique des ravins ? Quel est le rythme de cette dynamique ? Est-ce que les ravins réagissent avec les processus d'érosion de la même façon ? Les mesures effectuées sur l'ensemble des ravins prennent en compte la variation des sites d'observation en fonction de l'occupation des sols, de la pente, de la lithologie, etc. Les dimensions mesurées (longueur, largeur et profondeur) sont immédiatement consignées sur une fiche technique. Bien que la modélisation offre une évaluation qualitative et quantitative de l'érosion hydrique et fournisse des informations importantes sur l'ampleur de la dynamique des versants, les relevés de terrain restent essentiels pour valider les observations obtenues et vérifier la fiabilité des modèles utilisés.

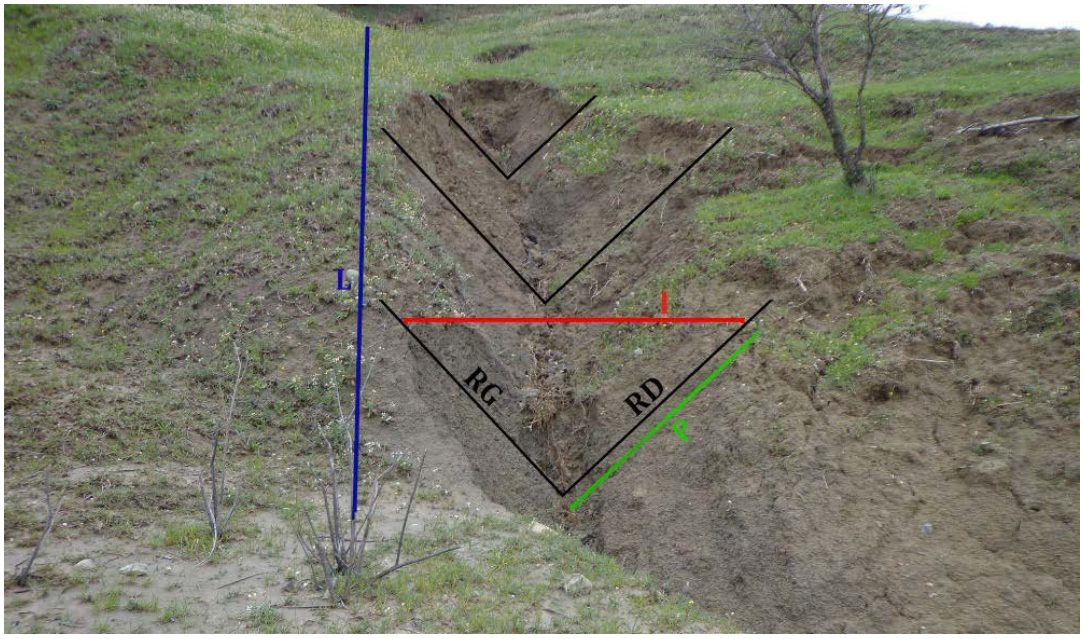


Figure 2. Illustration des sections mesurées des ravins étudiés pour mettre en évidence leur évolution morphologique. **L** : Langueur (m), **l** : largeur (m), **P** : Profondeur. RG : Rive gauche, RD : Rive droit. Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

3.2. Évaluation qualitative de l'érosion hydrique

Dans le Rif, l'évaluation qualitative et quantitative de l'érosion hydrique repose sur l'utilisation de divers modèles et approches, tels que USLE, RUSLE, EPM et PAP/CAR (Chaaouan *et al*., 2013 ; Khali Issa *et al*., 2016 ; El-Bouhali *et al*., 2019 ; Tahouri *et al*., 2022 ; El Ouazani Ech-Chahdi *et al*., 2025a). Dans cette étude, l'évaluation du potentiel érosif du bassin versant de l'oued Boumlal est réalisée à l'aide de l'approche PAP/CAR. Cette approche poursuit un double objectif : à court terme, elle fournit un outil méthodologique et une source d'information pour la mise en œuvre de projets et de programmes de gestion et de lutte contre l'érosion et la désertification. À long terme, elle vise à mieux contrôler ces processus afin d'améliorer l'utilisation des terres et de rationaliser l'exploitation des ressources. L'intérêt de cette approche est de fournir pour chaque facteur de l'érosion, une quantification et une cartographie qui est un outil important pour le diagnostic des zones les plus sensibles à l'érosion. Les SIG ont été utilisés pour analyser et cartographier les différentes caractéristiques de la zone d'étude, en particulier celles influençant les processus érosifs, telles que la pente, la lithologie, le couvert végétal et l'occupation des sols (PAP/CAR, 1998).

L'approche PAP/CAR repose sur trois phases principales : la phase prédictive, qui consiste à identifier les états érosifs ; la phase descriptive, qui caractérise les formes d'érosion observées ; et la phase d'intégration, qui croise ces formes avec les états érosifs afin d'analyser leur interaction. Les étapes suivies pour l'application de cette approche sont résumées dans la figure 2. Toutefois, une description détaillée de la méthodologie, ainsi que des matrices utilisées pour la cartographie et la combinaison des facteurs déterminants de l'érosion, peut être trouvée dans les directives PAP/CAR (1998). En parallèle avec l'évaluation du potentiel érosif, nous avons croisé les formes d'érosion avec les formations lithologiques, les pentes, l'exposition des versants et l'occupation des sols afin d'analyser l'influence de chaque paramètre sur la dégradation des sols.

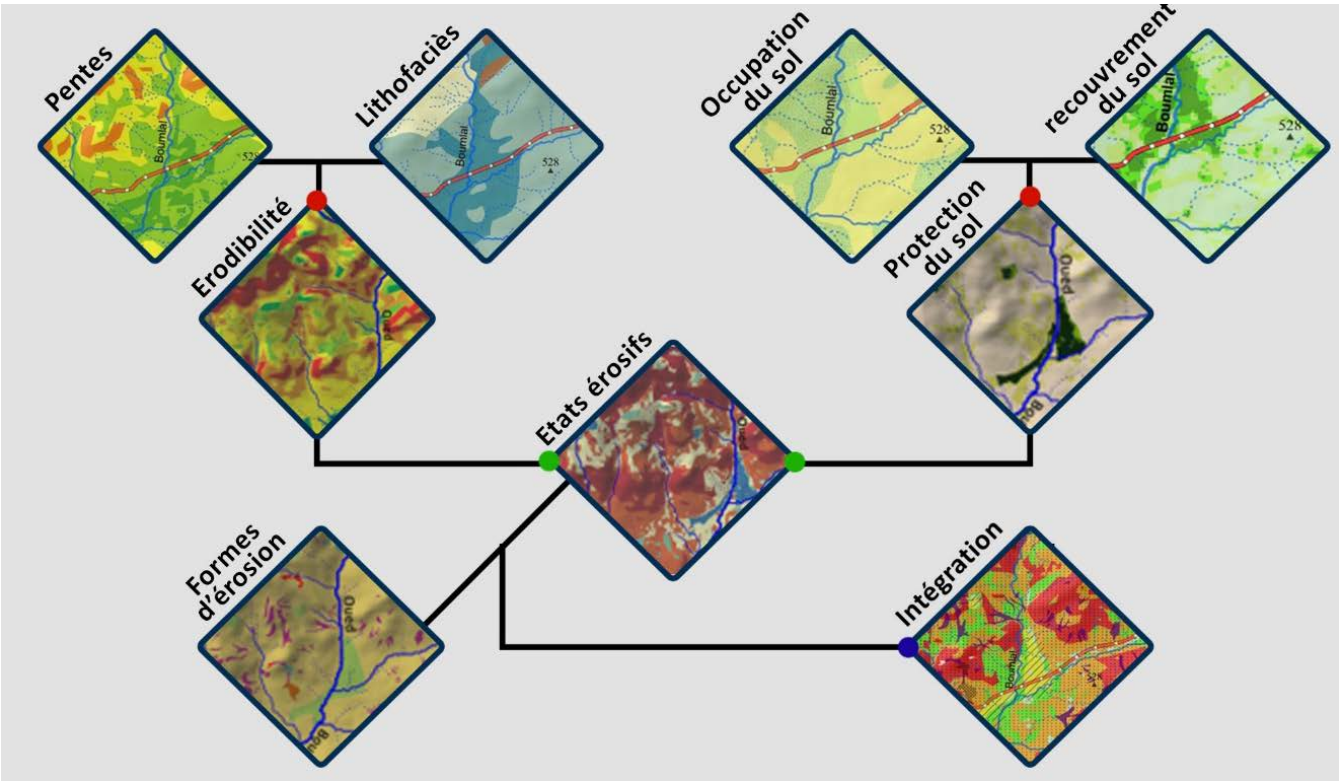


Figure 3. Schéma méthodologique adoptée pour l'approche PAP/CAR (PAP/CAR, 1998). Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

4. RÉSULTATS

4.1. Évaluation de l'érosion potentielle

L'application de l'approche PAP/CAR a permis d'évaluer l'érosion potentielle dans le bassin versant de l'oued Boumlal. Cette méthode permet de cartographier et d'identifier les zones les plus vulnérables à l'érosion hydrique. L'intégration de plusieurs facteurs influençant ce phénomène constitue la base de l'élaboration de la carte de protection des sols et de la carte d'érodibilité. La superposition de ces deux cartes permet ensuite de produire la carte des états érosifs/ l'érosion potentielle.

4.1.1. Degrés d'érodibilité et de protection des sols

La carte d'érodibilité (figure 4a) montre que le bassin versant de l'oued Boumlal est marqué par la prédominance de classe d'érodibilité moyenne qui occupe 42 % de la superficie. Les classes d'érodibilité élevée et très élevée couvrent 40 % de la zone d'étude, principalement sur des terrains aux pentes très abruptes et aux formations lithologiques fragiles (marnes, flysch). En revanche, les sols présentant une érodibilité faible à très faible ne représentent que 18 % de la superficie totale du bassin. Ces derniers se localisent principalement dans les zones à faibles pentes, notamment en aval du bassin, ou dans des secteurs caractérisés par des formations lithologiques résistantes (calcaires). La carte montre que, malgré des pentes faibles dans la partie médiane du bassin, elle se caractérise par une érodibilité élevée en raison de la dominance des formations lithologiques fragiles.

La carte de protection des sols (figure 4b), obtenue par la combinaison de la carte d'occupation des sols et de celle de la densité de recouvrement, révèle que les classes de protection faible à très faible couvrent la majeure partie de la zone d'étude, représentant environ 86 % de la superficie totale. Ces zones sont caractérisées par un faible recouvrement, des plantations d'arbres clairsemées (oliviers, amandiers) et des terrains nus. Cela suggère qu'une partie importante du bassin est fortement exposée au risque de l'érosion hydrique. Les classes dont la protection du sol est considérée élevée à très élevée couvrent environ 10 % de la superficie totale du bassin et correspond aux forêts de *Chêne Vert* et *Pin d'Alpe*, les zones irriguées et les zones d'arboriculture dense. La classe de protection moyenne s'étale sur environ 4 % de la superficie du bassin, dans des zones caractérisées par une densité végétale moyenne (matorral et cultures en linges).

4.1.2. L'érosion potentielle

La carte des états érosifs (figure 4c) représente le résultat final de la phase prédictive de l'approche PAP/CAR. Elle est élaborée par la superposition de la carte d'érodibilité et celle de la protection des sols, selon la matrice définie par les directives PAP/CAR, (1998). L'application de l'approche PAP/CAR révèle que le bassin versant de l'oued Boumlal subit une forte intensité d'érosion hydrique. Cela souligne sa fragilité, qui peut entraîner la production d'une grande quantité de sédiments. D'après la carte des états érosifs, trois zones à intensités d'érosion variables ont été distinguées.

Les zones stables correspondent à des milieux où l'érosion est faible à très faible. Elles représentent environ 12 % de la zone d'étude (figure 4c). Ces zones sont fortement protégées par un couvert végétal dense, assurant une protection élevée des sols. Elles se distinguent également par la présence des formations lithologiques très résistantes (calcaires) et par des pentes faibles. L'érosion en nappe est principalement observée dans ces zones.

Les zones instables concernent les milieux soumis à une érosion moyen à élevée, occupant une superficie significative d'environ 57 % de superficie de la zone d'étude. Elles se trouvent dans des milieux fragiles, caractérisés par des versants pentus, des terres cultivées (terres des cultures pluviales), des formations lithologiques imperméables (argiles, marnes, flyschs) et des sols insuffisamment protégés par la végétation.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

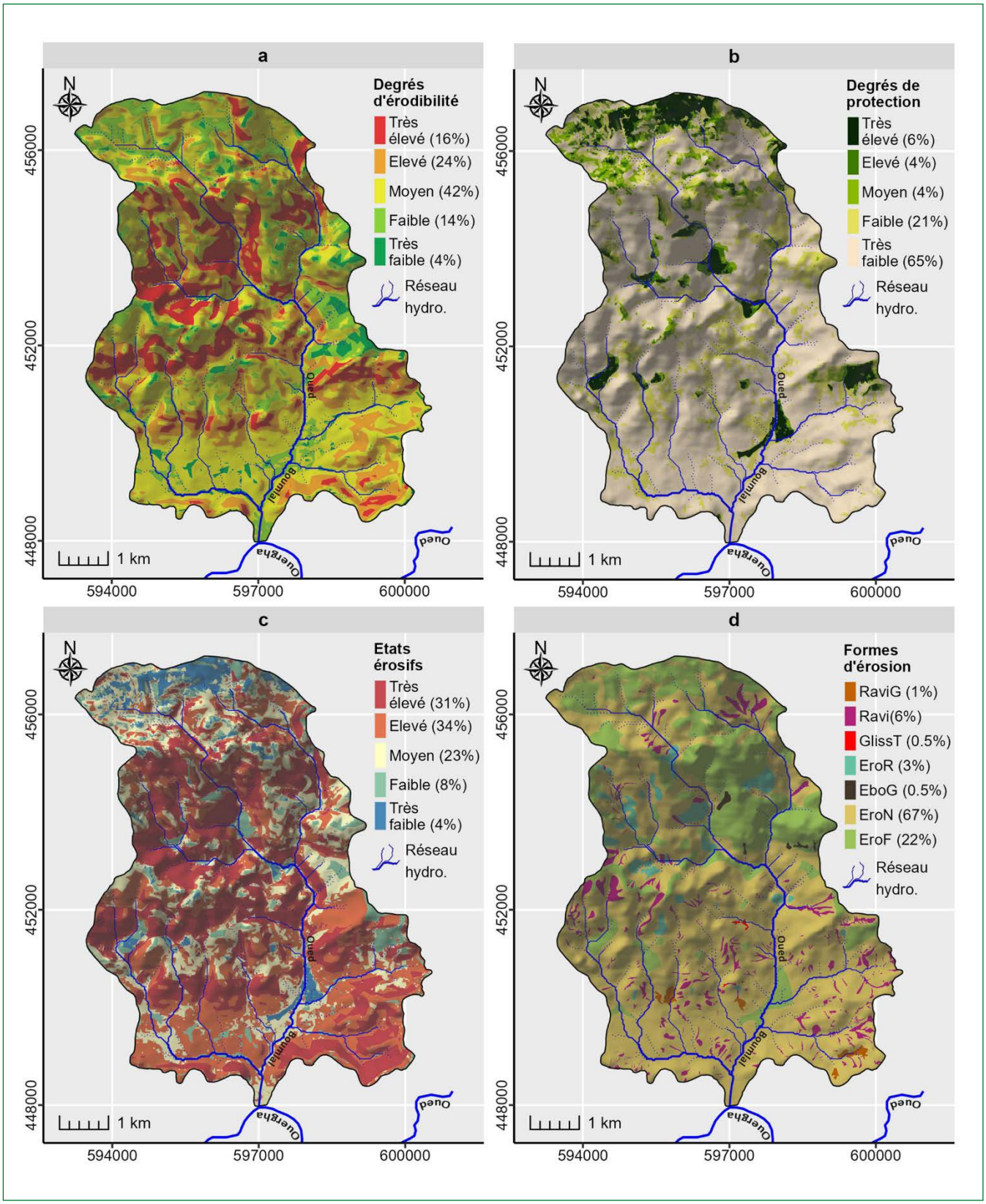


Figure 4. Évaluation du potentiel érosif et répartition des formes d'érosion dans le bassin versant de l'oued Boumlal. a) Degrés d'érodibilité. b). Degrés de protection. c) Etats érosifs. d) Formes d'érosion : RaviG (Ravinement généralisé), Ravi (Ravinement), GlissT (Glissement de terrain), EroR (Erosion en rigoles), EroN (Erosion en nappe), EroF (Erosion faible). Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Les zones critiques englobent les terrains affectés par diverses formes d'érosion, telles que les glissements de terrain, le ravinement, le ravinement généralisé (badlands) et l'érosion par sapement des berges. Ces zones représentent environ 31 % de la superficie totale du bassin. La vulnérabilité de ces milieux est accentuée par la présence de formations argileuses et marneuses, qui sont particulièrement sensibles à l'érosion en raison de leur faible résistance mécanique. Ces terrains sont souvent le résultat de pratiques anthropiques mal entretenues, telles que des techniques agricoles inappropriées, une déforestation excessive et un manque de gestion des sols (manque d'entretien des techniques traditionnelles). Les sols de ces zones sont mal protégés par la végétation, ce qui permet aux processus érosifs de se développer rapidement, entraînant une dégradation des versants et une perte importante de sols. Ces milieux constituent une menace majeure pour la productivité des terres et pour la stabilité des infrastructures environnantes.

4.2. Diversité des formes d'érosion dans le bassin versant de l'oued Boumlal

Le bassin versant de l'oued Boumlal se caractérise par une forte dynamique d'érosion hydrique, résultant de plusieurs facteurs : des pentes abruptes, un couvert végétal incapable de protéger les sols, la prédominance de formations lithologiques tendres, des précipitations intenses et irrégulières, ainsi qu'une exploitation excessive des versants par des activités anthropiques inadaptées. Ces éléments favorisent le développement de diverses formes d'érosion hydrique, telles que l'érosion en nappe, le ravinement, le ravinement généralisé, les glissements de terrain et les éboulements rocheux. La carte (figure 4d) indique que l'érosion en nappe affecte environ 67 % de la zone d'étude. Cette forme de dégradation constitue une menace directe pour la productivité des terres. En revanche, les badlands (ravinement généralisé), qui représentent le stade ultime de la dégradation des sols, occupent environ 1 % de la superficie totale du bassin. Ils sont particulièrement visibles dans la partie médiane, où la présence de formations marneuses qui favorisent leur développement.

L'érosion linéaire (les rigoles, griffes et ravinements) affecte environ 9 % de la superficie du bassin. Elle se développe principalement sur des terrains imperméables (marnes, flyschs...) et des versants pentus insuffisamment protégés par le couvert végétal. En revanche, les zones où l'érosion est faible couvrent environ 22 % de la zone d'étude. Elles se situent principalement sur les versants exposés au nord et au nord-ouest des hauts massifs, où la végétation, est relativement dense et joue un rôle protecteur. De plus, ces zones englobent les terrains irrigués situés le long de l'oued Boumlal et de ses affluents, les zones où les pentes faibles et la présence d'aménagements de lutte antiérosive. Les éboulis de gravité se localisent principalement sur les versants des hautes crêtes, avec une extension relativement restreinte, couvrant moins de 1 % de la superficie totale du bassin. Les glissements couvrent une superficie limitée d'environ 0.5 %, mais leur effet érosif est significatif sur les versants pentus, dénudés et fortement exploités par la population locale.

4.3. Intégration de la carte des états érosifs avec les formes d'érosion

L'intégration de la carte des états érosifs (données prédictives) et des formes d'érosion (données descriptives) permet d'obtenir des informations approfondies sur les différents aspects de l'érosion dans le bassin versant de l'oued Boumlal. L'analyse de ces données (figure 5) suggèrent une corrélation directe entre l'intensité des états érosifs et la gravité des formes d'érosion : plus la potentialité érosive est élevée, plus les processus érosifs sont marqués.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

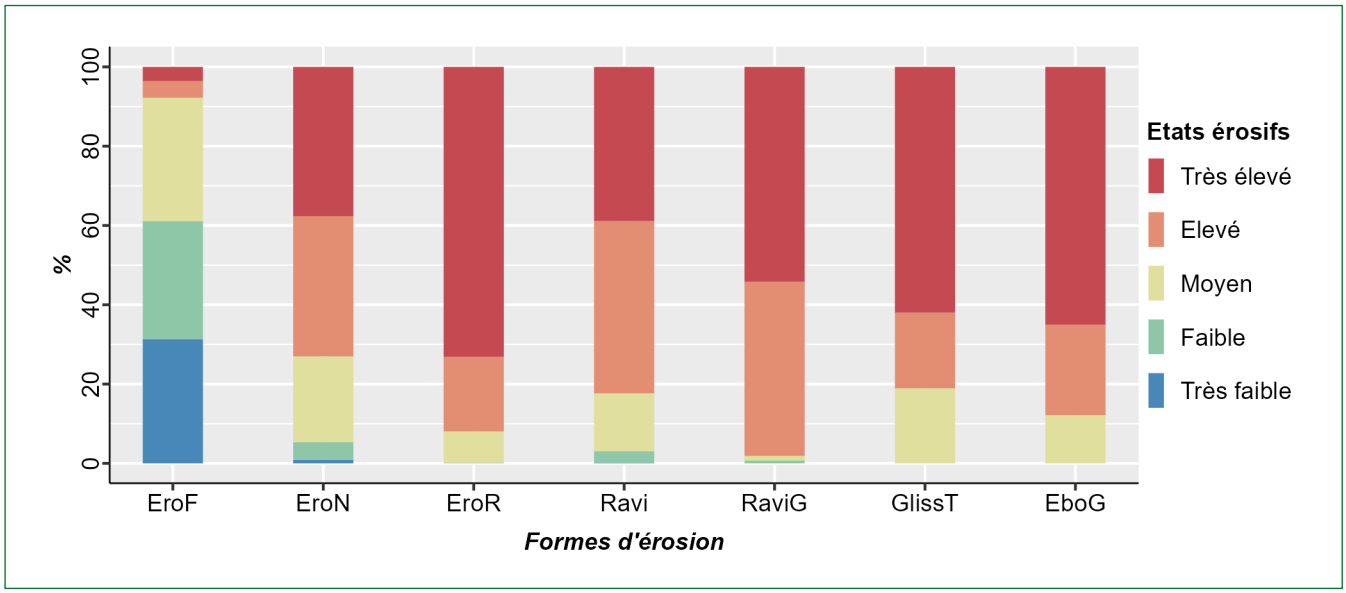


Figure 5. Intégration des formes d'érosion avec les états érosifs. RaviG (Ravinement généralisé), Ravi (Ravinement), GlissT (Glissement de terrain), EroR (Erosion en rigoles), EroN (Erosion en nappe), EroF (Erosion faible). Source : propre élaboration.

L'érosion en nappe est largement répandue dans l'ensemble du bassin versant étudié. Environ 77 % des surfaces touchées par ce type d'érosion se situent dans des zones classées à potentiel érosif élevé à très élevé. L'impact de l'érosion en nappe est d'autant plus préoccupant qu'elle entraîne une perte progressive de la couche fertile du sol, réduisant ainsi la productivité agricole et augmentant la vulnérabilité des sols à d'autres formes d'érosion plus sévères, telles que l'érosion en rigoles, le ravinement, le ravinement généralisé et les glissements de terrain. Ces différentes formes affectent principalement les zones où la potentialité érosive est élevée. En effet, plus de 80 % de ces processus se développent dans les secteurs classés en états érosifs élevés à très élevés, tandis qu'environ 20 % apparaissent dans les zones à érosion modérée. Enfin, plus de 90 % des milieux non affectés par l'érosion, ou où la probabilité d'occurrence de l'érosion est faible, se situent dans les classes des états érosifs allant de très faible à moyen. Ces milieux sont protégés par un couvert végétal dense et se distinguent par la dominance de formations lithologiques résistantes.

4.4. Intégration des formes de l'érosion en fonction des facteurs

Le bassin de l'oued Boumlal est soumis à une dynamique érosive très intense. L'intensité de l'érosion varie selon les zones, en fonction des facteurs causaux. Cet axe porte sur l'analyse et le traitement de la répartition spatiale des formes d'érosion en fonction de ces facteurs, à travers la superposition de la carte des formes d'érosion avec celles des formations lithologiques, des pentes, de l'exposition des versants et d'occupation des sols. Cette analyse nous a permis d'identifier le rôle de chaque facteur dans la dégradation des sols. À la suite de cette superposition, nous avons estimé la superficie affectée par chaque forme d'érosion en fonction des différents paramètres.

En fonction des formations lithologiques : le bassin versant de l'oued Boumlal présente une diversité lithologique marquée, dominée par les formations marneuses du Tertiaire, avec une prédominance des marnes tendres du Miocène. Ces formations renferment une forte proportion d'éléments fins, principalement des limons et des argiles. Le facteur lithologique joue un rôle déterminant dans la dynamique érosive et la répartition des différentes formes d'érosion au sein de la zone d'étude.

L'intégration des formes d'érosion en fonction de la lithologie (figure 6) montre que les éboulements sont localisés dans les formations calcaires. En revanche, les différentes formes d'érosion affectent les

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

marnes, les marno-calcaires, les pélites, les grès, les alluvions et le flysch. Le décapage et le ruissellement diffus impactent la majorité de ces formations. Cependant, les ravinements profonds, les badlands et les glissements sont plus fréquents sur les formations marneuses, particulièrement vulnérables à l'érosion. En outre, l'érosion faible se trouve dans les zones où les formations lithologiques sont plus résistantes, ou lorsque les formations tendres bénéficient d'une protection végétale suffisante ou se situent sur des pentes faibles. Généralement, le bassin versant de l'oued Boumlal se caractérise par un substrat imperméable, principalement constitué de formations marneuses, notamment dans sa partie avale. Ces conditions favorisent le développement du ruissellement superficiel, qui s'intensifie sur des terrains vulnérables et contribue ainsi de manière significative à la genèse et à la répartition des différentes formes d'érosion hydrique, en particulier les ravines, les rigoles, les griffes, les glissements et le ravinement généralisé.

En fonction des pentes : La pente constitue un facteur clé dans les processus morphogénétiques des versants et influencent directement la répartition des formes d'érosion. Dans la zone d'étude, la majorité des formes d'érosion se développent sur des pentes moyennes. En effet, l'érosion en nappe, qui représente le stade initial de la dégradation des sols, affecte 66 % de la surface érodée. La figure 7 indique que cette forme d'érosion est présente sur toutes les classes de pente, avec une répartition d'environ 28 % sur les pentes faibles et très faibles, 60 % sur les pentes moyennes et 12 % sur les pentes fortes à très fortes. En revanche, les formes d'érosion par ravinement, ravinement généralisé, glissements de terrain et érosion en rigole se manifestent principalement sur des pentes moyennes à très fortes, avec une superficie qui dépasse 55 % dans tous les formes. D'après la figure 7, il apparaît que les formes d'érosion linéaires et en masse se développent sur des pentes moyennes dans près de la moitié des cas. Cependant, leur présence est limitée sur les pentes fortes à très fortes, cela est lié à d'autres facteurs qui interviennent dans la répartition des formes d'érosion.

En fonction d'exposition des versants : L'exposition des versants joue un rôle déterminant dans les processus érosifs. L'analyse de la distribution des formes d'érosion en fonction de l'orientation indique que les pentes orientées vers le sud sont les plus affectées par les différentes formes d'érosion. À l'inverse, les versants exposés à l'est présentent une prédominance des processus de glissements de terrain. Cette variabilité des formes d'érosion selon l'orientation montre que les versants sud sont plus secs et donc moins protégés, tandis que les versants ouest bénéficient d'une humidité plus importante ce qui offre une meilleure protection contre l'érosion.

D'après la figure 8, 75 % de la superficie couverte par les badlands (ravinement généralisé) se situe sur les versants sud, 15 % sur les versants ouest et 10 % sur les versants nord. Une tendance similaire est observée pour le ravinement, dont 56 % de la surface concernée se trouve sur les versants sud et est. L'érosion en rigoles est également majoritairement localisée sur ces versants (73 %), tandis que les éboulis y sont présents à 100 %. De plus, 68 % des glissements de terrain se concentrent sur les versants d'exposition est. L'érosion en nappe affecte l'ensemble des versants, bien qu'elle soit particulièrement marquée sur ceux orientés au sud (60 %). En revanche, les zones où l'érosion est faible sont fortement concentrées sur les versants sud, couvrant 69 % de leur superficie. De manière générale, la relation entre la dynamique érosive et l'orientation des versants est bien établie dans la zone d'étude. Plus de 60 % des versants du bassin versant de l'oued Boumlal sont exposés au sud et connaissent une concentration significative des différentes formes d'érosion hydrique.

En fonction d'occupation des sols : L'homme, par ses activités inadaptées sur les versants, constitue le principal facteur qui amplifie l'intensité de l'érosion. Le défrichement des forêts et des parcours naturels, le surpâturage, la mise en culture des terres en pente, les incendies et la construction d'infrastructures, notamment routières, contribuent à l'augmentation de la susceptibilité des sols à la dégradation. L'analyse de la répartition des formes d'érosion en fonction de l'occupation des sols (figure 9) révèle que l'érosion est particulièrement concentrée dans les terrains cultivés, les zones de culture en ligne ainsi que dans les zones où les arbustes clairsemés et les pâturages dégradés. À l'inverse, les zones irriguées et les forêts denses sont moins affectées par l'érosion.

La dynamique érosive varie selon l'occupation des sols dans le bassin versant de l'oued Boumlal. Dans les zones de culture en ligne, plusieurs formes d'érosion sont prédominantes, avec des proportions significatives de leur surface totale : ravinement généralisé (80 %), ravinement localisé (54 %), glissements de terrain (72 %) et érosion en nappe (58 %). Ces formes d'érosion sont également bien représentées dans les terres cultivées et les parcours, où elles occupent des superficies importantes.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

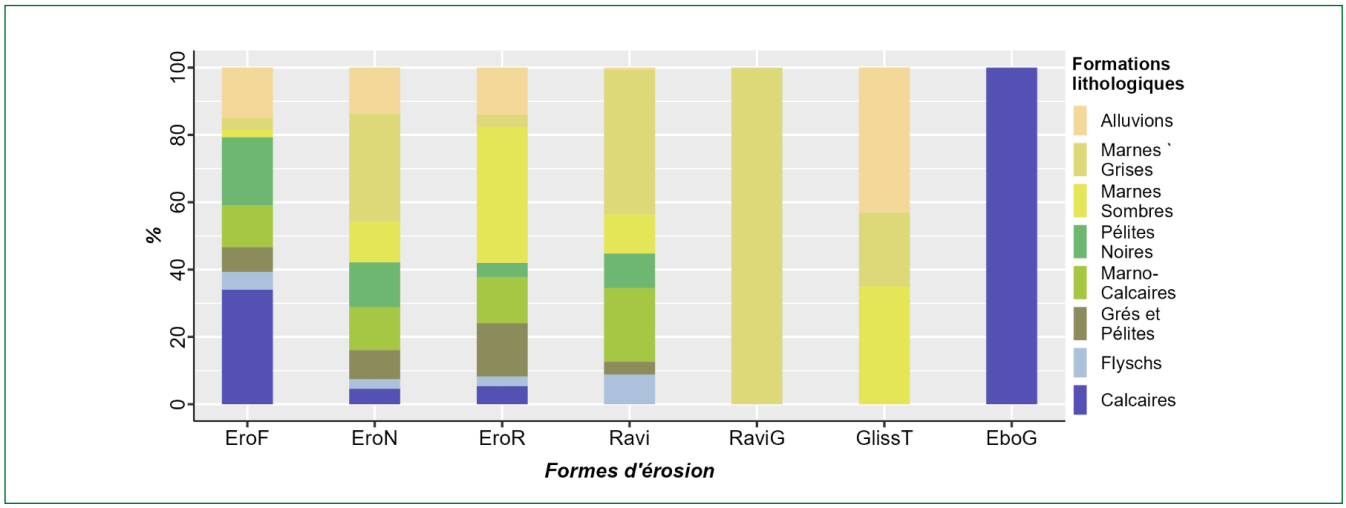


Figure 6. Distribution des formes d'érosion en fonction des formations lithologiques. Source : propre élaboration.

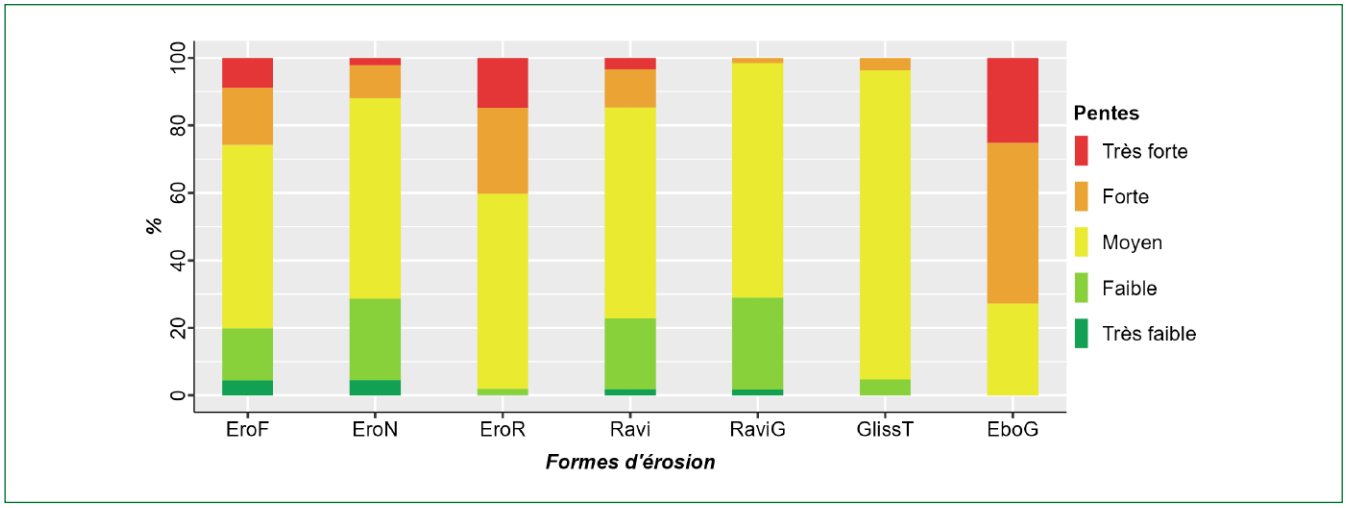


Figure 7. Distribution des formes d'érosion en fonction des pentes. Source : propre élaboration.

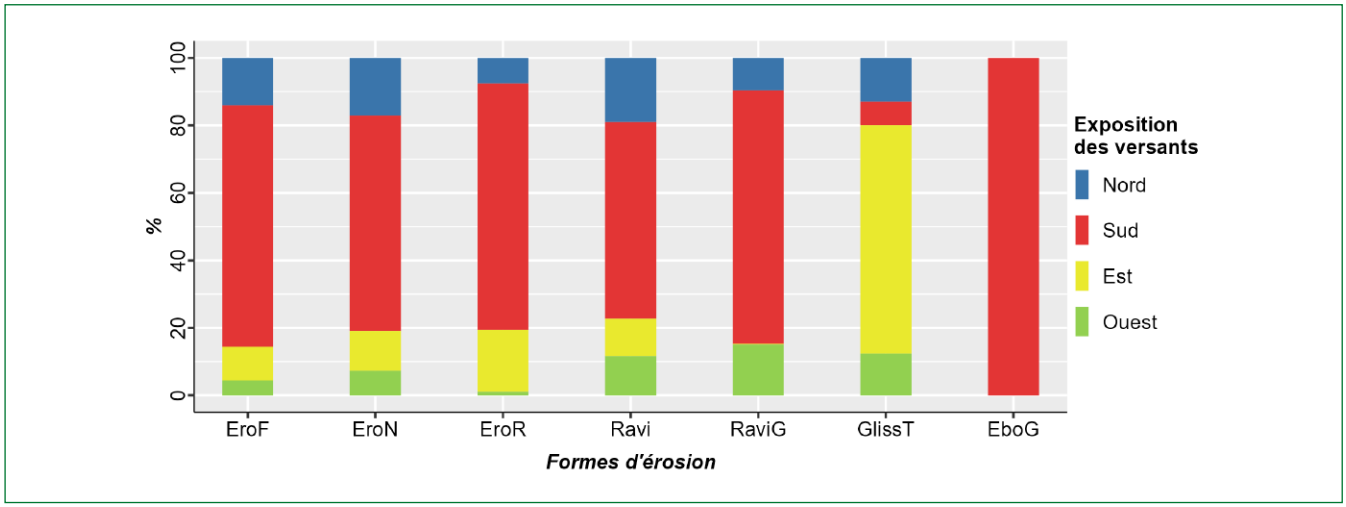


Figure 8. Distribution des formes d'érosion en fonction de l'exposition des versants. Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

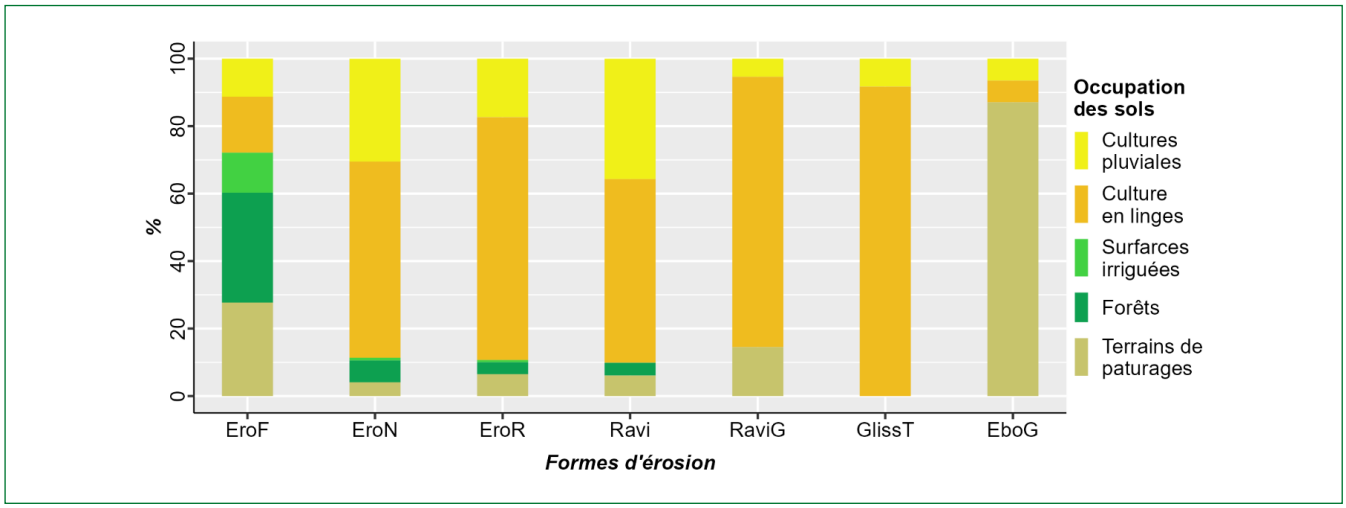


Figure 9. Distribution des formes d'érosion en fonction d'occupation des sols. Source : propre élaboration.

4.5. La dynamique des ravins : mesures et processus

Lorsque le ruissellement devient abondant, il se structure en un réseau hiérarchisé, acquiert suffisamment d'énergie pour éroder les sols et favorise la formation de griffes et de rigoles qui peuvent évoluer en ravines. Une ravine se forme lorsque l'incision du sol dépasse 50 cm de profondeur et devient irréversible par le labour (Roose, 2010). Selon la classification de Roose (1994), les ravines diffèrent en taille et en forme. En fonction de leur taille, on distingue les petits ravins, les ravines de taille moyenne et les grandes ravines torrentielles, qui peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres, avec un canal central tapissé de blocs rocheux, témoins d'un important charriage de pierres. D'un point de vue morphologique, deux types de ravines peuvent être distingués : les ravines en forme de V, qui se développent sur des matériaux tendres et homogènes (marnes, argilites, schistes tendres, grès tendres), et les ravines en forme de U, qui apparaissent sur des matériaux cohérents et hétérogènes. Dans le bassin versant de l'oued Boumlal, les ravines se caractérisent majoritairement par une forme en V, ce qui s'explique par la prédominance de formations lithologiques homogènes et tendres, notamment les marnes et les flyschs.

Le suivi de la morphologie des ravins constitue un indicateur clé de leur dynamique. Leurs caractéristiques morphologiques sont influencées par les interventions humaines et les conditions environnementales (Conoscenti *et al*., 2014). L'analyse de l'érosion par ravinement en lien avec les facteurs causaux montre que ce type d'érosion se développe principalement sur les terrains de cultures en lignes et sur des formations lithologiques peu résistantes (marnes grises et pélites noires). De plus, les ravines se forment principalement sur des pentes moyennes et des versants exposés au sud.

Dans la zone d'étude, le suivi des ravins a été réalisé à travers des mesures de terrain effectuées à trois niveaux : en amont, en zone médiane et en aval. Pour chaque section, nous avons analysé l'occupation des sols, la pente, l'altitude, l'exposition des versants ainsi que les caractéristiques lithologiques des sites étudiés, afin de mieux comprendre leur évolution et les processus influençant leur dynamique. L'analyse des ravins dans le bassin versant de l'oued Boumlal suggère différentes formes de morphodynamique : l'érosion régressive provoquant le recul de la tête du ravin, le creusement et l'affouillement du fond, l'élargissement par sapement des berges, le colmatage total par glissements, ainsi que des ravins stabilisés. La carte (figure 10) illustre la répartition des ravins mesurés dans la zone d'étude. Divers types de ravins ont été relevés, mais cette étude se focalise sur deux types spécifiques : Le ravin marqué par le creusement et l'affouillement du fond (R1) et celui affecté par l'érosion régressive (R2).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

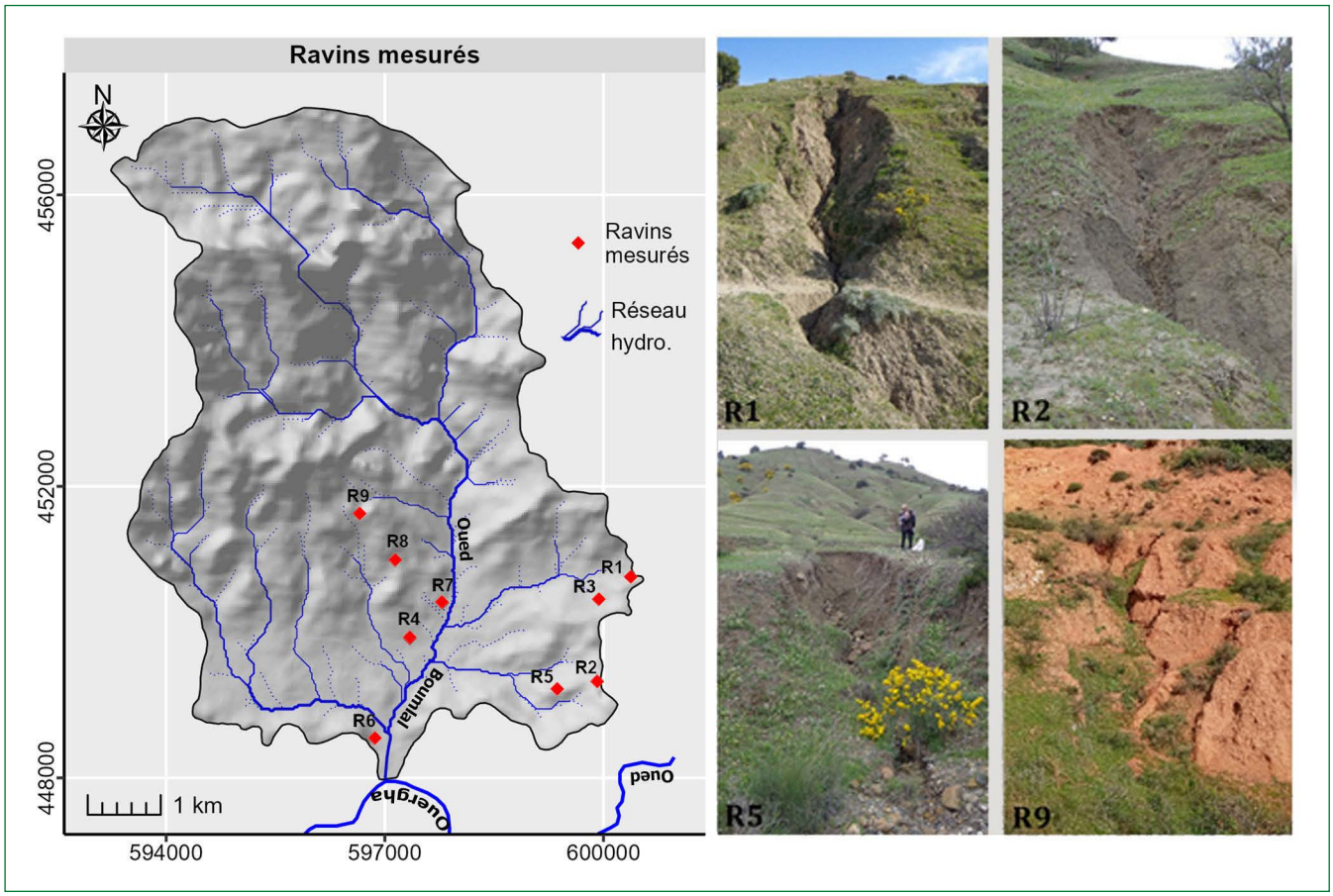


Figure 10. Localisation des ravins mesurées dans le bassin versant de l'oued Boumlal. Source : propre élaboration.

4.5.1. Dynamique des ravins par affouillement des berges (R1)

La dynamique des ravins caractérisée par un affouillement des berges (R1) se manifeste principalement sur les terrains marneux. Ce phénomène résulte de l'effet de la masse d'eau qui crée un tourbillon qui attaque progressivement le bas des berges du ravin. Ce type d'évolution est particulièrement observé dans la partie avale de la zone d'étude. Le ravin R1 et localisé sur un versant d'exposition nord-ouest, à une altitude de 565 m et avec une pente de 10°, ce ravin se développe sur un substrat de marnes grises du Messinien, une formation lithologique particulièrement vulnérable à l'érosion. Le terrain sur lequel il s'étend est utilisé pour le pâturage, parsemé de quelques oliviers, principalement situés en amont du versant. Cette localisation, combinée aux conditions morphologiques et lithologiques, favorise l'intensification du phénomène d'affouillement, contribuant à l'élargissement progressif du ravin (figure 11b).

Dans ce site, deux mesures ont été réalisées, la première le 02/04/2018 et la seconde le 17/03/2021, soit un décalage de 3 ans. Les résultats des deux mesures sont détaillés dans le tableau 1. La première observation est que la progression en longueur du ravin a été relativement faible, avec une augmentation de seulement 0.45 m en trois ans. Cette faible évolution peut être expliquée par la concentration du ruissellement dans le lit du ravin, ce qui a permis à l'eau de s'accumuler et d'attaquer principalement le bas des berges droites. Cette action a provoqué un développement notable de la profondeur des berges. En revanche, l'élargissement du ravin, qui touche toutes les sections mesurées (amont, médiane et avale), a été plus significatif. Dans la partie amont, la largeur a augmenté de 0.6 m, dans la section médiane de 0.8 m, et dans la partie avale de 0.6 m. Ces évolutions reflètent l'impact constant du ruissellement concentré au bas du ravin, qui favorise son l'élargissement progressif.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Figure 11. Dynamique du ravin R1 par affouillement des berges. a). État du ravin en 2018. b). État du ravin en 2021. Source : propre élaboration.

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques du ravin R1.

		Partie amont			Partie médiane			Partie avale			Occupation du sol	Lithologie
	L	l	P		l	P		l	P			
			RG	RD		RG	RD		RG	RD		
2018	15.55	2.4	2,65	1,58	3.3	2.7	1.8	2.2	2.2	1.4	Terrain de pâturages	Marnes grises Messinien
2021	16.00	3.0	2.10	1.90	4.1	2.7	2.5	2.8	2.2	1.4		

L : Langueur (m), l : largeur (m), P : Profondeur (m), RG : Rive gauche, RD : Rive droit. Source : propre élaboration.

4.5.2. Dynamique des ravins par l'érosion régressive (R2)

L'érosion régressive remontante, caractérisée par le recul de la tête du ravin, correspond à un phénomène d'agrandissement du ravin par propagation vers l'amont, c'est-à-dire dans le sens inverse de l'écoulement de l'eau. Dans la zone d'étude, cette dynamique s'observe principalement sur les terrains marneux riches en gypse, comme c'est le cas du site R2, situé dans la partie avale du bassin. Le ravin suivi dans ce site se développe sur un versant exposé au nord-ouest, à une altitude de 645 m et sur une pente de 13°. Il est localisé sur des terrains de pâturage parsemés de quelques oliviers clairsemés (figure 13).

Nous avons réalisé deux mesures de ce ravin : la première le 2 avril 2018 et la seconde le 17 mars 2021, soit un intervalle de trois ans. Le tableau 2 présente les résultats issus de ces mesures, mettant en évidence des modifications significatives de ses dimensions (longueur, largeur et profondeur). Le principal constat est la progression notable du ravin : sa longueur est passée de 11,50 m en 2018 à 16,60 m en 2021, soit une extension de 5,1 m. Son élargissement résulte du recul de la tête du ravin sous l'effet de la suffusion, ce processus affecte particulièrement les terrains marneux riches en gypse. En période pluviale, la dissolution des encroûtements gypseux favorise l'apparition de formes cylindriques minuscules (figure 12), créant des tunnels qui favorisent l'infiltration et la circulation interne des eaux de pluie (Tribak, 1998). Ce phénomène entraîne des effondrements successifs, et par conséquent l'élargissement du ravin.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Les résultats des mesures indiquent une dynamique d'élargissement au niveau de la largeur du ravin, observée dans ses trois sections (amont, médiane et avale). Dans la partie médiane, la largeur du ravin a augmenté de 1,9 m en 2018 à 3 m en 2021, soit un élargissement de 1,1 m. Ce phénomène est attribué au sapement de la rive droite du ravin dans cette section, provoqué par la concentration des eaux de ruissellement qui engendrent des petits glissements superficiels. La photo 13b illustre également un faible comblement des rives gauches dans les sections amont et médiane, dû à l'accumulation des sédiments produits par le sapement des berges. En revanche, les rives droites de ces parties connaissent un léger creusement. Les sédiments érodés sont ensuite transportés et déposés au fond du ravin.

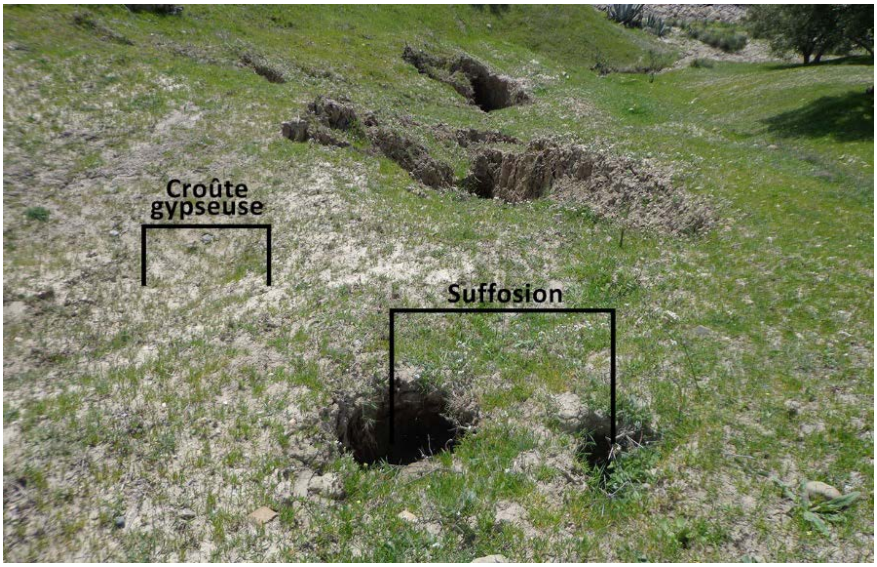


Figure 12. Le phénomène de suffosion observé au ravin R2 se caractérise par la présence d'encroûtements gypseux sous forme de taches blanchâtres. Leur dissolution entraîne la formation de tunnels, qui permettent la circulation interne des eaux pluviales. L'effondrement de ces structures contribue activement à l'élargissement et au développement du ravin. Source : propre élaboration.

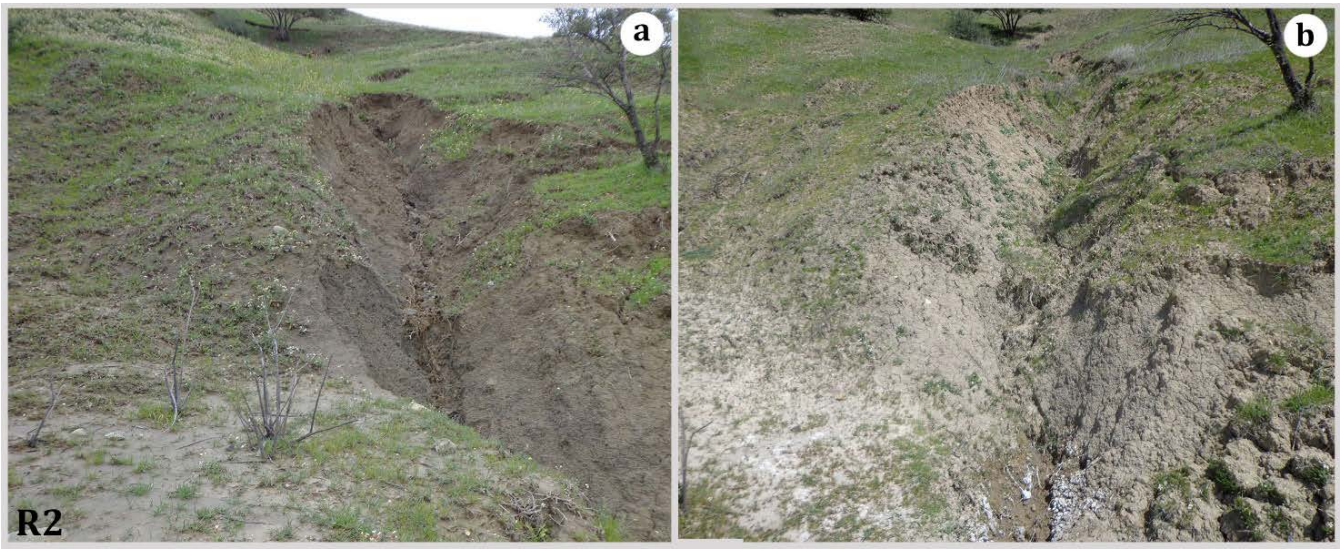


Figure 13. Dynamique du ravin R2 sous l'effet de l'érosion régressive. a). État du ravin en 2018. b). État du ravin en 2021. Source : propre élaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Tableau 2. Caractéristiques morphologiques du ravin R2.

		Partie amont			Partie médiane			Partie avale			Occupation du sol	Lithologie
	L	l	P		l	P		l	P			
			RG	RD		RG	RD		RG	RD		
2018	11.5	1.3	1.36	1.3	1.9	1.76	1.3	1.7	1.24	1.1	Terrain de pâturages avec quelques arbres d'oliviers dispersés	Marnes
2021	16.6	2.2	1.10	1.5	3	1.60	2.1	2.5	2.4	0.8		

L : Langueur (m), l : largeur (m), P : Profondeur (m), RG : Rive gauche, RD : Rive droit. Source : propre élaboration.

5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Au cours des dernières décennies, les bassins versants rifains ont fait l'objet de nombreuses études portant sur l'évaluation de l'érosion hydrique à travers l'application de diverses méthodes. Parmi celles-ci, la quantification de l'érosion en nappe par USLE/RUSLE (Universal Soil Loss Equation) a été couramment adoptée dans les bassins du Rif (Tahiri *et al*., 2014; Tribak *et al*., 2015; Khali Issa *et al*., 2016, Belasri & Lakhouili, 2016). De même, le modèle de Gavrilovic (EPM) a été largement utilisé par les chercheurs pour évaluer l'érosion hydrique qualitativement et quantitativement (Chaaouan *et al.*, 2013; El-Bouhali *et al*., 2019; Zahnoun *et al*., 2020; Lakhili *et al*., 2021). En parallèle à ces approches quantitatives, l'approche PAP/CAR a été appliquée pour évaluer le potentiel érosif dans les bassins situés dans le Rif et le Pré-rif (Ouallali *et al*., 2016; Boukrim *et al*., 2016; Tahouri *et al*., 2022). Avec le développement des SIG, le nombre d'études basées sur la modélisation de l'érosion hydrique à l'aide des modèles USLE, RUSLE, PAP/CAR et EPM a considérablement augmenté, tandis que les méthodes traditionnelles ont connu une utilisation très limitée (El Ouazani Ech-Chahdi, 2023).

Les recherches menées dans le Rif marocain suggèrent que la dégradation des terres est un processus complexe dû à l'interaction entre les facteurs naturels et anthropiques (Sadiki *et al*., 2009; El-Bouhali *et al*., 2019; Boutallaka *et al*., 2025). Les modifications continues d'occupation des sols ont conduit à l'accélération du rythme de dégradation des terres dans les milieux rifains. Les résultats obtenus par les chercheurs indiquent que cette partie du Maroc est parmi les zones méditerranéennes les plus vulnérables à l'érosion hydrique (Roose *et al*., 2012; El-Ommal *et al*., 2024). Heusch, (1970) a montré que 60 % des pertes en sol au Maroc proviennent du Rif, où les taux d'érosion atteignent parfois 30 à 60 t/ha/an dans certaines parties (Belasri & Lakhouili, 2016). La quantité de sédiments produite varie d'un milieu à l'autre en fonction des méthodes appliquées et en fonction des caractéristiques des bassins versants (El Ouazani Ech-Chahdi, 2023). Par ailleurs, plusieurs études soulignent que l'érosion hydrique constitue un facteur déterminant de la désertification, qui présente une forme avancée de dégradation des terres dans la région méditerranéenne (Karamesouti *et al*., 2015). Dans ce contexte, notre étude a été focalisée sur l'évaluation de l'érosion potentielle (approche basée sur la modélisation) et le suivi de la morphodynamique des ravins (mesures sur terrain) dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Haut Ouergha).

Le bassin versant de l'oued Boumlal évolue dans un contexte climatique méditerranéen semi-aride, marqué par une répartition irrégulière et une concentration spatiotemporelle des précipitations durant la saison humide. Les averses orageuses d'automne coïncident avec des sols insuffisamment protégés par la végétation sur des pentes abruptes et des formations lithologiques friables. Ces facteurs favorisent l'intensification du ruissellement et le déclenchement des premiers stades de l'érosion (érosion en nappe et érosion en rigoles). À cela s'ajoute la forte densité de population qui exerce une pression continue sur les milieux, par le défrichement, le surpâturage, la mise en culture de terrains en forte pente et l'extension de la culture du cannabis. Ces activités aggravent la fragilité des sols et accélèrent leur dégradation par l'érosion hydrique.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

L'application de l'approche PAP/CAR indique que ce bassin est très vulnérable à l'érosion hydrique, avec 57 % de sa superficie classée comme instable et environ 31 % considérée comme critique. En revanche, les zones stables occupent des surfaces limitées. Le fort potentiel érosif lié à la fragilité des milieux se manifeste par le développement de diverses formes d'érosion hydrique, notamment l'érosion en nappe, le ravinement, le ravinement généralisé, les glissements de terrain et les éboulements rocheux. L'analyse de la combinaison des formes d'érosion et des facteurs causaux met en évidence l'impact significatif de la lithologie, de l'exposition des versants, de la pente et de l'occupation des sols sur le développement et la répartition des différentes formes d'érosion qui déstabilisent les versants. De manière générale, la zone d'étude est marquée par la présence de l'érosion linéaire (rigoles, griffes et ravinements), qui affecte les terrains imperméables et les pentus versants mal protégés par le couvert végétal. L'érosion en nappe est largement répandue et représente une menace directe pour la fertilité des sols. Enfin, les mouvements de masse se produisent plus fréquemment sur les versants exposés vers l'ouest et caractérisés par une lithologie hétérogène.

Le suivi des ravins indique des variations significatives d'un site à l'autre. En effet, le rythme de leur évolution varie en fonction du type d'occupation des sols, des caractéristiques lithologiques et topographiques des sites de mesure. Sur le terrain, nous avons distingué plusieurs types de ravins et chacun présente une dynamique différente : recul de la tête du ravin, élargissement par sapement des berges, colmatage total par glissements et ravins stables. L'analyse de la dynamique des ravins, par affouillement (R1) et érosion régressive (R2), met en évidence des évolutions notables, avec des changements significatifs dans les dimensions des ravins entre 2018 et 2021. Ces observations soulignent l'aggravation progressive de l'érosion à long terme, en grande partie causée par les phénomènes de suffosion et le ruissellement concentré. La diversité des formes de dégradation des terres peut entraîner la production de quantités importantes de sédiments, ce qui accélère la détérioration des sols et des infrastructures.

La dégradation accélérée des milieux naturels dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Haut Ouergha) nécessite des interventions sous forme de programmes de gestion visant à garantir la durabilité des ressources naturelles. De plus, des initiatives de développement socio-économique sont cruciales pour améliorer les conditions de vie des populations et réduire la pression sur les ressources. Les observations sur le terrain montrent que les interventions traditionnelles jouent un rôle important dans la fixation des sols, bien qu'elles restent limitées spatialement (El Ouazani Ech-Chahdi *et al.,* 2025b). En effet, les terrains aménagés sont moins exposés à l'érosion hydrique, grâce à la mise en place de techniques de conservation des sols qui réduisent l'impact du ruissellement et contribuent à la stabilisation des versants. Ces aménagements incluent les terrasses, les cordons de pierres sèches, les talus, les plantations d'arbres, etc., qui permettent de ralentir l'écoulement des eaux, de favoriser l'infiltration et de limiter l'arrachement des particules du sol. La diversité de ces techniques dans la zone d'étude reflète le savoir-faire des agriculteurs et l'expérience qu'ils ont accumulée au fil du temps (Laouina, 2010). Il est donc essentiel de valoriser ces techniques et de les intégrer dans les programmes d'aménagement des bassins versants menés par les services de l'État (El Ouazani Ech-Chahdi, 2023).

Bien que cette étude fournisse des informations importantes sur la sensibilité des terres à l'érosion hydrique et sur les processus morphodynamiques des ravins dans le bassin versant de l'Oued Boumlal, l'intégration de méthodes d'analyse alternatives, telles que l'AHP (Analytic Hierarchy Process) et des algorithmes d'apprentissage automatique (Random Forest, XGBoost), dans d'autres bassins du Haut Ouergha, permettrait de fournir une évaluation plus précise et robuste de l'érosion hydrique.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

RÉFÉRENCES

Achim, F. L. (2019). The dynamics of the ravination processes in Sălătrucel-Olt river basin. *Riscuri Şi Catastrofe*, *XVIII*(24), 69-80. https://doi.org/10.24193/RCJ2019_4

Ayt Ougougdal, H., Khebiza, M. Y., Messouli, M., Bounoua, L., & karmaoui, A. (2020). Delineation of vulnerable areas to water erosion in a mountain region using SDR-InVEST model: A case study of the Ourika watershed, Morocco. *Scientific African*, *10*, e00646. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00646

Belasri, A., & Lakhouili, A. (2016). Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Technology in Oued El Makhazine Watershed, Morocco. *Journal of Geographic Information System, 8*, 98-107. http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2016.81010

Boukrim, S., Lahrach, L., Midaoui, A., Benjelloun, F., Benabdelhadi, M., Lahrach, H., & Chaouni, A. (2016). Cartographie de l'érosion qualitative des sols du bassin versant de l'Aoudour (Rif-Maroc). *European Scientific Journal edition*, *12*(11), 295-311. https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n11p295

Boutallaka, M., Miloud, T., El Mazi, M., Hmamouchi, M., & El Hairchi, K. (2025). Assessment of current and future land sensitivity to degradation under climate change in the upstream Ouergha watershed (Morocco) using GIS and AHP method. *International Journal of Engineering and Geosciences, 10*(1), 46-58. https://doi.org/10.26833/ijeg.1521350

Chaaouan, J., Faleh, A., Sadiki, A., & Mesrar, H. (2013). Télédétection, SIG et modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Amzaz, Rif Central. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, *203*, 19–25. https://doi.org/10.52638/rfpt.2013.26

Conoscenti, C., Angileri, S., Cappadonia, C., Rotigliano, E., Agnesi, V., & Märker, M. (2014). Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: A case of Sicily (Italy). *Geomorphology*, *204*, 399–411. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.021

Deng, Q., Qin, F., Zhang, B., Wang, H., Luo, M., Shu, C., Liu, H., & Liu, G. (2015). Characterizing the morphology of gully cross-sections based on PCA: A case of Yuanmou Dry-Hot Valley. *Geomorphology*, *228*, 703–713. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.10.032

El Mazi, M., Hmamouchi, M., Saber, E., Bouchantouf, S., & Houari, A. (2022). Deforestation effects on soil properties and erosion: a case study in the central Rif, Morocco. *Eurasian Journal of Soil Science, 11*(4), 275 - 283. https://doi.org/10.18393/ejss.1098600

El Ouazani Ech-Chahdi, K. (2023). *La dynamique des milieux naturels dans le Haut Ouergha (Rif Central- Maroc).* [Thèse de doctorat]. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah – Fès.

El Ouazani Ech-Chahdi, K., El-Bouhali, A., & Amyay, M. (2020). La cartographie et la caracterisation de la sensibilite a la desertification dans le bassin versant du haut ouergha (Rif central - Maroc) par l'approche medalus. *Geomaghreb, 16*, 1–13.

El Ouazani Ech-chahdi, K., El-Bouhali, A., & Amyay, M. (2025a). Quantification of soil losses using RUSLE model in the Boumlal watershed (Central Rif, Morocco). *E3S Web of Conferences, 607*, 7. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560704008

El Ouazani Ech-Chahdi, K., El-Bouhali, A., & Amyay, M. (2025b). Erosion hydrique et techniques de gestion conservatoire des sols dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Rif central, Maroc). *Espace Géographique et Société Marocaine, 98*, 71-81.

El-Bouhali, A., Amyay M., & El Ouazani Ech-Chahdi, K. (2019). La cartographie du risque de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Boumlal (Rif central-Maroc) à l'aide du modèle « EPM ». *Geomaghreb, 13*(1), 15 – 24.

El-Bouhali, A., Amyay, M., & El Ouazani Ech-Chahdi, K. (2024a). Combined impact of drought and land use changes on water resources in the Tabular Middle Atlas, Morocco. *Revista de Estudios Andaluces,* (48), 202-220. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2024.i48.10

El-Bouhali, A., Amyay, M., & El Ouazani Ech-Chahdi, K. (2024b). Changes in water surface area of the Middle Atlas-Morocco lakes: A response to climate and human effects. *International Journal of Engineering and Geosciences, 9*(2), 221-232. https://doi.org/10.26833/ijeg.1391957

El-Ommal, M., & Tribak, A. (2023). Hydrodynamic and Erosive Behavior of Vertisols in the Wadi Sra Catchment (Central Rif, Morocco) – Analysis of the Rainfall Simulation Results. *Journal of Ecological Engineering*, *24*(5), 66–77. https://doi.org/10.12911/22998993/161202

El-Ommal, M., Tribak, A., Amhani , Z., & Arari, K. (2024). Culture du Cannabis et dégradation des sols dans les montagnes du Rif Central (Maroc): cas du bassin de l'Oued Sra. *Revista de Estudios Andaluces*, (48), 93–109. https://doi.org/10.12795/rea.2024.i48.05

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Frankl, A., Poesen, J., Haile, M., Deckers, J., & Nyssen J. (2013). Quantifying long-term changes in gully networks and volumes in dryland environments: The case of Northern Ethiopia. *Revu Geomorphology*, *201*, 254–263. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.06.025

Heusch, B. (1970). *L'érosion du pré-rif : une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du pré-rif occidental. Station de Recherches Forestières de Rabat*. https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010056569

Hmamouchi, M., El-Fengour, A., El-Fengour, M., & Houari, A. (2020). The assessment of erosion in Aoulai watershed (Central Rif mountains, Morocco) based on the PAP-RAC guidelines application. *Territorium*, *27*(I), 17-23. https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-1_2

Iaaich, H., Moussadek, R., Baghdad, B., Mrabet, R., Douaik, A., Derradji, A., & Bouabdli A. (2016). Soil erodibility mapping using three approaches in the Tangiers province –Northern Morocco. *International Soil and Water Conservation Research*, *4*(3). 159-167. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.07.001

Ionita, I., Fullen, M. A., Zgłobicki, W., & Poesen, J. (2015). Gully erosion as a natural and human-induced hazard. *Nat Hazards, 79*, 1–5. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1935-z

Kaddar, R., Bourass, A., El Harche, S., Manaouch, M., & Aghad, M., *et al*. (2025). Spatialization of soil erosion and flood hazards using analytic hierarchy process modeling in northern Morocco. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, *26*(5), 257-275. https://doi.org/10.12912/27197050/202823

Karamesouti, M., Detsis, V., Kounalaki, A., Vasiliou, P., Salvati, L., & Kosmas, C. (2015). Land-use and land degradation processes affecting soil resources: Evidence from a traditional Mediterranean cropland (Greece). *CATENA*, *132*, 45–55. http://dx.doi.org/10.1016/j.CATENA.2015.04.010

Khali Issa, L., Ben Hamman Lech-Hab, K., Raissouni, A., & El Arrim, A. (2016). Cartographie quantitative du risque d'érosion des sols par approche SIG/USLE au niveau du bassin versant Kalaya (Maroc Nord Occidental). *J. Mater. Environ. Sci., 7*(8), 2778-2795.

Kosmas, C., Danalatos, N. G., & Gerontidis, S. (2000). The effect of land parameters on vegetation performance and degree of erosion under Mediterranean conditions. *CATENA, 40*(1), 3–17. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00061-2

Lakhili, F., Chaaouan, J., Qadem, Z., Benabdelhadi, M., & Lahrach, A. (2021). Estimation de l'érosion des sols basée sur le SIG à l'aide de la méthode EPM dans le bassin versant de Beht. *EWASH & TI Journal, 5*(2), 588-596.

Laouina, A. (2010). *Le contexte de la lutte antiérosive au Maroc. Gestion durable des eaux et des sols au Maroc Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes*. [Gestion durable des eaux et des sols au Maroc]. Edition IRD, (pp. 103-115). https://books.openedition.org/irdeditions/326

Li, Z., Zhang, Y., Zhu, Q., He, Y., & Yao, W. (2015). Assessment of bank gully development and vegetation coverage on the Chinese Loess Plateau. *Geomorphology*, *228*, 462–469. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.10.005

Mathys, N., Brochot, S., Meunier, M., & Richard, D. (2003). Erosion quantification in the small marly experimental catchments of Draix (Alpes de Haute Provence, France). Calibration of the ETC rainfall–erosion model. *CATENA*, *50*(2-4), 527–548. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00122-4

Moukhchane, M. (2002). Différentes méthodes d'estimation de l'érosion dans le bassin versant du Nakhla (Rif Occidental, Maroc). *Bulletin du Réseau Erosion, 21*, 255-266.

Naimi, M., Tayaa, M., Ouzizi, S., Choukr-llah, R., & Kerby, M. (2002). Estimation du ravinement dans le bassin versant du Nakhla, Rif occidental, Maroc. *Bulletin du* Réseau Érosion, *21*, 232-243.

Ouallali, A., Moukhchane, M., Aassoumi, H., Berrad, F., & Dakir, I. (2016). The Mapping of the Soils' Degradation State by Adaptation the PAP/RAC Guidelines in the Watershed of Wadi Arbaa Ayacha, Western Rif, Morocco. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, *4,* 77-88. https://doi.org/10.4236/gep.2016.47009

PAP/CAR (1998). *Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes*. PAP-8/PP/GL.1. Split, Centre d'activités régionales pour le Programme d'actions prioritaires (PAM/PNUE), en collaboration avec la FAO, xii+72.

Poesen, J.J., Nachtorgale, J., & Verstrac, G. (2003). Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *CATENA*, *50*(2-4), 91-133. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00143-1

Rebai, H., Raclot, D., & Ben Ouezdou, H. (2013). Efficacité des aménagements de lutte contre le ravinement : cas du bassin versant d'El Hnach (Tunisie). *Hydrological Sciences Journal*, *58*(7), 1532-1541. http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2013.824087

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Roose, E. (1994). *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Bulletins pédologiques de la FAO.

Roose, E. (2010). *La lutte antiérosive conventionnelle en fonction des processus et des facteurs de l'érosion hydrique. Gestion durable des eaux et des sols au Maroc.* IRD Éditions, 47-78. https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.322

Roose, E., Sabir, M., Arabi, M., Morsli, B., & Mazour, M. (2012). Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Physio-Géo, 6*(1), 43-69. https://doi.org/10.4000/physio-geo.2319

Sabir, M. (2002). Quelques techniques traditionnelles de gestion de l'eau et de lutte antiérosive dans le bassin versant de Sidi Driss, Haut Atlas Central, Maroc. *Bulletin* Réseau Érosion, *21*, 224- 231.

Sadiki, A., Faleh, A., Zêzere, J.L., & Mastas, H. (2009). Quantification de l'érosion en nappes dans le bassin versant de l'oued Sahla Rif central Maroc. *Cahiers géographique, 6*, 59 - 70.

Tahiri, M., Tabyaoui, H., El Hammichi, F., Tahiri, A., & El Hadi, H. (2014), Evaluation et Quantification de l'Erosion et la Sédimentation à Partir des Modèles RUSLE, MUSLE et Déposition Intégrés dans un SIG. Application au Sous-Bassin de l'Oued Sania (Bassin de Tahaddart, Rif nord occidental, Maroc). *European Journal of Scientific Research*, *125*(2), 157-178

Tahouri, J., Sadiki, A., Karrat, L., Carl Johnson, V., Weng Chan, N., Fei, Z., & Te Kung, H. (2022). Using a modified PAP/RAC model and GIS-for mapping water erosion and causal risk factors: Case study of the Asfalou watershed, Morocco. *International Soil and Water Conservation Research*, *10*, 254-272. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.07.003

Torri, D., Colica, A., & Rockwell, D. (1994). Preliminary study of the erosion mechanisms in biancana badland (Tuscany, Italy). *CATENA*, *23*(3–4), 281–294. https://doi.org/10.1016/0341-8162(94)90073-6

Tribak, A. (1998). Fonctionnement actuel d'une ravine d'érosion dans une zone de marnes miocènes (région de Tarmast, Prérif oriental, Maroc) Modèle d'évolution et distribution saisonnière des processus. *Revue de Géographie Alpine, 86*(3), 37-48.

Tribak, A., Arari, K., Abahrour, M., El Garouani, A., & Amhani, Z. (2015). Quantitative assessment of the hydric erosion and the deposition in a marly catchment of the eastern Rif (Case of Wadi Tarmast - Morocco). *Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series*, *15*(2), 101-24.

Zahnoun, A. A., Makhchane, M., Chakir, M., Al Karkouri, J., & Watfae, A. (2020). Estimation and cartography the water erosion by integration of the Gavrilovic "EPM" model using a GIS in the Mediterranean watershed: Lower Oued Kert watershed (Eastern Rif, Morocco). International *Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 5*(6), 367 - 374. https://www.ijariit.com/manuscripts/v5i6/V5I6-1298.pdf

Ziadi, K., Barakat, A., El Aloui, A., Ouayah, M., & Namous, M. (2025). Prioritization of the Tassaoute Watershed (Morocco) for soil erosion using analytical hierarchy process (AHP) and geospatial techniques. *Geosystems and Geoenvironment, 4*, 100389. https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2025.100389

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Évaluation de l'érosion hydrique dans le bassin versant d'Oued Aghrouz (Maroc): approche comparative entre la modélisation RUSLE et la simulation de pluie

Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between RUSLE modelling and rainfall simulation

Evaluación de la erosión hídrica en la cuenca del Oued Aghrouz (Marruecos): enfoque comparativo entre la modelización RUSLE y la simulación pluviométrica

Miloud Afenzar
miloud.afenzar@usmba.ac.ma 0009-0008-0839-0230
Mohamed Abahrour
abahrourmohamed@gmail.com 0000-0001-7764-7812

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Fès. Laboratoire Espace, Histoire, Dynamique et Développement durable. Faculté Polydisciplinaire Taza Route d'Oujda-B.P. 1223, Taza, Maroc.

Mohamed El Bakkari
mohamed.elbakkari@usmba.ac.ma 0009-0000-0365-5705
Laboratoire Recomposition de l'Espace et Développement Durable, Laboratoire Recomposition de l'Espace et Développement Durable, Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Av. Khalil Jabran, 27. 24000 El Jadida, Maroc.

Hamid Achiban
hamid.achiban@usmba.ac.ma 0000-0002-6484-729X
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Fès. Laboratoire Milieux naturels, Aménagement et Dynamiques Socio-spatiales. FLSH Sais-Fès. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs-Fés. BP 59 Route Immouzer. 30000 Fès, Maroc.

INFO ARTÍCULO

Reçu : 26-03-2025
Révisé : 07-07-2025
Accepté : 17-10- 2025

MOTS-CLÉS

Bassin versant
Érosion hydrique
Simulateur de pluie
Télédétection
SIG
RUSLE

RÉSUMÉ

L'érosion hydrique constitue la principale menace de dégradation des sols au Maroc en général, et dans le Rif en particulier. Cette étude évalue le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Aghrouz au moyen d'une double approche : la modélisation spatiale par l'Équation universelle révisée des pertes en sol (RUSLE) et l'expérimentation in situ par simulation de pluie. Les résultats de la modélisation indiquent une perte moyenne de 30,6 t/ha/an, avec des maximas locaux proches de 150 t/ha/an. La plupart des surfaces étudiées souffrent de pertes de sol modérées à très fortes, en particulier les terres agricoles en forte pente ou faiblement couvertes. Les essais de simulation de pluie mettent en évidence l'impact déterminant des pratiques culturales sur le ruissellement, l'infiltration et la production sédimentaire : les parcelles labourées, notamment sur vertisols, sont les plus érosives. Les mesures de turbidité atteignent 140 g/L en automne sur ces parcelles, des valeurs supérieures à celles relevées sur d'autres types d'occupation.
L'analyse comparative des deux approches montre un taux de concordance de 42,7 %, soulignant la robustesse de l'approche mixte ainsi que certaines limites liées à l'échelle d'analyse et à la variabilité des facteurs anthropiques. L'étude insiste sur le rôle des actions humaines dans l'exacerbation de l'érosion et appelle à une meilleure intégration des pratiques agricoles dans les politiques d'aménagement du territoire, assortie de mesures de conservation et de sensibilisation adaptées. Elle fournit une base solide pour la gestion durable des ressources en sols et peut être mobilisée comme référentiel dans d'autres bassins versants à risque.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05
Formato de cita / Citation: Miloud Afenzar, M., Abahrour, M., El Bakkari, M., & Achiban, H. (2026). Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between RUSLE modelling and rainfall simulation. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 88-114. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05
Correspondencia autores: miloud.afenzar@usmba.ac.ma (Miloud Afenzar)

KEYWORDS

Catchment
Water erosion
Rainfall simulator
Remote sensing
GIS
RUSLE

ABSTRACT

Water erosion is the main threat to soil degradation in Morocco, particularly in the Rif. This study assesses erosion risk in the Oued Aghrouz catchment using a dual approach: spatial modelling with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and in situ rainfall simulation. Modelling results indicate an average soil loss of 30.6 t/ha/yr, with local maxima up to 150 t/ha/yr. Most areas are affected by moderate to very severe losses, especially agricultural land on steep slopes with limited cover. Rainfall simulation trials highlight the decisive role of farming practices on runoff, infiltration and sediment yield. Ploughed plots, especially on vertisols, are the most erosive, with turbidity levels reaching 140 g/L in autumn compared to other land uses.
The comparative analysis of both methods shows a 42.7% concordance, underscoring the robustness of a mixed approach while revealing scale-related limits and the influence of anthropogenic factors. The findings stress the role of human activities in accelerating erosion and call for better integration of agricultural practices into land-use policies, alongside targeted soil conservation measures and local awareness programs. This work provides a solid basis for the sustainable management of soil resources and offers a methodological framework transferable to other at-risk catchments.

PALABRAS CLAVE

Cuenca hidrográfica
Erosión hídrica
Simulador de lluvia
Teledetección
SIG
RUSLE

RESUMEN

La erosión hídrica constituye la principal amenaza de degradación de los suelos en Marruecos, especialmente en el Rif. Este estudio evalúa el riesgo de erosión en la cuenca del Oued Aghrouz mediante un enfoque doble: la modelización espacial con la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE) y la experimentación in situ mediante simulador de lluvia. Los resultados de la modelización indican una pérdida media de 30,6 t/ha/año, con máximos locales de hasta 150 t/ha/año. La mayoría de las superficies presentan pérdidas moderadas a muy severas, en particular las tierras agrícolas de fuerte pendiente o con escasa cobertura. Los ensayos de simulación de lluvia ponen de relieve el papel decisivo de las prácticas agrícolas en la escorrentía, la infiltración y la producción de sedimentos. Las parcelas labradas, especialmente sobre vertisoles, son las más erosivas, con niveles de turbidez que alcanzan 140 g/L en otoño frente a otros usos del suelo.
El análisis comparativo de ambos métodos muestra una concordancia del 42,7 %, lo que confirma la solidez del enfoque mixto al tiempo que revela límites relacionados con la escala de análisis y la influencia de factores antrópicos. El estudio subraya la importancia de las actividades humanas en el ámbito de la intensificación de la erosión y plantea la necesidad de integrar mejor las prácticas agrícolas en las políticas de ordenación territorial, acompañadas de medidas de conservación de suelos y de sensibilización local. Este trabajo proporciona una base sólida para la gestión sostenible de los recursos edáficos y un marco metodológico transferible a otras cuencas en riesgo.

1. INTRODUCTION

L'érosion hydrique est un phénomène naturel et universel qui contribue fortement à la dégradation des sols (Boukhier *et al.*, 2001 ; Valentin *et al.*, 2005). Elle se caractérise par le détachement puis le transport des particules du sol de l'amont vers l'aval (Ludwig, 2000), sous l'effet de divers facteurs naturels et anthropiques. Elle est considérée comme l'une des problématiques environnementales les plus complexes (Lal, 2001), menaçant à la fois les écosystèmes (Yang *et al.*, 2003) et la productivité des terres agricoles (Melalih *et al.*, 2021). Ses impacts incluent également la dégradation de la qualité de l'eau, des risques pour la santé humaine, l'envasement des barrages et l'augmentation des inondations (Lal, 1998 ; Cheggou, 2008). Ses conséquences s'étendent plus largement à l'environnement et les sociétés (Yang *et al.*, 2018).

Au cours du siècle dernier, de nombreuses recherches ont été consacrées à quantifier les taux d'érosion des sols à l'aide de diverses méthodes, appliquées dans un large éventail de conditions climatiques, pédologiques, d'occupation du sol et de topographies (Zhang *et al.*, 2023 ; Li *et al.*, 2021 ; Tribak *et al.*,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

2015). La modélisation spatiale de l'érosion hydrique, à travers l'Équation Universelle révisée de perte en sol (RUSLE), constitue aujourd'hui un outil de référence pour estimer les pertes en sol dans les bassins versants (Musasa *et al.*, 2025 ; Li *et al.*, 2023). Elle revêt une grande importance scientifique en raison de sa capacité à identifier les zones les plus vulnérables, à évaluer les risques environnementaux et économiques liés à l'érosion et à proposer des interventions adaptées (Cerdan *et al.*, 2002). Elle représente également un support précieux pour la décision et la planification des mesures de conservation des sols et de l'eau (Smith, 1999). Plusieurs travaux ont appliqué ce modèle au contexte marocain (Al Karkouri, 2003 ; Sadiki *et al.*, 2009 ; Abahrour, 2009 ; Faleh, 2010 ; El Aroussi *et al.*, 2011 ; Tribak *et al.*, 2009 ; Meliho *et al.*, 2020 ; El Ommal, 2021 ; Arari, 2022 ; Amhani, 2022 ; Tahiri *et al.*, 2024).

L'étude des processus liés à l'érosion hydrique nécessite toutefois une compréhension fine de plusieurs paramètres fondamentaux, tels que la perméabilité des sols, les seuils de déclenchement du ruissellement, le volume d'eau écoulée et la charge solide transportée (Marston *et al.*, 1999 ; Morgan *et al.*, 1997). Le suivi in situ de ces phénomènes lors de pluies naturelles se heurte cependant à de nombreuses contraintes, liées notamment à la durée et à la variabilité spatio-temporelle des événements (Collinet *et al.*, 1979 ; Léonard *et al.*, 1998). Dans ce contexte, l'utilisation de simulateurs de pluie constitue une alternative méthodologique efficace, permettant de contrôler l'intensité des précipitations et de recueillir des données précises en un temps limité (Casenave *et al.*, 1989). Cette approche facilite l'analyse des facteurs explicatifs du ruissellement, de l'infiltration et des réponses hydrodynamiques des sols.

De nombreuses études se sont attachées à quantifier l'érosion hydrique et à établir des corrélations entre le risque d'érosion et divers indicateurs mesurés à l'aide de simulateurs de pluie, tels que l'état de surface, la teneur en matière organique, l'humidité initiale du sol et le type d'occupation du sol (Lafforgue, 1977 ; Asseline & Valentin, 1978 ; Casenave, 1982 ; Marston & Dolan, 1999 ; Roose, 1996 ; Cheggour, 2008 ; Abahrour, 2009 ; El Ommal, 2023 ; Amhani, 2022 ; Arari, 2022). Ces travaux confirment l'apport essentiel de l'expérimentation contrôlée dans l'analyse des dynamiques érosives.

Dans cette perspective, la présente étude vise à évaluer la vulnérabilité à l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Aghrouz à travers une double approche :

- Une quantification spatiale de l'érosion potentielle par l'application du modèle RUSLE, combinée aux Systèmes d'Information Géographique (SIG) et à la télédétection ;
- Une analyse expérimentale du ruissellement et du transport solide à l'aide d'un simulateur de pluie à rampe manuelle.

Cette approche permet d'examiner les relations entre infiltration, ruissellement et nature des sols, tout en quantifiant les pertes en fonction des types d'occupation. Enfin, une comparaison critique est établie entre les résultats issus de la modélisation (RUSLE) et ceux obtenus par expérimentation de terrain, dans une perspective de validation croisée.

1.1. La zone d'étude

L'Oued Aghrouz constitue un affluent de la rive droite de l'Oued Inaouène. Il prend naissance dans le Prérif méridional oriental du Maroc, à l'ouest de la ville de Taza, et s'étend entre les latitudes 34,18° N et 34,30° N, ainsi que les longitudes 4,20° O et 4,26° O (figure 1). Le bassin versant couvre une superficie d'environ 41 km^2, caractérisée par une lithologie majoritairement marneuse. Le relief de la zone se compose de collines peu allongées, séparées par de larges vallées profondes. L'altitude varie de 282 mètres au point de confluence avec l'Oued Inaouène à 1 087 mètres au sommet du Jbel Errouda, point culminant du bassin.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

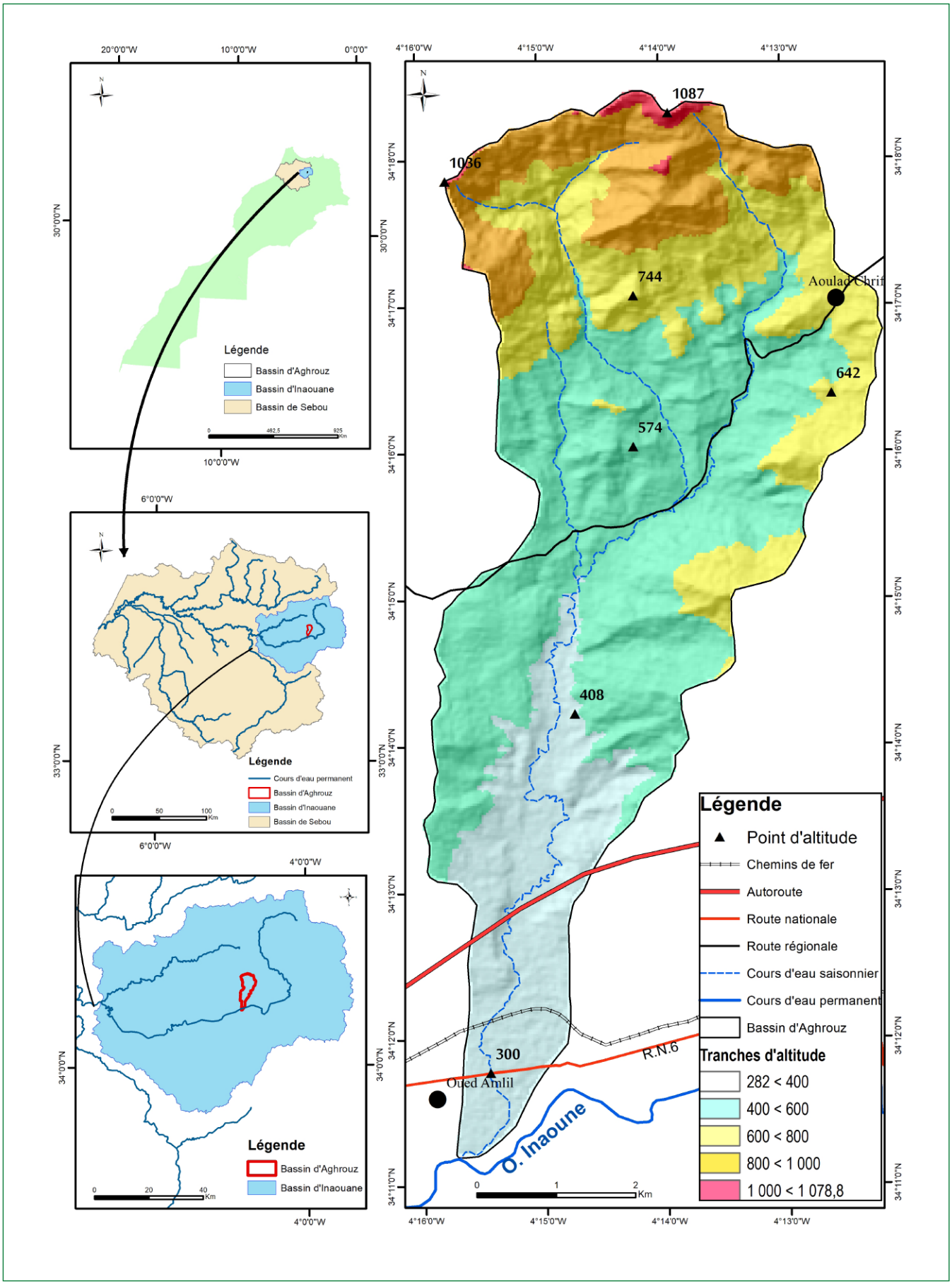


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de l'Oued Aghrouz. Source : élaboration personnelle

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Sur le plan géologique, le substrat lithologique du bassin versant est principalement constitué de marnes friables et imperméables d'âge miocène, ainsi que de formations de flyschs éocènes. Cette configuration géologique fragile et sensible à l'érosion favorise le développement d'un réseau hydrographique dense et bien structuré. D'un point de vue climatique, le bassin présente un climat de type méditerranéen à influence atlantique, avec des conditions bioclimatiques relevant de l'étage semi-aride. Les précipitations l'un des facteurs majeurs responsables des phénomènes érosifs, il oscille entre 540 mm et plus de 600 mm, les plus importantes étant enregistrées entre les mois de janvier et mars. Les températures les plus basses sont relevées en janvier et février, tandis que juillet et août constituent les mois les plus chauds de l'année.

2. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

2.1. Modélisation de l'érosion hydrique par le modèle RUSLE

L'équation universelle de perte de sol est basée sur plusieurs facteurs qui contribuent à déterminer la quantité de perte de sol, principalement liés à l'agressivité des précipitations, à la susceptibilité du sol à l'érosion, en plus du facteur topographique résultant de la combinaison de la longueur et de l'inclinaison de la pente. Elle intègre également les facteurs d'utilisation du sol et les pratiques de lutte contre l'érosion. (Wischmeier & Smith, 1958) les ont définis comme suit :

$$A = R * K * LS * C * P \quad [1]$$

- A : Quantité de perte de sol en tonnes/hectare/an.
- R : Indice d'agressivité des pluies.
- K : Indice de sensibilité du sol à l'érosion.
- LS : Indice du degré et de la longueur de la pente.
- C : Indice d'utilisation du sol.
- P : Indice du degré de protection du sol contre l'érosion

2.1.1. Calcul du facteur de l'agressivité des précipitations (R)

Le facteur R est lié à diverses caractéristiques des précipitations, notamment la durée, l'intensité, la quantité, la taille des gouttes et la vitesse de chute, qui définissent le potentiel érosif des précipitations. Toutefois, pour calculer le facteur d'agressivité des précipitations, la plupart des chercheurs qui ont appliqué l'équation de la perte Universelle de sol pour quantifier l'érosion au Maroc se sont appuyés sur la formule (Arnoldus, 1980) dans sa première formule, ou sur la formule modifiée (Rango & Arnoldus, 1987) qui incluent seulement les précipitations mensuelles et annuelles. Il se présente comme suit :

$$\log R = 1.74 * \log\Sigma\,(P_i^2/P) + 1.29 \quad [2]$$

- R : Agressivité de Pluie.
- P_i : Précipitations mensuelles moyennes en mm.
- P : Précipitations annuelles moyennes en mm.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

2.1.2. Calcul du facteur d'érodabilité du sol

Le facteur K est un indicateur de la sensibilité du sol à l'érosion et est corrélé à la texture du sol et à la teneur en matière organique (Zhang, *et al.*, 2023). Pour estimer le facteur d'érodabilité du sol K dans la zone étudiée, des analyses de laboratoire ont été effectuées sur la base de la structure Granulométrique et du taux de matière organique, en plus de certaines analyses extraites du Rapport Biologique du Nord de Taza (SETE, 1996). Le facteur d'érodabilité du sol (K) a été calculé d'après l'équation suivante :

$$K = 2.1 * M^{1.14} * 10^{-6} (12-MO) + 0.0325 * (S-2) + 0.025 * (P-3) \quad [3]$$

- Où : K : facteur d'érodabilité du sol selon le système métrique (tonnes/N/ha),
- MO : matière organique
- M : Texture (% de limon + sable fin) * (100 - % d'argile).
- S : Code de la structure.
- P : Code de la perméabilité

2.1.3. Facteur topographique (LS)

La pente est l'un des facteurs les plus importants à étudier lors de l'évaluation de l'érosion hydrique, du fait qu'elle joue un rôle important dans la détermination de la distance de transport et de dépôt des matériaux. Le volume de matériaux transportés par l'eau augmente progressivement avec la pente, ce qui peut s'expliquer par l'augmentation de l'énergie cinétique de l'eau lorsque la pente dépasse 15 % (Rosse, 1994). Ce facteur comprend à la fois la longueur de la pente en mètres **(L)** et le degré de la pente (S), qui influencent clairement toutes les formes d'érosion des pentes. On peut définir (**L)** comme la distance entre le point de départ du ruissellement sur la pente et le point de dépôt, c'est-à-dire le point de discontinuité de la pente ou le point où le ruissellement rejoint le cours d'eau. Le facteur de gradient de la pente **(S)** est exprimé en %.

Ce facteur a été déterminé en multipliant L et S à l'aide du SIG basé sur le modèle numérique des terres de la MNT (résolution de 30 mètres), avec le logiciel ARCGIS, en passant par les étapes suivantes.

Tout d'abord, le facteur L a été calculé à l'aide de la direction d'accumulation du flux selon l'équation (Desmet *et al.,* 1996)

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}\, m+1}{x^m * D^{m+2} * (22.13)^m} \quad [4]$$

- Avec D : La résolution spatial.
- A : direction d'accumulation.
- M= β/(β+1). **β** a été exprimé de la manière suivante :

$$\beta = \frac{(sin\theta / 0.0896)}{3.0\ (sin\theta)^{0.8} + 0.56} \quad [5]$$

Le facteur **S** est défini par l'équation suivante :

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \text{si } \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \text{si } \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases} \quad [6]$$

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

2.1.4. Facteur du couvert végétal et les pratiques culturales (C)

Le calcul du facteur du couvert végétal et les pratiques culturales par la méthode proposée par Wischmeier, et Smith, (1978) nécessite un ensemble de données précises, notamment en ce qui concerne la quantité de résidus végétaux après la récolte, la vitesse de décomposition de ces résidus, la relation entre la masse des résidus et le pourcentage de sol couvert, le poids des racines des plantes, la hauteur des précipitations, et le cycle agricole (Renard *et al.*, 1997).

Vu l'absence de ces données pour déterminer les valeurs du facteur C et mettre en évidence sa distribution spéciale au sein du bassin, nous nous sommes appuyés sur un ensemble d'études réalisées par plusieurs chercheurs en zone du prérif pour évaluer ses valeurs en fonction des utilisations du sol (Abahrour, 2009 ; Tribak *et al.*, 2009 ; Faleh, 2010).

2.1.5. Facteur des pratiques antiérosives du sol (P)

Le facteur de protection contre l'érosion des sols (P) est un paramètre clé du modèle RUSLE. Ce facteur comprend un éventail de stratégies utilisées par les populations locales ou d'interventions des autorités pour protéger le sol de l'érosion hydrique. L'inclusion de ce facteur est un avantage favorable par rapport à d'autres modèles utilisés pour évaluer l'érosion. Par exemple, les facteurs humains peuvent contribuer à augmenter le taux d'érosion hydrique, mais en même temps ils peuvent intervenir pour préserver le sol et prévenir sa dégradation par des interventions ciblées (Renard *et al.,* 1997). Selon les observations effectuées sur le terrain, les témoins anti-érosifs sont très limités spatialement dans la zone d'étude, de sorte que la valeur 1 a été attribuée à l'ensemble du bassin et que ce facteur est neutralisé.

2.2. Expérimentation par simulation de pluie

Le dispositif expérimental adopté dans cette étude repose sur un simulateur d'irrigation manuel à rampe, conçu selon un modèle simplifié décrit par Roose (1996) et Roose *et al.* (1997). Ce simulateur permet de générer une pluie artificielle sur une parcelle expérimentale en vue de mesurer le ruissellement de surface ainsi que les pertes en sol qui y sont associées (Barthès *et al.*, 1998). Il s'inspire du prototype initial développé par Asseline et Valentin (1976), adapté pour fonctionner sur différentes pentes et avec un faible volume d'eau (60 litres).

Les essais ont été réalisés sur des parcelles expérimentales d'une superficie de 1 m^2, délimitées à l'aide d'un cadre métallique mesurant 1,66 m de long sur 0,60 m de large (photo 1). Le système d'arrosage utilisé délivre une intensité simulée de 80 mm/h.

Au total, 56 tests ont été effectués afin d'analyser les variations des niveaux d'infiltration, de ruissellement et de transport solide en fonction de différents types de sols et d'occupations du sol. Plus précisément, 12 tests ont été réalisés sur des vertisols, 16 sur des sols calcimagnésiques, 16 sur des sols peu évolués, 8 sur des sols minéraux bruts et 4 sur des sols isohumiques. En termes d'occupation du sol, 16 tests ont été menés sur des jachères, 12 sur des terres abandonnées, 20 sur des parcelles en céréaliculture et 4 sur des terres arborées (tableau 1). Par ailleurs, afin de saisir l'impact de la variabilité saisonnière sur le comportement hydrodynamique des sols, les 56 tests ont été répartis équitablement sur les quatre saisons de l'année, soit 14 tests par saison.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Tableau 1. Répartition des parcelles expérimentales.

En fonction du type de sol					
	Sols calcimagnésiques	Sols minéraux bruts	Sols peu évolués	Sols isohumiques	Vertisols
Automne	4	2	4	1	3
L'hiver	4	2	4	1	3
Printemps	4	2	4	1	3
L'été	4	2	4	1	3
En fonction de l'utilisation du sol					
	Terres abandonnées	Jachères	Céréaliculture	Terres arborées	
Automne	4	4	5	1	
L'hiver	4	4	5	1	
Printemps	4	4	5	1	
L'été	4	4	5	1	

Source : élaboration personnelle.

2.2.1. Déroulement de test

Avant toute opération d'irrigation, il est essentiel de procéder à une série de mesures et de calculs visant à évaluer les principaux facteurs influençant le ruissellement, tels que l'état de surface, la rugosité du sol, la morphologie du terrain, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques du sol à travers un échantillonnage pour analyse en laboratoire.

L'état de surface du sol est évalué selon la méthode des points quadrats décrite par Roose (1996). Deux transects diagonaux sont tracés à l'intérieur de la parcelle à l'aide d'un mètre, et des piquets sont implantés tous les 2 cm (photo 2). Pour chaque point d'observation, la surface est classée en trois catégories : surface couverte (SC %, incluant la végétation, la litière et les cailloux en surface), surface fermée (SF %, comprenant les croûtes, les zones tassées et les cailloux intégrés dans la masse du sol) et surface ouverte (SO %, correspondant aux agrégats, fissures et cavités liées à la faune).

La rugosité de la surface a été mesurée par méthode à la chaînette développée par Roose (1996). Il consiste a utilisé une chaînette métallique flexible, tenue manuellement à ses deux extrémités, de telle sorte qu'elle se dépose sur la tranche de sol située à l'aplomb de la règle rigide. Étant donné que la chaîne épouse la rugosité de la surface du sol et suivre les ondulations de la surface (en hauteur comme en largeur) leur longueur excède celle du cadre d'expérimentation. L'indice de rugosité (Ir %) est obtenu en rapportant la longueur réelle de la chaînette déployée à la distance linéaire mesurée. La rugosité moyenne de la parcelle est calculée à partir de six mesures, réalisées selon deux directions : trois dans le sens longitudinal et trois dans le sens transversal.

La détermination de la pluie d'imbibition (pi) est réalisée à l'aide d'un arrosoir de 10 litres, en enregistrant le volume et le temps nécessaires pour que la première goutte de ruissellement apparaisse à l'aval de la parcelle (photo 3). Une fois cette pluie d'imbibition déterminée, l'expérience se poursuit sans interruption. Les 10 litres d'eau sont appliqués en 7 minutes et 30 secondes, correspondant à une intensité de 80 mm/h. À chaque apport de 10 litres, le volume d'eau ruisselée est mesuré à la sortie de la parcelle. Ce processus est répété jusqu'à l'obtention de deux volumes identiques consécutifs, indiquant la stabilisation du ruissellement et une perméabilité constante du sol (photo 4).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Par ailleurs, la quantification de la charge solide nécessite la collecte des eaux de ruissellement tout au long de l'expérience afin d'en analyser la teneur en sédiments.

Photo 1. Parcelle expérimentale délimitées à l'aide d'un cadre métallique. Source : cliché le 25/01/2022.

Photo 2. Mesure de L'état de surface du sol selon la méthode des points quadrats. Source : cliché le 25/01/2022.

Photo 3. La première goutte de ruissellement apparaisse à l'aval de la parcelle. Source : cliché le 25/01/2022.

Photo 4. Collecte des eaux de ruissellement pour la quantification de la charge solide. Source : cliché le 17/03/2021.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

2.2.2. Coefficient de ruissellement (Cr %)

Le coefficient de ruissellement (Cr) est le rapport entre le volume d'eau ruisselée à la sortie d'une surface considérée et le volume total d'eau arrosé (volume ruisselé + volume infiltré) (Wodiew, 1987). La détermination du coefficient de ruissellement (Cr) pour les différents tests de simulation de pluie s'effectue selon la formule suivante :

$$Cr(\%)=(E.R(mm)\div E.T(mm))*100 \qquad [7]$$

- Cr (%) : Le coefficient de ruissellement (%)
- $E.R(mm)$: le volume d'eau ruisselé (litres)
- $E.T(mm)$: le volume total d'eau (volume ruisselé + volume infiltré)

2.2.3. L'analyse statistique

Une analyse statistique a été réalisée pour examiner les relations entre les résultats obtenus et les facteurs influençant les mécanismes de ruissellement et d'infiltration. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été utilisés à cette fin. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statgraphics XVII - X64 pour Windows, les résultats étant rapportés à un niveau de signification de 0,05.

2.2.4. Méthodologie de comparaison des résultats de RUSLE et simulation de la pluie

Dans cette étude, une comparaison est faite entre les résultats de l'équation de perte universelle de sol et ceux de la technique de simulation de pluie, puisque les deux approches évaluent l'érosion en nappe. Les résultats obtenus par la simulation des pluies concernent une surface d'un m^2. Dans un premier temps, ces résultats sont convertis en tonnes par hectare, ce qui correspond à la quantité d'eau arrosée sur la parcelle (par exemple, 60 mm). Puis, pour calculer les pertes annuelles de sol, cette quantité est convertie pour correspondre au total des précipitations annuelles dans la région (576 mm). Afin de convertir le volume de perte de sol sur une surface d'un mètre carré en tonnes par hectare et par an, la relation suivante a été adoptée (Afenzar, 2024) :

$$A= (A_s *P) /p_s \qquad [8]$$

- Avec, A : Perte de sol (tonnes/ha/an)
- As : Perte de sol moyenne inter-saisonnière basée sur la simulation des pluies (tonnes/ha)
- Ps : Quantité d'eau arrosée sur la parcelle
- P : Précipitations annuelles moyennes dans la région

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Paramètres du modèle

Agressivité des précipitations (R) : Les résultats du facteur d'agressivité des pluies dans le bassin de l'Oued Aghrouz, basés sur l'équation [2], et son application aux données pluviométriques disponibles aux stations d'Oued Amlil, Bab Marzouka, et Oued Amlil, ont montré que les valeurs du facteur R dans le bassin de l'Oued

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Aghrouz sont proches les unes des autres, allant de 73,1 à 89,8, avec une croissance de l'aval à l'amont du bassin (figure 2). À titre de comparaison, les valeurs obtenues sont proches de celles trouvées dans le reste du Rif par un groupe de chercheurs ayant travaillé avec l'une des deux équations : 56,3 dans le bassin de l'Oued El Telata (Abahrour, 2009) et 96 dans le bassin de l'Oued Lahdar (Amhani, 2022).

Érodabilité du sol : Les résultats obtenus montrent que l'érodabilité du sol dépend étroitement de la texture du sol et de la teneur en matière organique, et qu'elle varie d'un sol à l'autre. Ces valeurs varient de 0,21 pour les sols isohumiques à 0,38 pour les sols peu évolués, ce qui est cohérent avec les valeurs obtenues avec le même indice aux États-Unis d'Amérique après des expériences menées dans plus de 55 types de sols sur plus de 10 000 parcelles expérimentales ; elles varient de 0,03 à 0,69, avec une fréquence élevée de valeurs de 0,1 à 0,5 pour les sols peu résistants (Al Karkouri, 2003). La distribution de l'érodabilité des sols selon la classification (Manrique, 1988) révèle des différences significatives (tableau 2), avec une proportion élevée de sols à forte érodabilité (plus de 46,3 %), tandis que les sols à faible érodabilité représentaient moins de 24,8 % et que les sols à érodabilité moyenne ne dépassaient pas 28,7 %. (figure 3).

Tableau 2. Distribution d'érodabilité des sols dans le bassin de l'Oued Aghrouz.

Taux d'érodabilité du sol	Classe d'érodabilité des sols	Surface	Pourcentage du bassin
K<0.15	Très faible érodabilité	0	0
0.15<k<0.25	Faible érodabilité	10.1	24.8
0.25<k<0.35	Moyennement érodables	11.7	28.7
0.35<k<0.45	Fort érodabilité	18.9	46.3
0.45<k	Très fort érodabilité	0	0

Source : traitement personnel des données issues de la carte d'érodibilité des sols basés sur le rapport de SETE 1996.

Facteur topographique (LS) : Les valeurs du facteur LS varient de 0,03 à 234,8 (fig. 4). Elles sont élevées dans les zones montagneuses en amont du bassin, où le sol est instable et menacé par l'érosion. D'autre part, des valeurs plus faibles (LS < 5) sont enregistrées dans la partie occidentale et en aval dans la plaine qui occupe la partie sud du bassin versant. Elles correspondent à une faible altitude de la plaine et du chenal du cours d'eau. Cela s'explique par le relief assez hétérogène qui caractérise la zone d'étude.

Facteur d'utilisation des sols (C) : Les valeurs associées aux cultures annuelles (0,53) sont dominées à 60 % en raison de la prédominance de la culture céréalière dans la zone d'étude (figure 5, tableau 3). En deuxième position, on trouve les terres consacrées à l'arboriculture, qui couvrent 20,5 % de la zone d'étude. Enfin, les valeurs associées aux cultures des oliviers, qui représentent 18,1 % de la superficie du bassin**.**

Tableau 3. La distribution du facteur d'utilisation des sols.

Utilisation des sols	Facteur C	Surface	Pourcentage
Terres incultes	0.75	0.28	1.10
Cultures des oliviers	0.28	5.39	18.01
Céréaliculture	0.26	30.57	60
Arboriculture	0.25	4.48	20.5
Forêt ouverte	0.08	0.01	0.32

Source : élaboration personnelle à partir des Images de Google Earth 2021 et les observations sur le terrain.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

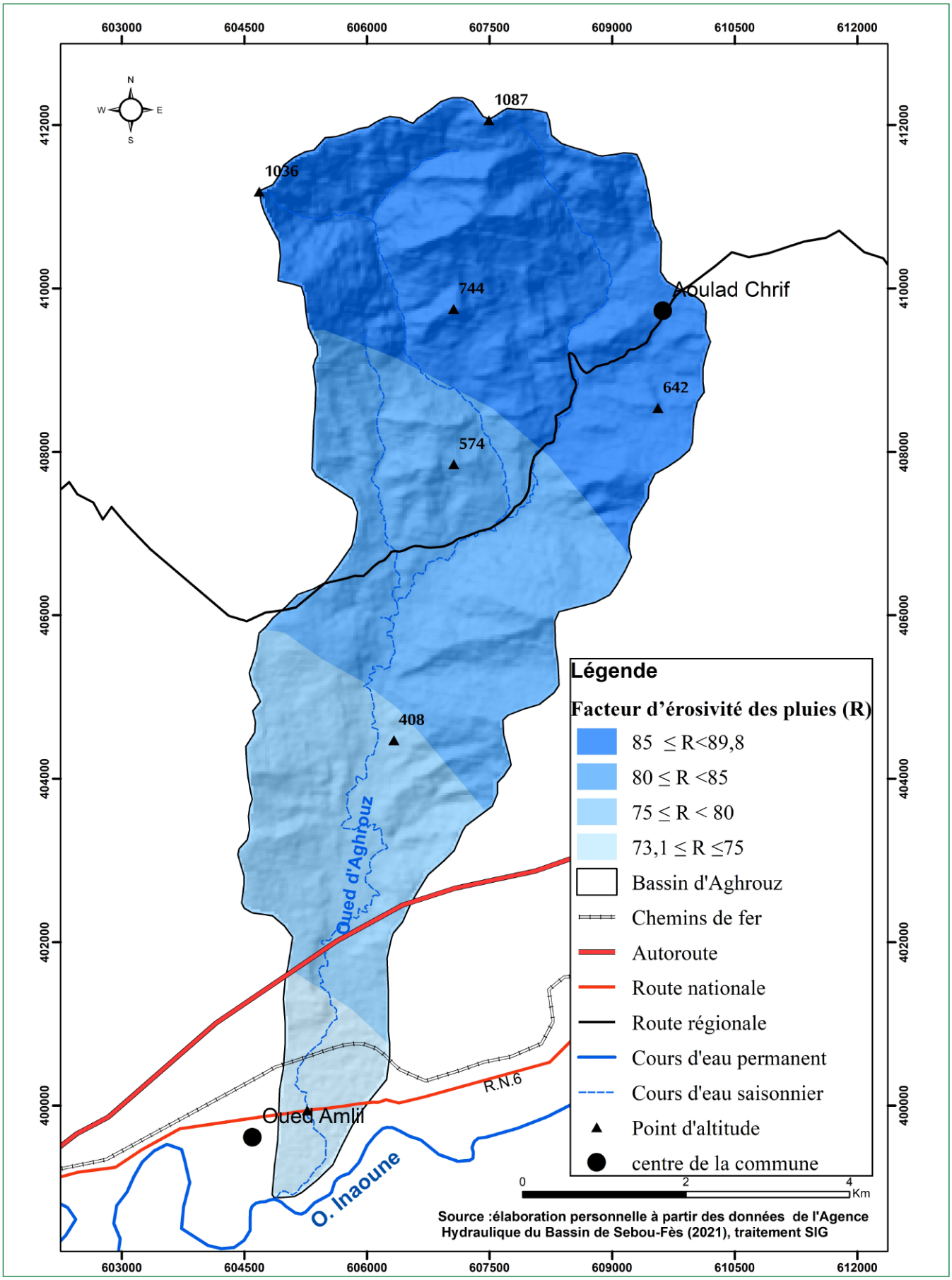


Figure 2. Les résultats du facteur d'agressivité des pluies. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

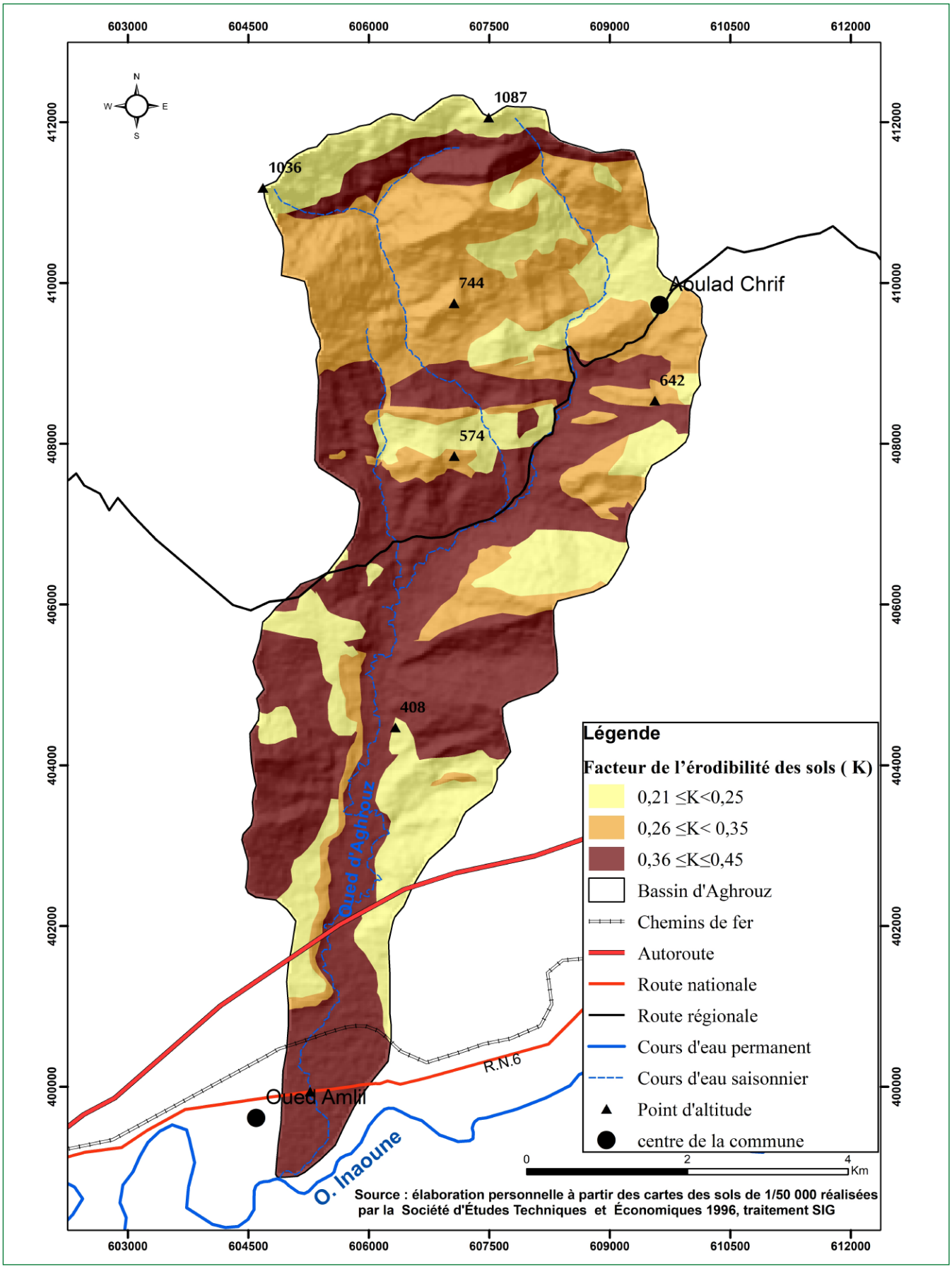


Figure 3. Répartition des classes d'érodibilité des sols dans le bassin de l'Oued Aghrouz. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

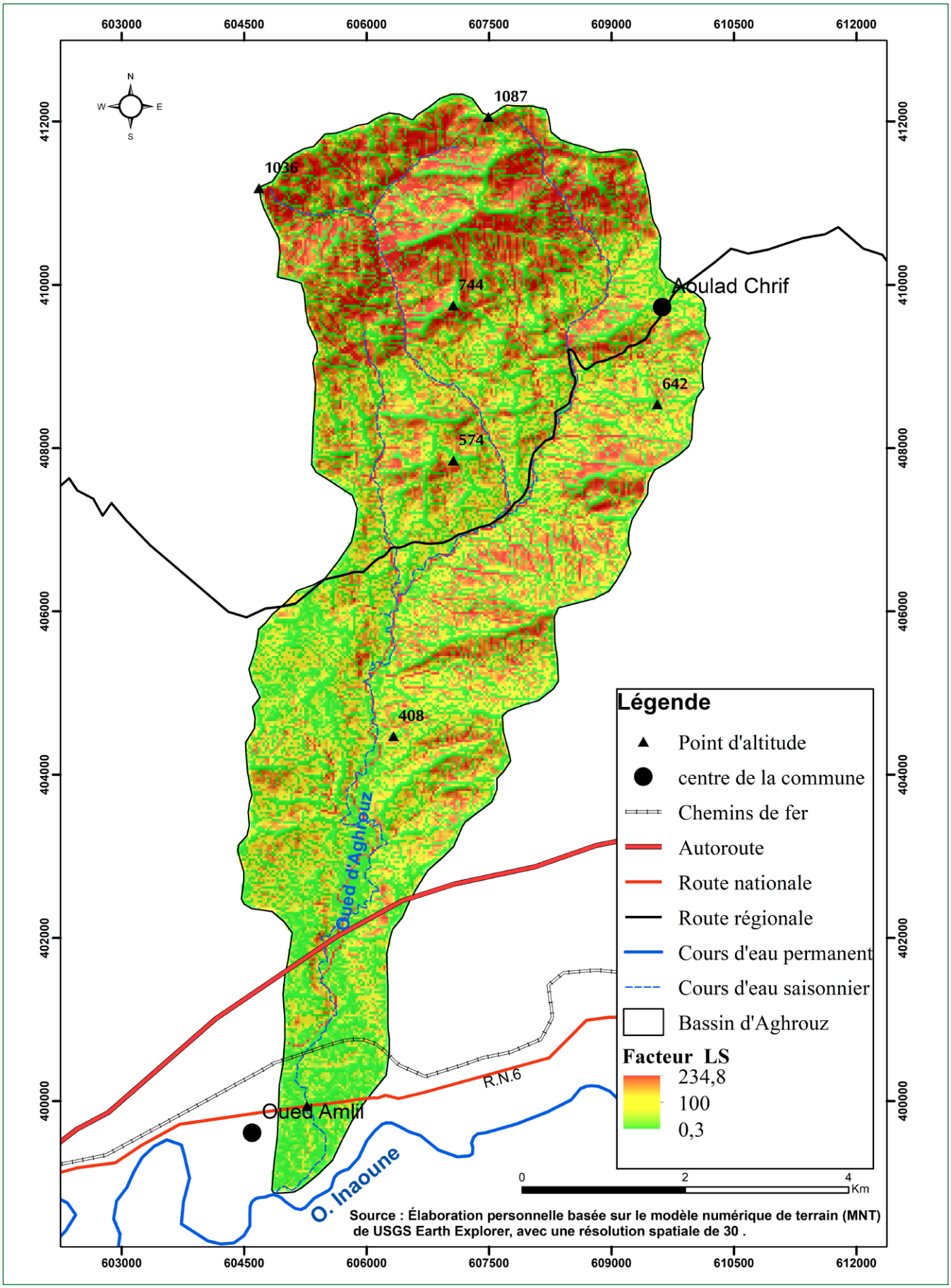


Figure 4. La distribution du facteur LS. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

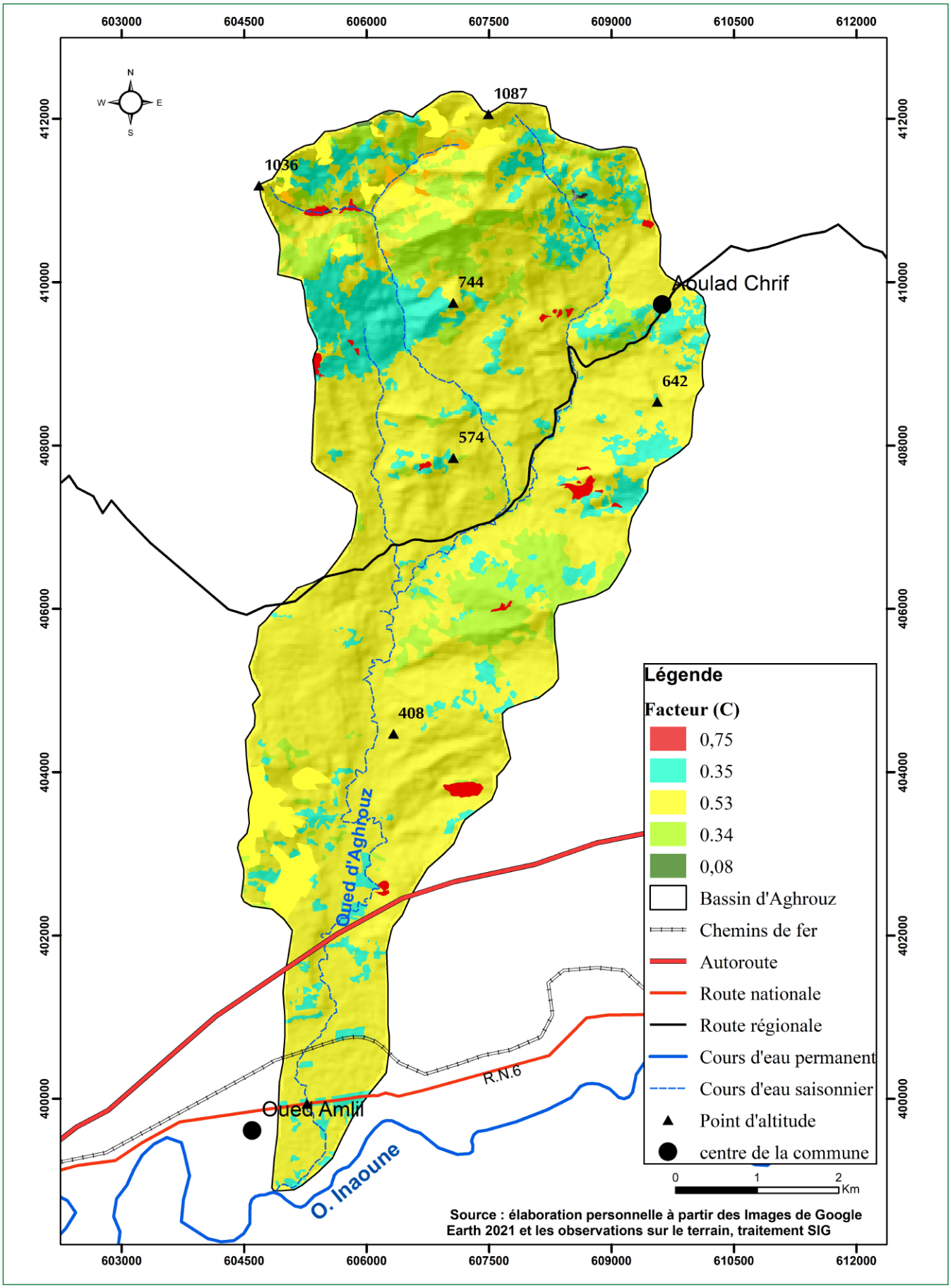


Figure 5. La distribution du facteur d'utilisation des sols. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

3.2. Résultats de quantitative de l'érosion par module RUSLE

Après avoir déterminé les facteurs de l'équation de la perte universelle de sol, une carte de la distribution de la perte de sol par pixel a été créée. Afin de rendre la carte lisible et analysable, ces différentes valeurs ont été regroupées en catégories sur la base de la classification utilisée aux États-Unis, qui est fondée sur la résistance du sol à l'érosion hydrique. Cette dernière suppose qu'en moyenne, le sol peut supporter une dégradation allant jusqu'à 7,41 t/h/an tout en maintenant un niveau élevé de production agricole. La perte est considérée comme très élevée et la dégradation forte lorsqu'elle dépasse 19,7 t/h/an. Ce seuil peut en effet affecter négativement la production agricole (Faleh, 2010 ; Mokhtari 2017 ; Sadiki *et al.* 2004).

Les résultats de l'application de ce modèle indiquent que l'érosion moyenne dans le bassin de l'Oued Aghrouz est de 30,6 t/h/an. Les valeurs de perte de sol dans la zone étudiée varient entre 0,10 et 180,12 t/h/an. En outre, l'analyse de la distribution des pertes de sol révèle que l'érosion moyenne, qui s'étend de 7,44 à 19,7 t/h/an, est la plus répandue, couvrant 32,4 % de la superficie totale du bassin. L'érosion très forte, avec un volume supérieur à 32,13 tonnes par an, représente 24,7 % de la superficie totale du bassin, tandis que l'érosion faible couvre 18,6 % de cette même superficie et que l'érosion forte s'étend sur 24,11 % (figure 6 et 7). Les faibles valeurs de perte de sol sont prédominantes dans la partie sud du bassin, où le terrain est presque plat et où les pentes sont faibles. Des valeurs élevées sont observées dans la partie nord, où le risque d'érosion est clairement visible sur le terrain en raison de la présence d'un système de pentes fortes, en plus des valeurs élevées du coefficient d'agressivité des précipitations R. Ces chiffres mettent en exergue la nécessité impérieuse d'intervenir de manière proactive pour enrayer le processus de dégradation des sols et restaurer les terres affectées par l'érosion, afin d'éviter qu'elles ne se transforment en formes d'érosion plus profondes et plus dévastatrices.

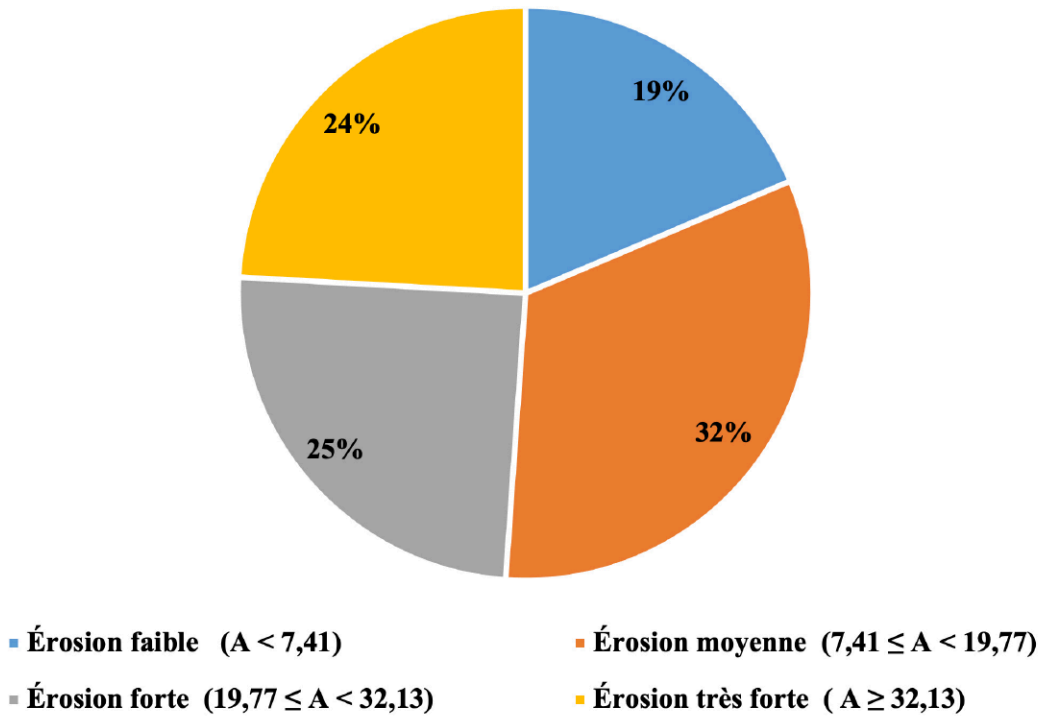


Figure 6. Distribution des classes de perte de sol. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

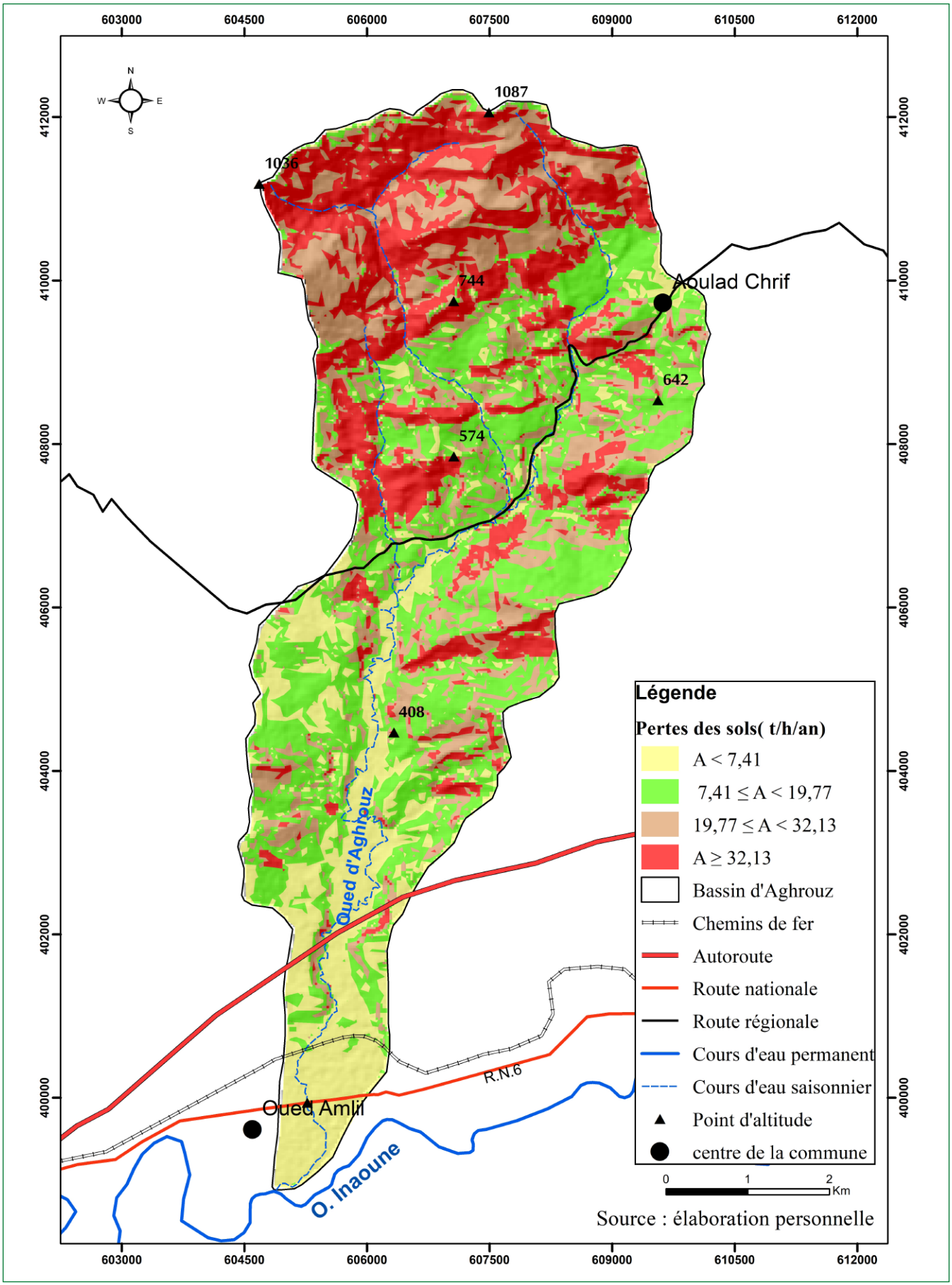


Figure 7. Carte de distribution de perte de sol dans le bassin de l'Oued Aghrouz. Source : élaboration personnelle.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

En examinant les résultats obtenus dans le bassin de l'Oued Aghrouz, il apparaît que ceux-ci ne diffèrent pas significativement des résultats d'un ensemble de chercheurs dans d'autres régions marocaines. Par exemple, le bassin de l'Oued Lahdar dans le Rif oriental a enregistré environ 31 t/h/an (Amhani, 2022), tandis que (El Hafid & Akdim, 2018) a trouvé 21,78 t/h/an dans le bassin de l'Oued Isly dans le Hautes Plateaux Oriental. Par ailleurs, la perte de sol dans le bassin de l'Oued Sahla, situé dans la région du Rif central, a été estimée à 22,01 t/h/an par Sadiki, *et al.* (2009). De même, le bassin de l'Oued Larbaa Ayacha, dans la région du Rif occidental, a été enregistré à une perte de 25,7 t/h/an (Ouallalli, *et al.*, 2016) (tableau 4).

Tableau 4. Volume moyen de perte de sol au Maroc selon le modèle RUSLE.

Bassin versant	Perte de sol (t/h/an)	Référence
Telata Prérif oriental	61.42	(Abahour, 2009)
Larbaa Prérif oriental	49.7	(Arari, 2022)
Lahder Prérif oriental	31	(Amhani, 2022)
Tensift Haut Atlas	44.03	(Meliho, *et al.* 2020)
Aknoul rif central	39 .89	(Faleh, 2010)
Amzaz rif central	78	(Chaouan, 2015)
El Mallah prérif	41	(El Aroussi *et al.*, 2011)
Isly Hautes Plateaux Oriental	21.78	(El Hafid, et Akdim, 2018)
Isra rif central	42 .12	(El ommal, 2021)
Sahla rif central	22.01	(Sadiki, *et al.*2009)
Bousouab Rif oriental	55,35	(Sadiki, *et al.*2004)
Beni Boufrah rif central	46.5	(Al Karkouri, 2003)
Arbaa Ayacha Rif Occidental	25.77	(Ouallalli, *et al.* 2016)
Beht Hauts Plateaux et Moyen Atlas	19.40	(Gaatib, *et al.* 2014)
Kharouba Plateau central	27.38	(Tahiri, *et al.*2024)

Source : élaboration personnelle.

D'autre part, ces résultats sont inférieurs aux estimations d'un ensemble de chercheurs sur autres régions du Maroc. En effet, Abahrour, (2009) a trouvé 61 t/h/an dans le bassin de l'Oued El Telata dans le Prérif oriental. Tandis que El Aroussi *et al.* (2011), ont obtenu dans le bassin de l'Oued El Mallah dans le Prérif central un résultat de 41 t/h/an. D'autre part, une perte de sol de 39,89 t/h/an dans le bassin d'Aknoul dans le Rif central (Faleh, 2010). La dégradation dans le bassin de l'oued Beni Boufarah dans le Rif central a été estimée à 46,5 t/h/an (Al Karkouri, 2003). Cela peut s'expliquer par la prédominance des terres abandonnées dans ces zones, qui sont considérées comme plus productrices de sédiments que le bassin de l'Oued Aghruoz. D'autres facteurs, comme l'agressivité des précipitations et les caractéristiques du sol, peuvent également avoir un impact.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

3.3. Résultats de simulation de pluie

3.3.1. Ruissellement et infiltration

Les différentes simulations réalisées mettent en évidence un coefficient de ruissellement relativement élevé durant la saison humide, tandis que des valeurs plus faibles sont généralement enregistrées en période sèche, à quelques exceptions près (notamment les points P2, P5 et P8) (tableau 5). Ce ruissellement exceptionnel observé en automne peut être attribué à plusieurs facteurs : l'encroûtement et la compaction du sol par le piétinement animal, une couverture végétale réduite et une rugosité de surface inférieure à celle relevée en hiver. Plusieurs travaux ont d'ailleurs souligné que la production de ruissellement est étroitement liée aux propriétés physiques de l'état de surface du sol ainsi qu'à sa couverture végétale (Sabir *et al.*, 2004 ; Morsli *et al.*, 2004).

D'un point de vue de l'occupation du sol, les terrains abandonnés et ceux en jachère présentent les taux de ruissellement les plus élevés, atteignant jusqu'à 70 % en hiver sur les sols peu évolués. À l'inverse, les terrains en céréaliculture affichent des taux nettement inférieurs (jusqu'à 5,5 %). Des études antérieures menées dans des contextes similaires (Arabi, 1991) ont rapporté des taux avoisinant 30 % sur des sols nus et compactés. Les faibles valeurs enregistrées en céréaliculture s'expliquent notamment par la présence de résidus de culture (chaumes) en été et par la couverture végétale hivernale et printanière, qui contribuent à réduire la vitesse de ruissellement.

Les fluctuations saisonnières de l'infiltration finale sont également notables, avec des valeurs oscillant entre 19,8 et 77,44 mm/h. Les taux les plus élevés sont relevés durant la saison estivale, notamment sur les terres agricoles (P11 = 77,44 mm/h). Cette infiltration élevée est favorisée par l'état de surface résultant du travail du sol, qui améliore la rugosité, la porosité et le stockage superficiel de l'eau, en plus d'une faible humidité initiale. Ces résultats corroborent ceux d'études menées dans la même région (Al Karkouri, *et al.*, 2000). Le travail du sol joue ainsi un rôle essentiel en augmentant l'infiltrabilité, comme l'ont également montré Gómez *et al.* (2005). Les terres en jachère présentent des taux intermédiaires, supérieurs à ceux des terrains abandonnés mais inférieurs à ceux des terres labourées, avec une valeur maximale en été (68,6 mm/h) et une valeur minimale en hiver. Cette pratique agricole contribue donc efficacement à la réduction du ruissellement et à l'amélioration de l'infiltration (Abahrour, 2009 ; Boli & Roose, 2004 ; Diallo *et al.*, 2012 ; El Ommal, 2023 ; Laouina *et al.*, 2000 ; Zaher *et al.*, 2021).

Le type de sol constitue également un facteur déterminant. Sur les vertisols, les taux d'infiltration finale restent faibles sur les terres abandonnées (moins de 34 mm/h), alors qu'ils peuvent atteindre 64,41 mm/h en été sur les parcelles en céréaliculture. Cette variabilité s'explique par la forte teneur en argiles gonflantes, qui, en gonflant lors de l'humectation, ferment les fissures superficielles et limitent ainsi l'infiltration. Concernant les sols peu évolués, les infiltrations les plus importantes sont enregistrées sur les terrains labourés, dépassant 63 mm/h tout au long de l'année, avec des pics estivaux. Ces valeurs sont comparables à celles mesurées à l'échelle d'un mètre carré dans d'autres travaux (Amhani, 2022). À l'inverse, les valeurs minimales sont relevées en hiver sur les terres abandonnées, avec des différences notables allant jusqu'à un facteur de 2 à 3 par rapport aux terres labourées.

Enfin, sur les sols calcimagnésiques, l'infiltration finale reste faible en hiver (P5 = 41,8 mm/h), moyenne en automne et au printemps, et atteint des niveaux très élevés en été, dépassant 73,1 mm/h, en particulier sur les terres labourées en céréaliculture. La moyenne saisonnière s'établit autour de 59 mm/h, ce qui confirme l'importance de la gestion du sol dans la régulation des processus hydrologiques superficiels.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Tableau 5. Répartition saisonnière du coefficient de ruissellement et d'infiltration finale.

Parcelle	Automne		Hiver		Printemps		Été	
	If mm/h	Cr (%)	If	Cr	If	Cr	If	Cr
1	44,7	20,22	40,68	65,78	48,92	23,91	54	24,22
2	49,3	47,8	48,3	14,77	48,7	22,58	53,16	56,92
3	39,7	34,22	33,6	50,34	17,6	43,7	50,8	42,15
4	47,9	19,8	44,8	20	70,2	18,8	73,01	19,14
5	23,2	60,2	40,68	37,85	37,84	38,53	42,4	32,35
6	34	48,45	25,92	52,34	32,44	37,03	33,92	42,18
7	49,3	13,9	45,01	15,57	46,3	18	64,4	14,48
8	58	20,4	54,04	10	58,36	19,93	63,2	20,46
9	66,6	13,3	65,92	10,01	56,16	16,66	68,64	6,34
10	43,2	40,9	19,88	70	39,2	33,35	50,4	30,5
11	70,5	10	58,8	19,13	60,9	19	77,44	8,47
12	71,4	9	60,72	15,1	63,28	20,2	65,28	14
13	46,3	30	41,8	40	48,8	33,2	50,1	28,53
14	33,6	28,1	40,68	7,5	70,96	34,2	44,7	33,43

Source : élaboration personnelle.

3.3.2. L'érosion et perte de sols

Les résultats obtenus révèlent que l'érosivité maximale est observée pendant l'automne, avec une moyenne de 28 g/L. Les valeurs de production sédimentaire maximale sont enregistrées respectivement sur les terrains labourés des vertisols (P8 : 140 g/L) (tableau 6), des sols calcimagnésiques en arboriculture (P5 : 39 g/L) et des sols peu évolués sur les terrains abandonnés (P9 : 20 g/L). Cette situation est due à la fragilité des premiers horizons du sol en raison de la longue période d'ensoleillement, ainsi qu'à une dénudation généralisée des sols à la fin de la saison sèche. Ces résultats sont cohérents avec ceux trouvés par d'autres chercheurs tels que Roose *et al.* (2000), Laouina, *et al.* (2000) et Morsli *et al.* (2004).

Les turbidités restent faibles pendant le printemps, avec des valeurs variant de 0,4 g/L pour les sols peu évolués sur les terrains abandonnés à 68,2 g/L pour les vertisols sur les terrains labourés, avec une moyenne de 16,04 g/L. Les turbidités moyennes pour chaque type de sol varient de 61,6 g/L pour les vertisols à 4 g/L pour les sols isohumiques. L'humidité initiale élevée et la couverture herbacée pendant cette période contribuent à maintenir la cohésion de la texture du sol, ce qui réduit les pertes en sol.

Les pertes en sol importantes observées sur les terres labourées témoignent de la vulnérabilité accrue de ces surfaces à l'érosion hydrique. Cette constatation rejoint les résultats de plusieurs travaux antérieurs qui ont mis en évidence l'effet délétère du travail du sol sur la stabilité des structures superficielles (Abahrour, 2009 ; Boli & Roose, 2004 ; Diallo *et al.,* 2012 ; El Ommal *et al.*, 2021 ; Laouina *et al.,* 2000). Dans cette même perspective, Zaher *et al.* (2021) soulignent que les terres cultivées présentent des taux d'érodabilité supérieurs d'un à trois ordres de grandeur par rapport aux terres dotées d'une couverture végétale permanente. Ces résultats plaident en faveur de la réduction du labour (grâce à des techniques telles que le semis direct ou

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

l'agriculture de conservation), de la préservation d'une couverture végétale (végétation pérenne, mulch ou cultures intermédiaires) et de l'adoption de pratiques anti-érosives (bandes enherbées, terrasses).

En revanche, les parcelles en jachère se distinguent par des taux de turbidité faibles, attribuables à une couverture végétale dense au long de l'année qui joue un rôle protecteur efficace contre l'érosion. Au printemps et en été, ces surfaces sont dominées par une couverture des adventices ainsi que des résidus de paille, constituant ainsi une barrière naturelle contre les impacts des gouttes de pluie et le ruissellement de surface et en favorisant l'infiltration, contribue à réduire considérablement les pertes en sol. (Abahrour, 2009).

Tableau 6. Les pertes saisonnières des sols en g/l.

Parcelle	Automne	Hiver	Printemps	Été
1	13	10,7	7,1	9,4
2	8,6	0,7	2,2	3,68
3	7,5	4,2	7,2	4,78
4	19,8	19,6	8,8	19,14
5	39,6	8,6	27,3	58,06
6	55,0	19,0	21,0	22,5
7	58,1	49,4	33	57,9
8	140	109,9	68,2	98,2
9	20,6	36,5	7,9	25,6
10	6,2	5,5	0,4	2,8
11	4,2	27,5	48,4	21,5
12	18,9	4,6	5,0	3,44
13	14	8	3,2	8,53
14	7,5	4	2,0	2,56

Source : élaboration personnelle.

Les résultats de l'analyse statistique menée sur l'ensemble des indicateurs (54 expériences) ont révélé de nombreuses corrélations entre les facteurs responsables et la charge solide. La première est négative avec le taux de surfaces couvertes (R = -0,46), et la seconde est positive avec les surfaces nues, avec une signification statistique (P-Value = 0,0027). Concernant la relation entre la charge solide et les propriétés du sol, les résultats ont montré une forte corrélation inverse avec la teneur en sable (R = -0,7), statistiquement significative (P-Value = 0,001), et une corrélation positive avec la teneur en limon (R = 0,63), également significative (P-Value = 0,001). En outre, une corrélation positive statistiquement significative (P-Value= 0,027) a été observée entre la charge solide et la pente, avec un coefficient de corrélation de R= 0,5. Autrement dit, plus la pente est prononcée, plus la capacité de l'eau à transporter les particules du sol augmente.

3.4. Comparaison entre la méthode RUSLE et la simulation des pluies

La comparaison entre les résultats obtenus en utilisant l'équation universelle de perte du sol et la méthode de simulation de la pluie est présentée dans le tableau 7. Il ressort de cette comparaison une coïncidence dans le degré d'érosion pour 6 parcelles sur 14, ce qui représente environ 42,7 %. Cette concordance inclut

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

4 parcelles sur 5 dans les sols peu évolués et 2 parcelles sur 3 dans les sols calcimagnésiques. D'autre part, trois parcelles présentent une différence d'un degré dans le niveau d'érosion, ce qui représente environ 21 % de l'échantillon. Au niveau du sol minéraux brut, la simulation des pluies ont conduit à un niveau d'érosion modéré, tandis que les résultats de l'équation universelle de perte du sol ont donné une forte érosion. Ces divergences peuvent être considérées comme acceptables en raison de la différence d'échelle, s'échelonnant d'un mètre à un grand versant.

D'une autre part, les résultats ont montré qu'il y avait des différences significatives au niveau du vertisol, où une très forte érosion a été observée en utilisant la simulation des pluies, alors qu'une faible érosion a été observée en utilisant l'équation mondiale du perte sol.

Tableau 7. Comparaison des résultats obtenus par Rusle avec les résultats de la simulation des pluies.

Parcelles	Simulation des pluies	Rusle	Parcelles	Simulation des pluies	Rusle
1	Érosion moyenne	Érosion Forte	8	Érosion très forte	Érosion faible
2	Érosion moyenne	Érosion Forte	9	Érosion très forte	Érosion faible
3	Érosion moyenne	Érosion Forte	10	Érosion faible	Érosion faible
4	Érosion moyenne	Érosion moyenne	11	Érosion moyenne	Érosion moyenne
5	Érosion très forte	Érosion très forte	12	Érosion faible	Érosion faible
6	Érosion très forte	Érosion faible	13	Érosion faible	Érosion très forte
7	Érosion très forte	Érosion faible	14	Érosion faible	Érosion faible

Source : élaboration personnelle.

D'autre part, bien que la technique de simulation des pluies soit appliquée à l'échelle du mètre carré et qu'il soit difficile de la généraliser à l'ensemble du versant et du bassin par rapport à la modélisation sur le terrain, la comparaison a révélé des points de convergence et de similitude significatifs sur un même versant. Quant aux zones présentant des différences marquées, celles-ci sont liées aux variations observées entre les parties supérieures et inférieures du versant.

Par ailleurs, les écarts enregistrés par simulation des pluies, avec des valeurs élevées pour certaines parcelles, s'expliquent par le fait que l'équation universelle de perte en sol a été développée pour prédire l'érosion annuelle. Ainsi, son applicabilité se limite à l'estimation de la perte moyenne en sol sur une zone donnée. Cette équation tend à sous-estimer les valeurs mesurées, particulièrement dans le cas de précipitations exceptionnelles et intenses. En revanche, les résultats obtenus par simulation des pluies sont associés à des précipitations artificielles de forte intensité (80 mm/h).

4. CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence l'ampleur du phénomène d'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Aghrouz à travers une double approche : la modélisation spatiale par l'équation RUSLE et l'expérimentation in situ par simulation de pluie. Les résultats de la modélisation indiquent une perte moyenne de 30,6 t/ha/an, avec des valeurs locales dépassant 150 t/ha/an, traduisant une dynamique érosive particulièrement active. Cette intensité est liée à la fois aux caractéristiques naturelles du milieu (substrat marneux, fortes pentes, sols peu perméables) et aux pratiques humaines. L'analyse de l'occupation du sol a montré que les terres labourées et abandonnées sont les plus vulnérables. Les labours effectués traditionnellement sans mesures antiérosives, la rareté de la couverture végétale saisonnière, et la pression des pratiques associées (piétinement, compactage des sols) favorisent le ruissellement et augmentent la production de sédiments.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

D'un autre côté, l'insuffisance d'aménagements de conservation et la méconnaissance des risques de l'érosion constituent des facteurs anthropiques responsables de l'intensification de ce phénomène.

L'utilisation du simulateur de pluie s'est révélée particulièrement adaptée pour analyser le ruissellement, l'infiltration et l'impact des pratiques culturales sur le comportement hydrodynamique des sols. Cette approche a permis de préciser le rôle de facteurs clés tels que l'état de surface, l'humidité initiale, la couverture végétale et la capacité d'infiltration dans le déclenchement du ruissellement et des pertes en sol.

La comparaison des deux méthodes a mis en évidence une concordance de 42,7 %, soulignant leur complémentarité : la simulation de pluie fournit des données locales et fines, tandis que la modélisation spatiale permet une vision intégrée à l'échelle du bassin. Les écarts observés s'expliquent par des différences d'échelle, par des paramètres non pris en compte dans le modèle RUSLE et par la variabilité spatiale des pratiques humaines. Cette étude souligne ainsi la nécessité d'intégrer les facteurs socio-économiques et les dynamiques d'usage du sol dans les modèles d'évaluation de l'érosion. La durabilité des aménagements hydriques et agricoles dépend étroitement de l'implication des acteurs locaux, de la robustesse des politiques de gestion intégrée des bassins versants et de l'adoption de mesures de conservation adaptées au terrain.

En définitive, la lutte contre l'érosion hydrique ne peut se limiter à une approche strictement technique ou physique ; elle doit s'appuyer sur une démarche intégrée qui articule facteurs naturels et pressions anthropiques. C'est dans cette synergie que réside la possibilité de préserver durablement les ressources en sols, indispensables au développement territorial et à la résilience des écosystèmes ruraux. Les recherches futures gagneraient à inclure des indicateurs socio-environnementaux et des scénarios d'évolution de l'occupation des terres afin de renforcer les stratégies d'adaptation et de mitigation. Enfin, cette contribution fournit des éléments pertinents pour la gestion et la stabilisation des bassins versants, et ouvre de nouvelles perspectives sur l'étude de l'érosion en nappe et du transfert sédimentaire vers l'aval, notamment en direction du barrage Idriss 1er.

Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à Mr Afenzar Mohamed pour sa précieuse collaboration pendant le travail sur le terrain. Les auteurs remercient également chaleureusement les réviseurs pour leurs commentaires perspicaces, qui ont sans aucun doute contribué à améliorer la qualité de ce travail.

Responsabilités and conflits d'intérêts

Les auteurs s'engagent à divulguer tout conflit d'intérêts existant ou potentiel intérêt par rapport à la publication de cet article. De plus, les contributions des quatre auteurs concernés sont présentées comme suit :

- Miloud Afenzar : Conceptualisation, Méthodologie, Étude sur le terrain, Rédaction, Préparation de la version originale, Analyse des données.
- Abahrour Mohamed : Conceptualisation, Méthodologie, Étude sur le terrain, Rédaction - Préparation de la version originale, Analyse des données, Révision.
- Mohmed El Bakkarri : Analyse des données, Rédaction - Révision et édition.
- Hamid Achiban : Analyse des données, Rédaction - Révision et édition.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

RÉFÉRENCES

Abahrour, M. (2009). *Contribution à l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique dans le Prérif Oriental (Cas du bassin versant de l'Oued Telata)*. [Thése de doctorat]. Univirsité Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc. (In Arabe, with English Abstract).

Afenzar, M. (2024). *Evaluation quantitative et qualitative de l'érosion hydrique dans le Prérift oriental : Le cas du bassin de l'Oued Aghrouz*. [Thése de doctorat] Univirsité Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc. (In Arabe, with English Abstract).

Al Karkouri, J. (2003). *Dégradation du milieu naturel dans le bassin versant de Béni Boufrah (Rif central- Maroc) : Analyse des facteurs et des processus, essai de quantification et de modélisation spatiale*. [Thèse de Doctorat d'Etat]. Univirsité Mohamed V, FLSH Rabat, Maroc.

Al Karkouri, J., A. Laouina, E. Roose, &Sabir, M. (2000). Capacité d'infiltration et risques d'érosion des sols dans la vallée des Beni boufrah- Rif central (Maroc). *Reseau Erosion Bull. Montpellier : IRD,* 20, 342-356.

Amhani, Z. (2022). *Evaluation quantitative et qualitative de l'érosion hydrique, et aménagement dans le Pré-Rif Oriental : cas du bassin versant de l'oued lahdar.* [Thése de doctorat].Univirsité Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc.

Arabi, M. (1991). *Influence de quatre systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen (Médéa, Algérie).* [Thèse Géogr.], Univ. Grenoble..

Arari, Kh. (2022). *Evaluation quantitative et qualitative de l'érosion hydrique, et aménagements dans le Pré-Rif Oriental : cas du bassin versant de l'Oued Larbâa*. [Thése de doctorat]. Univirsité Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc.

Arnoldus, H. M. J. (1980). Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *Bulletin FAO, 34*, 39–48.

Asseline, J. (1997). Le simulateur de pluie en 1997 (type ORSTOM, Asseline-Valentin) : adaptations aux zones semi-arides et de montagne. *Bulletin Réseau Erosion, 17*, 272–281.

Asseline, J., & Valentin, V. (1978). Construction et mise au point d'un inflitromètre à aspersion. *Cahiers de l'ORSTOM. Série Hydrologie*, *15*(4), 321–349.

Barthès, B., Albrecht, A., Asseline, J., de Noni, G., Roose, E., & Viennol, M. (1998**).** Pratiques culturales et érodibilité du sol dans les rougiers de Camarès (Aveyron). *Etude et Gestion des Sols, 5*, 157-170.

Boli, Z., & Roose, E. (2004). Effets comparés du labour classique et du non labour sou litière sur le fonctionnement de deux sols ferrugineux tropicaux sableux à Mbissiri, Nord Cameroun. *Bulletin - Réseau Erosion, 23*(1), 431–437.

Boukheir R., Shaban A., Girard M-C, & Khawlie M, (2001a). Impact des activités humaines sur l'érosion hydrique des sols dans la région côtière montagneuse du Liban. *Sécheresse, 1 2*(3), 231-245.

Casenave, A. (1982). Le mini-simulateur de pluie : conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures. *Cah. ORSTOM, sér. Hydro. XIX,* (4), 207-227.

Casenave, A., & Valentin, C. (1989). *Les états de surface de la zone Sahélienne: Influence sur l'infiltration. In cahiers orstom.*

Chaouan, J. (2015). *L'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) dans l'étude de l'érosion hydrique dans le Rif central – Cas du bassin versant d'Amzaz*. [Thèse de doctorat en géographie]. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs Fès, (In Arabe, with English Abstract).

Cheggour, A., Simonneaux, V., Asma, S., Yaro, Y., Sadik, E., Sabir, M., & Roose, E. (2008). Recherche d'indicateurs de ruissellement et des risques d'érosion au moyen de tests d'infiltrométrie dans le bassin versant du Rhéraya (Haut-Atlas occidental, Maroc). *Revue des sciences de l'eau, 21*(3), 311–322. https://doi.org/10.7202/018777ar.

Collinet, J., & Lafforgue, A. (1979). *Mesures de ruissellement et d'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols de Haute-Volta*. ORSTOM, Abidjan.

Desmet, P. J. J., & Govers, G. A. (1996). GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation, 51*(5), 427-433. https://doi.org/10.1080/00224561.1996.12457102

Diallo, D., Orange, D., & Roose, E. (2012). Influence du labour, du semis direct et du type de sol sur le stock de carbone, les pertes en terre et les rendements d'une rotation intensive (coton/maïs) au Mali Sud. In E. Roose, H. Duchaufour, & G. D. Noni (Eds.), *Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles* (pp. 31–41). Marseille : l'Université d'État d'Haïti, l'Université de Quisqueya,l'Institut de recherche pour le développement (IRD). https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.12500

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

El Aroussi O., Mesrar L., El Garouani A., Lahrach A., Benaabidate L., Akdim B., & Jabrane R. (2011). Predicting the potential annual soil loss using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in the Oued El Malleh catchment (Prerif, Morocco). *Present Environment and Sustainable Development, 5*(2), 5-16.

El Aroussi, O. (2014). *Etude de l'érosion et de la déposition des sols à l'échelle du bassin versant de l'Oued EL Malleh (Fès-MAROC) par l'utilisation conjointe de la télédétection, du SIG et des techniques de mesures sur le terrain.* [Thèse de doctorat nationale en géologie], Faculté des Sciences et Techniques, Sais Fès.

El Hafid, D., & Akdim B. (2018). Quantification De L'erosion Hydrique En Utilisant Le Modèle Rusle Et Déposition Intégrée Dans Un Sig. Cas Du Bassin Versant De L'oued Isly (Maroc Oriental). European Scientific *Journal February edition, 14*(5), 373-385. https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n5p373

El-Ommal, M. (2021). *Dynamique des versants du Rif Central Marocaine : Evaluation quantitative et qualitative de l'érosion hydrique et problématique de l'aménagement spatiale : Cas du bassin versant de l'Oued Sra*. [Thèse de Doctorat]. Univirsité Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc. (In Arabe, with English Abstract).

El-Ommal, M., & Tribak, A. (2023). Hydrodynamic and Erosive Behavior of Vertisols in the Wadi Sra Catchment (Central Rif, Morocco) – Analysis of the Rainfall Simulation Results. *Journal of Ecological Engineering, 24*(5), 66–77. https://doi.org/10.12911/22998993/1612024.0

Faleh, A. (2010**).** *Evaluation qualitative et quantitative de l'érosion des sols dans le Rif central, cas du bassin versant d'Aknoul*. Publications de l'Association Tataoun Asmir. (In Arabe).

Gaatib, R.E., & Larabi, A. (2014). Integrated evaluation of soil erosion hazard and risk management in the oued beht watershed using remote sensing and GIS techniques: impacts on El Kansra dam siltation (Morocco). *Journal Geogr. Inf. Syst., 6*, 677–689. https://doi.org/10.4236/jgis.2014.66056

Gómez, J. A., Romero, P., Giráldez, J. V., & Fereres, E. (2005**).** Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management. *Soil Use and Management, 20*(4), 426–431. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00392.x

Lafforgue, A. (1977). Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles : Application à une exploitation méthodique des données obtenues sous pluies simulées. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., XIV*(4), 299-344.

Lal, R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. CRC. Crit. *Rev. Plant Sci., 17*, 319–464, https://doi.org/10.1080/07352689891304249

Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degrad. Dev. 12*, 519–539. https://doi.org/10.1002/ldr.472

Laouina, A. (1992). Recherches actuelles sur les processus d'érosion au Maroc. *Bulletin - Réseau Erosion, 12*(1), 292–299.

Laouina, A. (2000). Dynamiques agraires et dégradation des terres dans les régions de montagne au Maroc, la perspective d'un développement durable. In *La montagne marocaine* (pp. 1-5). Publ. Chaire UNESCO-GN.

Laouina, A. (2010). Conservation des eaux et des sols au Maroc : prise en compte de la diversité géographiqueWater and soil conservation in Morocco, consideration about the geographical diversity. *Environnement, Aménagement, Société*, *214*, 85–99. https://doi.org/10.4000/norois.3156

Leonard, J., & Andrieux, P. (1998). Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France. *Catena*, *32*(3–4), 209–223. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00049-6

Li, P., Tariq, A., Li, Q., Ghaffar, B., Farhan, M., Jamil, A., Soufan, W., El Sabagh, A., & Freeshah, M. (2023). Soil erosion assessment by RUSLE model using remote sensing and GIS in an arid zone. *International Journal of Digital Earth, 16*(1), 3105–3124. https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2243916

Li, H., Zhu, H., Wei, X., Liu, B., & Shao M. (2021). Soil erosion leads to degradation of hydraulic properties in the agricultural region of Northeast China. *Agr. Ecosyst. Environ., 314*, 107388. https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107388

Ludwig, B. (2000). *Les déterminants agricoles du ruissellement et de l'érosion - De la parcelle au bassin versant.* Ingénieries - E A T, IRSTEA, (pp. 37-47). hal-00464068.

Manrique, L. (1988). *Land Erodibility assessment methodology, LEAM, using soil survey data based on soil taxonomy*. [Thèse de Doctorat]. University of Hawaii, Honolulu, USA.

Marston, R. A., & Dolan, L. S. (1999). Effectiveness of sediment control structures relative to spatial patterns of upland soil loss in an arid watershed. *Wyoming. Geomorphology, 31*(4), 313–323. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00089-6

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Melalih, A., & Mazour, M. (2021). Using RUSLE and GIS for the soil loss assessment in arid regions: The case of the Ain Sefra catchment in the Ksour Mountains, Algeria. *Journal of Water and Land Development*, (48) (I–III), 205–214. https://doi.org/:10.24425/jwld.2021.136163

Meliho M., Nouira A., Benmansour M., Boulmane M., Khattabi A., Mhammdi N., & Benkdad A., (2019). Assessment of soil erosion rates in a Mediterranean cultivated and uncultivated soils usin fallout 137Cs. *Journal of Environmental Radioactivity*, *208–209*, 106021. https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106021

Mokhtari, E. H. (2017). Impact de l'érosion hydrique sur l'envasement du barrage Ghrib. [Doctoral dissertation, Remini Boualem ; Hamoudi Saeed Abdelaamir]. Doctorat en sciences.

Morgan R. P. C., K. Mcintyre, K., Vickers, A. W., Quinton, J. N., & Rickson. R. J. (1997). A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Soil Technol., 11,* 291-299. https://doi.org/10.1016/S0933-3630(97)00013-5

Morsli, B., Mazour, M., Mededjel, N., & Roosé, E. (2004). Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et de l'érosion sur les versants semi-arides du nord-ouest de l'Algérie. *Sécheresse, 15*(1), 96–104.

Musasa,T., Shoko, C., Marambanyika, T., & Dube, T. (2025). Modelling soil erosion risk in rural sub-catchments of Zimbabwe using RUSLE, remote sensing and machine learning. *Journal of Arid Environments, 229*, 105407. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2025.105407

Ouallali, A., Moukhchane, M., Aassoumi, H., Berrad, F, & Dakir, I. (2016). La cartographie de l'état de dégradation des sols par adaptation des lignes directrices du CAR/PAP dans le bassin versant de l'oued Arbaa Ayacha, Rif occidental, Maroc. *Journal des géosciences et de la protection de l'environnement, 4*(7), 77-88. https://doi.org/10.4236/gep.2016.47009

Rango, A., & Arnoldus, H. (1987). Aménagement des bassins versants. In *Cahiers Techniques de La FAO* (pp. 1–11).

Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). In *Agricultural Handbook*, (703), 404.

Roose E., & Smolikowski, B. (1997). Comparaison de trois techniques de mesure de l'infiltration sur fortes pentes : monocylindre et 2 simulateurs de pluies. Application à un versant de la vallée de Godim au Cap Vert. *Reseau Erosion Bull. Montpellier : ORSTOM*, *17*, 282-296.

Roose, E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l 'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. In *Bullentin pédologique de la FAO, 70*, 420.

Roose, E. (1996). Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terraindes risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. *Bulletin Réseau Erosion, 16*, 87–97.

Roose, E., Sabir, M., Arabi, M., Morsli, B., & Mazour, M. (2012). Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Physio-Géo, 6*(1), 43–69. https://doi.org/10.4000/physio-geo.2319

Sabir M., Barthès, B., & Roose, E. (2004). Recherche d'indicateurs des risques de ruissellement et d'érosion sur les principaux sols des montagnes méditerranéennes du rif occidental (Maroc). *Sécheresse, 15*, 105-110.

Sadiki A., Bouhlassa S., Auajjar J., Faleh A., & Macaire J. (2004): Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre,* (26), 69-79.

Sadiki, A., Ali, F., & Zêzere, J., H., M. (2009). *Quantification de l'érosion en nappes dans le bassin versant de l'oued Sahla, Rif central Maroc.* Cahiers Géographiques N° 6.

Smith H.J. (1999). Application of Empirical Soil Loss Models in southern Africa: a review South African. *Journal of Plant and Soil, 16*(3), 158-163. https://doi.org/10.1080/02571862.1999.10635003.

Tahiri, H., El Aboudi, A., Boussalim, Y., & Dallahi, Y. (2024). Assessment of water erosion dynamics in the moroccan's central plateau for current and future situations using rusle model and gee platform: case study of kharouba watershed. *Geographia Technica, 19*(2), 91-103. https://doi.org/10.21163/GT_2024.192.08

Tribak, A., Arari, K., Abahrour, M., El Garouani, A., & Amhani, Z. (2015). Quantitative assessment of the hydric erosion and the deposition in a marly catchment of the eastern Rif (case of wadi Tarmast - Morocco). Annals of Valahia University of Targoviste. *Geographical Series, 15*(2), 101–111.

Tribak, A., El Garouani A. & Abahrour M. (2012)**.** L'érosion hydrique dans les séries marneuses tertiaires du prérif oriental : agents, processus et évaluation quantitative. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires, 1*(1), 47–52.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Tribak, A., El Garouani, A., & Abahrour, M. (2009). Évaluation quantitative de l'érosion hydrique sur les terrains marneux du PréRif oriental (Maroc) : cas du sous-bassin de l'oued Tlata. *Sécheresse, 20*(4), 333–337**.** https://doi.org/10.1684/sec.2009.0205

Valentin C., Poesen, J., & Li, Y. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena, 63*, 132–153. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.06.001

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Eos*. Transactions American Geophysical Union, 39(*2), 285–291. https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978)**.** *Predicting rainfall erosion losses. In Guide for conservation planning*. Agricultural Handbook, (537).

Wodiew, J. (1987). Méthodes utilisées pour le calcul du coefficient de ruissellement sur les bassins représentatifs et expérimentaux. *Cahiers de l'ORSTOM. Série Hydrologie, 12*, 27–38.

Yang, D., Kanae, S., Oki, T., Koike, T., & Musiake, K. (2003). Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrol. Process., 17*(14), p-p: 2913–2928. Published online in Wiley Inter Science (www.interscience.wiley.com). https://doi.org/10.1002/hyp.1441

Zaher, H., Zouhri, M., Benjelloun, H., Chikhaoui, M., Naimi, M., & Sabir, M. (2021). Impact du changement de l'occupation des sols sur l'érosionhydrique et le comportement hydrologique des sols: Cas dubassin Tleta au nord-ouest du Maroc. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Végétations, 9*(4), 643-650.

Zhang, T., Lei, Q., Du, X., Luo, J., An, M., Fan, B., Zhao, Y., Wu, S., Ma, Y., & Liu, H. (2023). Adaptability analysis and model development of various LS-factor formulas in RUSLE model: A case study of Fengyu River Watershed, China. *Geoderma, 439*, 116664. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116664

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Rutas adaptativas: aplicación de lógica difusa al análisis SIG de los valores naturales y culturales del entorno del cabo Trafalgar (Cádiz, España)

Adaptive paths: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain)

Alfredo Fernández-Enríquez
Alfredo.fernandez@uca.es 0000-0002-5468-0174
Manuel Arcila-Garrido
Manuel.arcila@uca.es 0000-0002-9724-3767
Gema Ramírez-Guerrero
Gema.ramirez@uca.es 0000-0001-8862-4392
Javier García-Onetti
Javier.onetti@uca.es 0000-0002-3798-8249

Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Instituto para el Desarrollo Social Sostenible (INDESS), Universidad de Cádiz. Avenida Doctor Gómez Ulla. Cádiz 11003, España.

INFO ARTÍCULO

Recibido: 02-05-2025
Revisado: 07-07-2025
Aceptado: 26-09-2025

PALABRAS CLAVE

Espacios Naturales Protegidos
Lógica difusa
Patrimonio histórico-cultural
Ruta
Sistemas de Información Geográfica

KEYWORDS

Protected Natural Areas
Fuzzy logic
Historic and cultural heritage
Route
Geographic Information Systems

RESUMEN

Las herramientas SIG de lógica difusa permiten valorar el paisaje en su conjunto, más allá de la rígida conectividad propia del análisis de redes, para seleccionar rutas discriminando flexiblemente temáticas y niveles de esfuerzo o confort climático estacional deseados.
Este artículo propone un método de selección de rutas acordes a las preferencias temáticas de los usuarios utilizando indicadores cualitativos del carácter predominante de las rutas, naturalistas o culturales; y parámetros cuantitativos para seleccionar las pendientes y temperaturas medias estacionales deseadas.
Esta información reduce la incertidumbre de los usuarios y, con ella, la vulnerabilidad de territorios con componente turística. El análisis de los datos generados por los usuarios abre la posibilidad de implementar un SIG participativo susceptible de sustentar la construcción social del paisaje cultural.

ABSTRACT

The utilization of fuzzy logic GIS tools facilitates a comprehensive evaluation of the landscape, transcending the rigid connectivity inherent in network analysis and enabling the selection of routes through the flexible differentiation of themes and levels of effort, or desired seasonal climate comfort.
We propose a route selection method based on users' thematic preferences, using qualitative indicators of the route predominant nature (naturalistic or cultural) and quantitative parameters to select desired gradients and average seasonal temperatures.
This information serves to reduce both user uncertainty and the vulnerability of areas with tourism components, Furthermore, the analysis of user-generated data has the potential to facilitate the implementation of a participatory GIS, which could support the social construction of the cultural landscape.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06
Formato de cita / Citation: Fernández-Enríquez, A., Arcila-Garrido, M., Ramírez-Guerrero, G., & García-Onetti, J. (2026). Adaptive paths: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain). *Revista de Estudios Andaluces* (51), 115-139. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06
Correspondencia autores: Alfredo.fernandez@uca.es (Alfredo Fernández-Enríquez)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Rutas turístico-culturales

La planificación de rutas adaptativas en entornos con alto valor patrimonial y natural constituye una herramienta estratégica para mejorar su experiencia de uso. En un contexto marcado por la necesidad de gestionar de forma sostenible los flujos turísticos y promover un desarrollo más equilibrado del espacio, el diseño de rutas mediante tecnologías como los SIG y la lógica difusa permite integrar variables físicas, climáticas y temáticas en la toma de decisiones. Desde esta perspectiva, las rutas cumplen una función recreativa o interpretativa, pero también se consolidan como instrumentos de valorización territorial, alineados con enfoques actuales del *marketing* turístico y del *marketing* territorial (Pafi *et al*. 2020), al reforzar la identidad local y facilitar la diferenciación competitiva de los destinos.

Desde este enfoque, el diseño de rutas turístico-culturales es un procedimiento de valorización del patrimonio y el turismo (ICOMOS, 2008). Entendiendo los itinerarios culturales como recursos culturales territoriales, de origen histórico, pueden considerarse productos turísticos de calidad (Arcila *et al*., 2015), especialmente en territorios con alta densidad de hitos patrimoniales.

La proliferación de rutas e itinerarios culturales se relaciona especialmente con la mejora de la oferta turística. Entre las ventajas que proporcionan cabe citar: diversificación de la oferta; reducción de la estacionalidad de la demanda; atracción de usuarios de elevado perfil socio económico; el impulso de sectores sostenibles de la economía local por su bajo impacto ambiental; estímulo a la colaboración entre los ciudadanos y las instituciones; y mejoría de la apreciación ciudadana del patrimonio (Calderón-Puerta & Arcila-Garrido, 2018).

La identificación de nuevas rutas y áreas turísticas de carácter cultural contribuye a disminuir la presión sobre destinos saturados. Por ejemplo, en la periferia de La Habana (Cuba), el municipio de San Miguel del Padrón alberga un valioso patrimonio cultural intangible, en riesgo de desaparecer, donde la Ruta Cultural Benny Moré contribuye a reforzar la interconexión del poblamiento y el escaso equipamiento cultural. Al hacer más equitativa la distribución de los servicios, se potencia la colaboración entre entidades para identificar, preservar y transmitir la herencia e identidad cultural y estimular el desarrollo sostenible aprovechando potencialidades endógenas (Suárez *et al*., 2023).

De este modo es posible reducir la presión sobre ámbitos tensionados, como los urbanos, sin extender los perjuicios de la saturación turística al conjunto del territorio. Las ciudades apoyarse en localidades periféricas para actuar como puertas de territorios culturales más amplios y diversos (Capel, 2005).

En estos territorios extensos, los caminos históricos refuerzan los valores y rasgos autóctonos y la identidad de la población (López *et al.*, 2006). Estos caminos son marcos sociales de la memoria, y cuentan con valores de carácter patrimonial asociados al paisaje (Moreno-Veloza & Garzón-Martínez, 2019). El territorio, y más concretamente los caminos que permiten recorrerlo, se convierte a la vez en recurso y soporte de las rutas turísticos-culturales, que han de considerar dos indicadores comunes: el patrimonio y el territorio (Morère, 2012).

Un caso paradigmático son los antiguos trazados ferroviarios, de gran valor patrimonial y cultural, cuya reutilización turística ha sido propiciada en España desde 1993 por el Programa Vías Verdes. Se ha convertido en un instrumento para la promoción y potenciación de un turismo rural sostenible a través de la revalorización turística del patrimonio histórico-cultural que representa los trazados y las infraestructuras ferroviarias en desuso (Moral, 2016).

Las encuestas realizadas entre los usuarios de las vías verdes andaluzas de la Sierra (Cádiz-Sevilla), del Aceite (Córdoba-Jaén), de la Campiña (Córdoba-Sevilla) y de la Sierra Norte de Sevilla (Sevilla) han establecido que la afluencia depende en gran medida de la proximidad de núcleos de población; que casi 2/3 de los usuarios son caminantes, y el resto ciclistas, pero que entre los usuarios estrictamente turísticos, el porcentaje de ciclistas y peatones son equivalentes; y que en torno al 63% de los encuestados utiliza las vías verdes para ocio, recreación y turismo deportivo, siendo minoritario el uso estrictamente deportivo (Ventura *et al*., 2023).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

El turismo de proximidad y el turismo cultural son sectores especialmente resilientes como quedo acreditado durante la reactivación del turismo durante la pandemia y en el periodo posterior, cuando la programación de rutas culturales jugo un importante papel en la recuperación de la actividad turística (Fernández-Laso & López, 2022). Esta es una de las razones por las que el valor global de los itinerarios y rutas culturales es superior a la suma de sus distintos elementos, y esencial para su adecuada comprensión y valoración (López & Vidargas, 2011).

Extendiendo al territorio este enfoque podemos valorar el papel de las redes de caminos públicos al servicio de la construcción social del paisaje. Esta ha de ser fruto de su percepción y valoración por los ciudadanos, a los que es deseable dotar de medios para mejorar esa interpretación y, en consecuencia, la preservación del paisaje cultural en general y de los hitos patrimoniales en particular.

La valoración del capital natural y cultural ha de empezar de raíz, contando con los yacimientos arqueológicos como primeros vestigios de la antropización del paisaje. Su deterioro puede ser prevenido protegiendo estos yacimientos estricta e individualmente, pero su consideración conjunta a escala territorial ha de incluir el conjunto de componentes del paisaje donde se insertan. Estos paisajes arqueológicos pueden promoverse mediante itinerarios culturales, en los que hay que implicar a la población local para cualificar la trayectoria histórica de estos trayectos territoriales, cuyo contenido e identidad puede ser accesible por medios digitales para favorecer su divulgación y un acceso físico ordenado (Pérez & Maruri, 2024).

El punto de partida en la definición de estas rutas es la selección de los hitos que le dan sentido, integrando los distintos elementos existentes y vertebrando el espacio (Navalón, 2014). Una vez valorados, sus características han de ser desglosadas en datos concretos para ser introducidas en un Sistema de Información Geográfica. Los SIG cuentan con herramientas para elaborar, evaluar y divulgar diferentes alternativas para recorrer el territorio atendiendo a los diversos propósitos de los usuarios (Arcila *et al*., 2015).

La selección de hitos susceptibles de vertebrar una ruta turística puede efectuarse compaginando métodos cuantitativos y cualitativos para agrupar atractivos turísticos por su temática y localización. Estas técnicas de agrupamiento permiten jerarquizar los clústeres turísticos y planificar las inversiones necesarias para su puesta en servicio (Duarte-Duarte *et al*., 2021).

1.2. Herramientas SIG de diseño de rutas

Los SIG son una herramienta consolidada en el tratamiento de información sobre el patrimonio histórico y cultural. Son la herramienta más eficaz para generar propuestas de rutas turísticas, dada su capacidad de poner en relación las múltiples variables temáticas y espaciales recopiladas al efecto (Calderón-Puerta & Arcila-Garrido, 2020). Destaca su relevante papel en arqueología, tanto en adquisición de datos como en análisis espacial y reconstrucción del paisaje (Yao *et al*., 2023). Permiten elaborar reconstrucciones virtuales de elementos arqueológicos, y también son idóneos para la difusión web de los resultados de la investigación a través de geoportales, con propósito divulgativo o como parte integrante de Infraestructuras de datos espaciales (IDEs) que permiten compartir información con la comunidad científica.

Por otra parte, el análisis espacial con diferentes técnicas SIG se aplica frecuentemente al entorno de los yacimientos arqueológicos para identificar patrones con propósitos descriptivos y predictivos con los que orientar la prospección arqueológica, aunque también es posible efectuar análisis espacial a escala *intra-site* y micro espacial (Zamora, 2017).

Merino-del Río *et al*., (2020) efectúan una revisión sistemática de la bibliografía en web of science y scopus combinando las palabras clave “gis”, “ruta” y “arqueología” para seleccionar 136 publicaciones, de las cuales los estudios de corte histórico presentan 94 entradas, y los estudios orientados al diseño y gestión de paisajes culturales cuentan con 42, dos de ellos sobre los paisajes culturales del bajo Guadalquivir. La utilidad predominante que prestan los SIG es incorporar al diseño del itinerario cultural los significados históricos y los servicios complementarios.

Entre sus muchas utilidades, los SIG facilitan la construcción de modelos matemáticos predictivos que deben ser validados por los usuarios, ya sean simples paseantes o expertos en diversos campos científicos,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

quienes han de discutir y realimentar el análisis y la predicción para hacerlos más certeros. No obstante, es indiscutible la utilidad que pueden prestar en la preservación y socialización del patrimonio cultural, ambas indisociables, así como su contribución facilitando la implicación de la población, para incorporar actores y organizaciones locales que aporten saberes y memoria local sobre los que generar compromisos institucionales y promover redes de colaboración. Por ejemplo, en el caso del paisaje cultural marítimo existen múltiples amenazas que se realimentan entre sí: falta de información, difícil acceso al público, falta de conciencia cultural común, depredación, explotación económica, dragados, efectos negativos del cambio climático.... (Dourteau *et al*. 2021).

Para enlazar los hitos del recorrido, entre las herramientas SIG destaca el análisis de redes. De carácter flexible y dinámico, proporciona rutas eficientes atendiendo al mínimo coste de desplazamiento a recorrer entre los hitos especificados (ESRI, 2024). Las redes son conjuntos de nodos conectados por arcos que canalizan los flujos, ya sean de viajeros, caudales, energía o información. Resuelven el problema de elaborar rutas mediante cálculos simples que aportan soluciones eficientes atendiendo a diferentes criterios: el camino mínimo, con la menor longitud acumulada posible; el camino de coste mínimo, considerando la impedancia implícita a los nodos intermedios que haya que atravesar y/o la propia de los arcos recorridos; la adopción de restricciones de flujo máximo; la optimización del recorrido por varios nodos, volviendo al punto inicial... (Vila, 2029).

Puede obtenerse un análisis de redes desde un cliente ligero, efectuado por un servidor. Estos ofrecen opciones para personalizarlo estableciendo los parámetros deseados como lo hace google maps, que ofrece a los usuarios funcionalidades SIG de fácil implementación: por ejemplo, los itinerarios a la carta para recorrer los puntos de interés en Bucaramanga, Colombia (Corzo, 2020).

También en Tlemcen (Argelia) la superposición y comparación de las diversas propuestas de rutas culturales turísticas elaboradas con google maps permitió identificar y conservar las rutas más adecuadas. La implicación de la población local fue fundamental para ubicar y clasificar los puntos de interés, a lo que se ha de añadir y actualizar el inventario de eventos programados y la infraestructura turística (restauración y alojamiento). Además, sería posible integrar esta oferta urbana con la de zonas rurales desfavorecidas con un interesante potencial cultural. (Addoun *et al*., 2023).

La accesibilidad de los bienes patrimoniales es un requisito previo para el desarrollo local de áreas rurales. La evaluación cuantitativa y cualitativa de esta accesibilidad es requisito previo en la planificación de la actividad turística. Los indicadores pueden ser territoriales o de gestión: los primeros derivan de la orografía, el hábitat rural, la conectividad con la red de carreteras y los centros regionales, la centralidad de los núcleos de población y los usos de suelo predominantes. Los indicadores de gestión de los bienes patrimoniales incluyen las figuras normativas de planificación y los de acceso a contenidos disponibles en la web (Del Espino *et al*., 2022).

Junto a la accesibilidad puede ponderarse la fragilidad, de los bienes culturales en particular y del paisaje cultural en general, utilizando la sensibilidad ecológica, visual y cultural del entorno mediante estadísticas de correlación entre criterios para obtener mapas de sensibilidad, en lugar de los habituales métodos subjetivos. Así se obtienen indicadores objetivos para la conservación del patrimonio (Yang & Shen, 2023).

El diseño con herramientas SIG de rutas turísticas en Extremadura ha permitido constatar que hay dos vertientes predominantes en el turismo regional, el de carácter natural y el cultural, y que la distribución de este último no se corresponde con la de los recursos culturales del territorio. La dispersión del patrimonio cultural en el extenso medio rural extremeño dificulta la afluencia turística, que solo unos pocos lugares consiguen atraer. De ahí la necesidad de promover rutas que puedan crear sinergias entre distintos municipios para atraer visitantes, y la utilidad de las herramientas SIG, tanto para el análisis de redes para facilitar trayectos eficientes, como para analizar los recursos disponibles y discriminar diversas rutas acordes a las preferencias de los usuarios (Sánchez-Martín *et al*., 2020).

Pero también es posible prescindir del rígido análisis de redes y utilizar otras herramientas SIG de carácter flexible, entra las que destacan las de lógica difusa por su capacidad para diseñar rutas optimizadas con múltiples objetivos que equilibran criterios conflictivos, como el costo, el tiempo y la fiabilidad de las rutas.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

La lógica difusa, enunciada por Lotfi A. Zadeh en 1965, combina teoría de conjuntos y probabilidad para emular como el razonamiento humano utiliza verdades difusas, conjunciones difusas y reglas de deducción difusas (Zadeh, 1996). Para manejar conceptos de certidumbre parcial con valores matemáticos, Zadeh propugna la utilización de conjuntos difusos, donde los valores pueden oscilar entre 0 y 1, en situaciones donde la información es imprecisa o subjetiva. Actualmente se utilizan en sistemas de control, inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural, entre otras aplicaciones.

Zhang *et al*. (2021) analizan 49 aplicaciones recientes de la lógica difusa desarrolladas para resolver diversos problemas de ingeniería de tráfico y transporte, desglosados en 25 categorías que comprenden desde la gestión de autopistas hasta la de bicicletas compartidas.

En cuanto a la aplicación de la lógica difusa al denominado turismo inteligente, es aún incipiente. Jewpanya *et al*. (2025) proponen modelos sostenibles para capturar y evaluar eficazmente las preferencias individuales de los turistas mediante el Proceso Analítico Jerárquico Difuso (*Fuzzy* AHP), proporcionando un entorno flexible para tomar decisiones acordes a las preferencias de los turistas. Por su parte, Chrysafiadi *et al*. (2025) combinan TOPSIS (Técnica de Ordenamiento por Similitud con la Solución Ideal) con lógica difusa para hacer recomendaciones personalizadas.

Estas aplicaciones son de utilidad para viajeros individuales o agencias de viajes, ofreciendo sugerencias de destinos adaptadas a sus demandas. Aunque el enfoque se centra en la selección de destinos, la metodología empleada es aplicable al diseño de rutas culturales, ya que permite ponderar múltiples criterios (por ejemplo, valor histórico, atractivo cultural, accesibilidad) y optimizar itinerarios adaptados a criterios subjetivos y la incertidumbre inherente a las preferencias turísticas.

1.3. Sistemas de Información Geográfica Participativos (SIGP)

Numerosos estudios utilizan SIGP mediante método cuantitativos, con encuestas presenciales o prospecciones en internet. En muchos casos los combinan con métodos cualitativos, mediante entrevistas, y los verifican contrastando los resultados con datos de campo.

El conocimiento espacial local, basado en una interacción física personal prolongada con el paisaje, enriquece su interpretación incorporando paisajes pasados, así como facilita su defensa y gestión incorporando a la población como sujetos activos en el registro e interpretación del patrimonio cultural. En este sentido, Larrain y McCall (2019) enfatizan la incorporación del conocimiento local en arqueología mediante Sistemas de Información Geográfica Participativa (SIGP); en Botsuana, Basupi *et al*. (2017) documentan como el conocimiento espacial local de las tierras de pastoreo comunales sustenta patrones de pastoreo y movilidad espacial, y como acusa los impactos de las subdivisiones y las políticas de privatización en los pastizales.

En el medio acuático, lacustre y marino, Azzurro y Cerri (2021) involucraron a pescadores locales para bosquejar la distribución de tres especies invasoras, aplicando al resultado un modelado bayesiano para cartografiar su distribución. Por su parte, Barnett *et al*. (2016) abordan la integración de datos espaciales, subjetivos y objetivos, recopilando experiencias de los pescadores en materia de desechos marinos y resaltando los procesos sociales y ambientales involucrados.

En una perspectiva más general, Brown *et al* (2017) identifican valores marinos y costeros integrando métodos cualitativos, mediante entrevistas, y cuantitativos, mediante encuestas amplias, verificando la gran variabilidad de la validez espacial y su estrecha dependencia del valor posicional y la experiencia personal.

El medio urbano es objeto de especial interés para satisfacer las necesidades de los residentes, especialmente en materia de zonas verdes, pero no exclusivamente. Por ejemplo, incorporando paisajes sonoros, obtenidos mediante encuestas, para combinarlos con valores paisajísticos cartográficos y diseñar infraestructura verde urbana (Korpilo *et al*. 2023), o documentando y divulgando mediante audioguías el patrimonio medioambiental y etnográfico marítimo-pesquero (Fundación Biodiversidad, 2025).

Pero la planificación urbana debe considerar más allá del contexto urbano inmediato, pues la población necesita zonas verdes convencionales en la ciudad, pero cuando la abandonan eligen visitar espacios naturales distantes que ofrecen una mayor variedad de cualidades y posibilidades recreativas. (Bijker & Sijtsma, 2017).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

El concepto de esparcimiento al aire libre se vincula tanto con las zonas verdes urbanas como con espacios con mayor o menor grado de naturalidad. La accesibilidad equitativa a los espacios verdes y a sus servicios ecosistémicos culturales debe combinar mediciones objetivas y subjetivas y relacionar la accesibilidad no sólo con la distancia, sino también con el nivel de ingresos y la posesión de un vehículo (Laatikainen, 2015).

Los valores culturales y antropogénicos que los residentes urbanos asignan a los espacios verdes formales e informales hacen necesario identificar y abordar los espacios verdes informales en la gobernanza de los espacios verdes urbanos y periurbanos (Pietrzyk-Kaszyńska *et al*., 2017). Czembrowski *et al*. (2016) vinculan dos perspectivas diferentes de valor evaluando la percepción de los espacios verdes urbanos mediante participación pública, y contrastando dicha valoración con la tarificación hedónica de los espacios verdes: en los formales, la valoración es coherente con el impacto en los precios de la propiedad; en los informales se aprecian diferentes percepciones según el enfoque monetario y el no monetario.

En definitiva, se constata la necesidad de evaluar los valores sociales y culturales de suelos públicos, desde parques nacionales y reservas hasta vías pecuarias o tierras de uso múltiple. Generando métricas sociales del paisaje se muestran asociaciones estadísticamente significativas entre los valores y el tipo de tierra pública, la clasificación de área protegida de la UICN y el nivel de protección de la gestión (Brown *et al*. 2014). También hay asociación entre la distribución espacial de los servicios ecosistémicos y el bienestar subjetivo de los residentes en paisajes agroforestales (Fagerholm *et al*., 2016).

Ramírez *et al*. (2023) identifican tres categorías de barreras (epistemológicas, tecnológicas y culturales) que limitan la participación pública en la planificación urbana mediante SIGP. Su interrelación hace necesario evaluar los avances en cada campo, pues el debilitamiento de cada una de estas barreras incide en las demás.

1.4. Objetivos

Ante la ausencia de publicaciones específicas sobre aplicación de lógica difusa y herramientas SIG al diseño de rutas de interés cultural y naturalista, constatada tras una exhaustiva búsqueda de fuentes, a continuación se desarrolla la metodología esbozada por Fernández-Enríquez *et al*. (2024) para diseñar rutas que, transitando por dominio público, permitan apreciar las características naturales o culturales del territorio adaptándose a las preferencias, condición física de los usuarios y temperatura media mensual.

El objetivo principal es proponer a los usuarios un método de selección de las rutas más acordes a sus intereses personales mediante indicadores temáticos, cualitativos, susceptibles de presentarse telemáticamente como alternativas a elegir en cualquier momento. Ya que los elementos de interés natural y cultural están mezclados en el territorio, el usuario debe seleccionar la preferencia que se aplicará como criterio predominante, aunque sin carácter excluyente.

Como objetivos secundarios se pueden añadir diversos parámetros cuantitativos para elegir rutas adecuadas a las circunstancias personales: por ejemplo, la pendiente de los caminos y el confort climático estacional. Las temperaturas extremas implican riesgos, de hipotermia invernal en zonas de montaña, o de golpes de calor estivales en gran parte de Andalucía. Estos últimos están en aumento con el calentamiento global, y son más probables con el esfuerzo físico necesario para superar las fuertes pendientes existentes en el ámbito de estudio. No considerar estas variables incrementa la incertidumbre de los usuarios y, con ella, la vulnerabilidad de territorios con componente turística.

Asimismo, la posibilidad de generar experiencias turísticas personalizadas permite optimizar la gestión del flujo de visitantes, pero también reforzar la identidad territorial y la competitividad de destinos menos consolidados. Este tipo de soluciones, apoyadas en Sistemas de Información Geográfica Participativos y técnicas de computación blanda *(soft computing)*, contribuyen a construir narrativas territoriales coherentes con la sostenibilidad, la inclusión y la innovación turística (Dimitrovski *et al*., 2021). En este sentido, la propuesta metodológica se alinea con estrategias propias del *marketing* territorial al facilitar la segmentación de públicos, la puesta en valor de recursos endógenos y la mejora de la experiencia del visitante (Pafi *et al*., 2020).

Por último, la utilidad concreta de este sistema de selección de rutas -relativamente simple- no debe considerarse un fin en sí misma, sino un paso hacia el desarrollo posterior de una herramienta SIG de participación pública en la cualificación del paisaje cultural.

1.5. Ámbito de estudio y fuentes de información

El ámbito de estudio se encuentra en las inmediaciones del Cabo Trafalgar, entre los municipios de Vejer de la Frontera y Barbate (provincia de Cádiz, España) (figura 1).

Se trata de un territorio litoral surcado por una densa red de caminos que conectan relevantes elementos naturales y culturales. Su estado de conservación puede calificarse de excepcional por el abrupto contraste con la conurbación que se extiende por las costas de Málaga y Cádiz. Además, contiene suficientes valores naturales e hitos del patrimonio histórico y cultural, con diverso grado de interés, para estructurar una red de senderos ciclo-senderistas que permita evaluar distintas opciones.

La principal ventaja de utilizar un ámbito de extensión reducida es que el volumen de datos a procesar permite una rápida ejecución de los modelos desarrollados, sin perjuicio de su aplicación a un ámbito más amplio una vez consolidados estos modelos. La diversidad interna del ámbito debe ser la suficiente para proporcionar diferentes escenarios adecuados a diversos perfiles de usuario, condiciones que se cumplen con facilidad en ámbitos de estudio más extensos.

Las fuentes utilizadas han sido la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) para los datos climáticos y los espacios protegidos en la Red Natura 2000 como Zonas de Especial Conservación (ZEC), y el Nomenclátor para el patrimonio cultural. Se han filtrado los hitos existentes en el ámbito de estudio para considerar sólo aquellos incluidos en la cuenca visual de los senderos propuestos, en tanto forman parte visible del paisaje cultural.

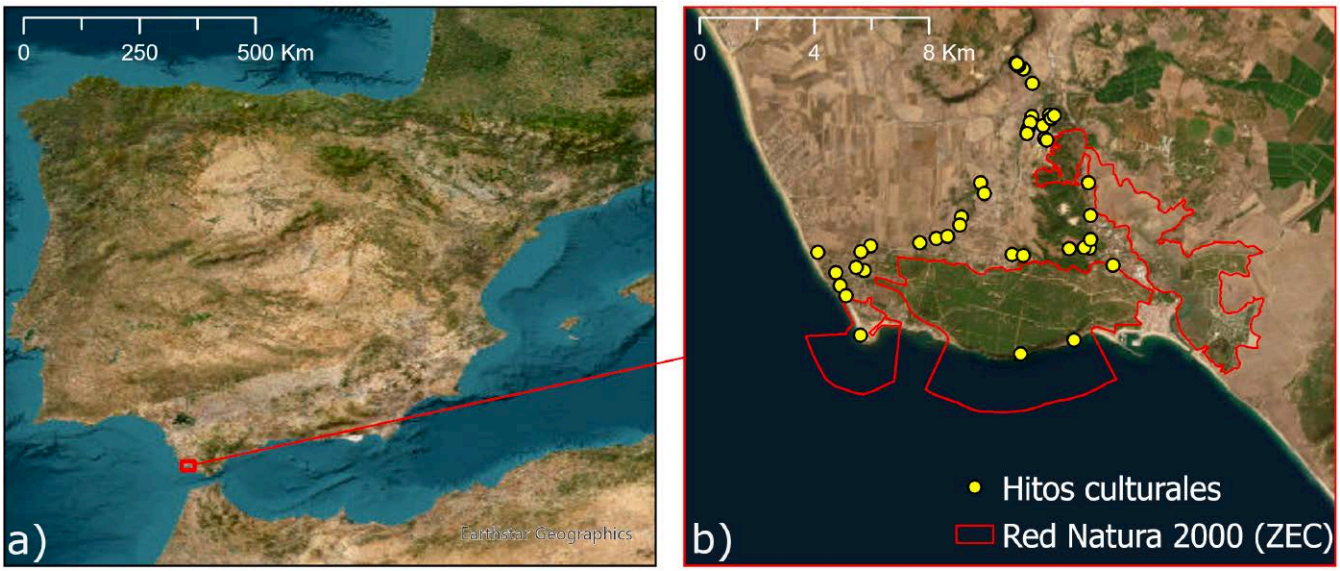


Figura 1. Localización del ámbito (a) y principales componentes territoriales objeto de estudio (b). Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) y Nomenclátor. Elaboración propia.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

La lógica difusa es idónea para su aplicación en situaciones donde no hay una única solución y las partes implicadas deben converger para alcanzar soluciones equilibradas. El caso más evidente es la evaluación de políticas públicas y programas sociales, donde permite manejar la incertidumbre y la subjetividad en las decisiones. Existen modelos difusos para ponderar criterios como impacto social, costo-beneficio y viabilidad técnica, facilitando la negociación entre las partes interesadas y promoviendo soluciones aceptables para todos.

En México, el programa hábitat se centró en mejorar las condiciones de vida en áreas urbanas marginadas, donde las decisiones sobre la asignación de recursos y prioridades requerían un enfoque equilibrado debido a la diversidad de intereses y necesidades de las comunidades involucradas. Este enfoque permitió que las comunidades participaran activamente en el proceso de toma de decisiones, cediendo en algunas de sus demandas iniciales para alcanzar acuerdos que beneficiarán al colectivo. La lógica difusa ayudó a traducir las preferencias y prioridades de los actores en parámetros cuantificables, haciendo posible una evaluación más inclusiva y equilibrada (Flores & Refugio, 2015).

En medicina se utiliza el mapeo cognitivo difuso (MCD) para construir una comprensión compartida de un problema a través de diversas fuentes de conocimiento. Sarmiento *et al*. (2024) describen 25 casos dispares de aplicación de ésta técnica gráfica con un nexo común, la obtención de una base sistemática y transparente para la toma de decisiones compartida.

Ferreira-Lopes (2018) revisa en las bases de datos de WOS y Scopus las obras publicadas en inglés, español y portugués entre 2010 y 2017 que apliquen técnicas de análisis SIG al patrimonio cultural: tras filtrar 366 publicaciones identificadas inicialmente, la muestra sometida a análisis cualitativo contuvo 108 obras referidas al uso de SIG, predominando absolutamente su aplicación a la gestión integral del patrimonio: identificación, documentación, registro e significación. Solo se incluye una referencia a sistemas de decisión multicriterio, y no hay ninguna referida a la lógica difusa.

Huang (2024) efectúa un sistemático análisis bibliométrico, basado en web of science, de 93 referencias sobre aplicaciones de SIG en estudios patrimoniales publicadas entre 1994 y 2023. Las 42 palabras clave utilizadas en la investigación abarcan el patrimonio cultural, los SIG, el desarrollo sostenible, el análisis espacial, la arqueología, la conservación y la fotogrametría. Dada la amplitud temática del análisis, sorprende que en ningún caso se menciona siquiera la utilización de lógica difusa, evidenciando la escasez de publicaciones en la aplicación de lógica difusa al estudio del patrimonio.

La revisión de la bibliografía sobre SIG aplicados a la arqueología y el patrimonio cultural efectuada por Bognani y Mitri, (2017) incluye 149 publicaciones en inglés e italiano entre 2005 y 2016. Sólo dos incluyen lógica difusa: un análisis estadístico multivariado del patrón de asentamientos en las tierras bajas de Polonia, que identifica los bordes mesetarios como áreas de asentamiento preferentes en la prehistoria (Hildebrandt-Radke & Jasiewicz 2009); y la tesis doctoral de Green (2011), donde propugna la construcción de un SIG temporal difuso para subsanar la tradicional minusvaloración del factor tiempo en el análisis espacial en Arqueología, ya que la lógica difusa es especialmente apropiada para tratar datos imprecisos, característica fundamental de las dataciones arqueológicas, referidas a escalas temporales muy amplias que degradan el potencial del análisis espacial.

3. METODOLOGÍA

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema de selección de rutas de interés natural o cultural; como objetivo secundario, deben adaptarse a las preferencias de los usuarios permitiendo elegir las mayores o menores pendientes y temperaturas. Por último, este sistema de selección de rutas debe ser compatible con ulteriores desarrollos que permitan a los usuarios contribuir a la construcción social del paisaje cultural en línea con los denominados Sistemas de Información Geográfica Participativa (SIGP).

Los datos sobre el medio físico, procedentes de la REDIAM, consisten en el modelo digital del terreno (MDT), que representa el relieve del ámbito de estudio, y los espacios naturales protegidos incluidos en la

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

red natura 2000. se trata de dos zonas de especial conservación (ZEC) incluidas en la red natura 2000, el monumento natural del tómbolo de Trafalgar y el parque natural del pinar de la Breña y marismas del Barbate, sobre las que además recaen otras figuras de protección.

En cuanto a la distribución del patrimonio histórico-cultural, el Nomenclator recoge diferentes elementos de interés cultural presentes en el ámbito de estudio:

- Casco urbano de Vejer de la Frontera, declarado conjunto histórico-artístico.
- Edificaciones rurales (36).
- Hidrónimos y obras hidráulicas (6).
- Elementos singulares: un castillo, una antigua calzada, dos ermitas, cuatro torres y una pista de despegue de parapente.

El punto de partida es una red de cuatro senderos conectados que recorren el ámbito de estudio (figura 2).

La herramienta utilizada para construir el selector de rutas ha sido el constructor de modelos de ArcGIS Pro. Dado que los hitos, naturales y culturales, carecen en muchos casos de acceso desde el viario que recorre el dominio público, y su apreciación se efectúa por conexión visual, se ha prescindido del análisis de redes en el diseño del modelo. En su lugar, se ha optado por calcular las distancias euclidianas entre estos hitos y cuatro rutas que recorren el dominio público, y utilizar lógica difusa para seleccionar las rutas preferentes por su interés natural o cultural, con carácter mutuamente excluyente. Esto implica que la mayor probabilidad de pertenencia al grupo de rutas de interés natural implica una menor probabilidad de pertenencia al grupo de rutas de interés cultural, y viceversa.

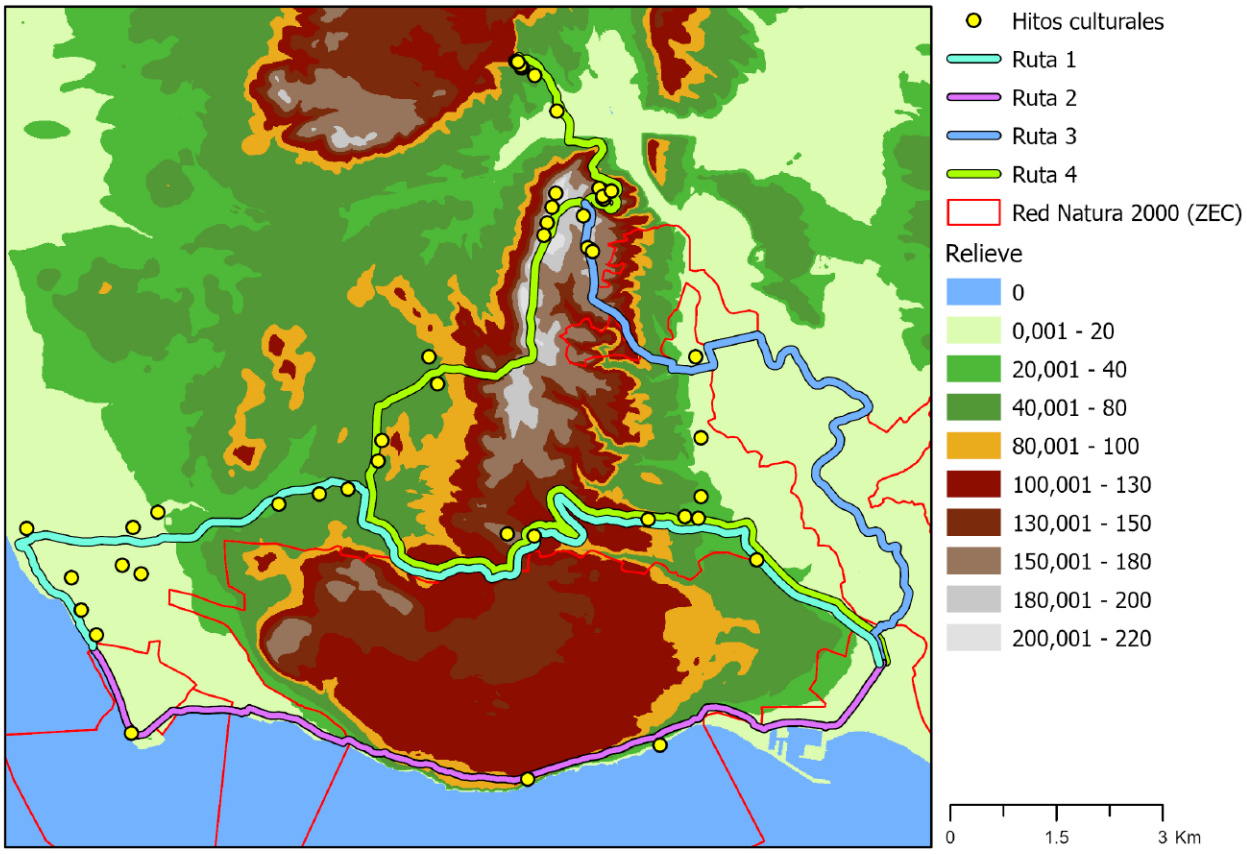


Figura 2. Conjunto de rutas de interés natural y cultural. Fuente: REDIAM y Nomenclátor. Elaboración propia.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

La modelización del flujo de procesos (Anexo 1a) consiste en conectar la red de senderos y los datos del territorio como datos de entrada (elipses azules) en las herramientas configuradas ad hoc (rectángulos amarillos) para obtener nueva información (elipses verdes), que, a su vez, se conecta con nuevas herramientas hasta obtener el resultado final.

La interfaz del modelo (Anexo 1b) permite a los usuarios combinar tres variables para obtener diversos resultados: preferencia por rutas de interés natural o cultural; mayor o menor pendiente; y confort climático, entendido como los menores promedios de la temperatura mínima en el mes de julio, y los mayores en el de diciembre.

Las herramientas clave son la de cálculo de distancia euclidiana, que cuantifica la distancia a los hitos naturales (figura 3a) o culturales (figura 3b), y las de pertenencia y superposición difusa (figura 4 y Anexo 2), que permiten seleccionar las preferencias temáticas del usuario.

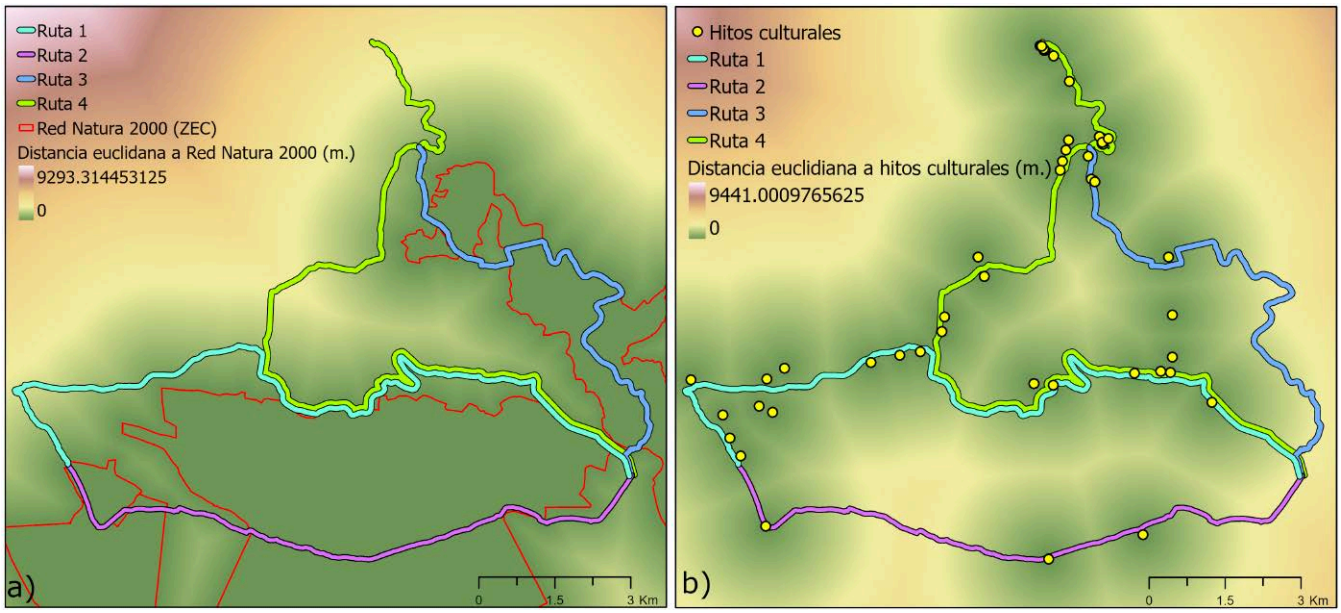


Figura 3. Distancia euclidiana a espacios de la Red Natura 2000 (a) y a hitos culturales (b). Fuente: elaboración propia.

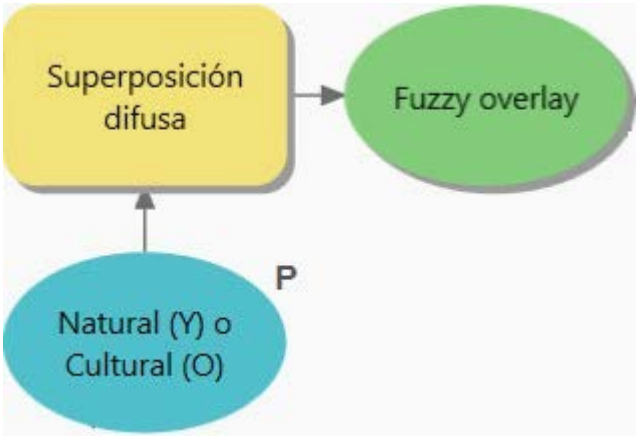


Figura 4. Parámetros de superposición difusa.
Fuente: elaboración propia con ArcGIS Pro Model Builder.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

La pertenencia difusa se ha establecido como pequeña para los elementos de interés natural (Anexo 2a), y grande para los de interés cultural (Anexo 2b). En cuanto a la superposición difusa, permite seleccionar los espacios de interés natural o cultural (Anexo 2c) utilizando el operador Y para seleccionar los valores más pequeños, establecidos como de pertenencia difusa al conjunto de interés natural, o el operador O para los más grandes, de interés cultural.

El criterio temático elegido se complementa con dos criterios cuantitativos para presentar rutas alternativas, adaptadas a la condición física de los usuarios: pendiente (figura 5a) y promedio de temperaturas mínimas en julio (figura 5b) y diciembre (figura 5c).

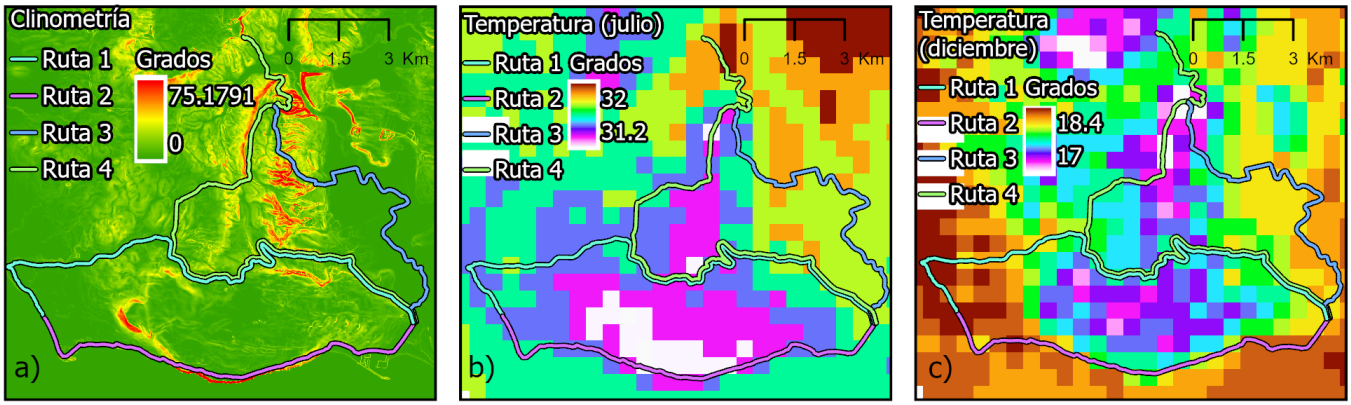


Figura 5. Pendientes (a) y temperaturas medias, en julio (b) y en diciembre (c). Fuente: REDIAM. Elaboración propia.

El modelado SIG ha incluido diversos cálculos geométricos -distancias euclidianas y pendientes- y operaciones de pertenencia y superposición difusa, unión espacial, disolución, fusión y consulta SQL. La herramienta resultante da diversas opciones: tipo de ruta, natural o cultural; criterio climático, ajustando las temperaturas del mes deseado; y pendientes, para elegir las menores si se desea evitar riesgos propios de temperaturas extremas, o las mayores si se prefiere realizar un mayor esfuerzo cuando la temperatura sea propicia.

Estas opciones no agotan las posibilidades en el diseño de la herramienta, pues se podrían incluir otros criterios atendiendo a la información existente: características de los caminos, disponibilidad de fuentes, restauración...

Por último, el propósito específico de esta herramienta se puede complementar con una aplicación que proporcione información sobre los hitos naturales o culturales durante el trayecto, información que constituiría una aportación del usuario a la construcción social del paisaje mediante su tratamiento en un SIGP: el interés que los participantes muestren por cada hito permitiría obtener un indicador precioso para valorar los servicios ecosistémicos de cada bien patrimonial en particular y del paisaje cultural en conjunto.

4. RESULTADOS

De los ocho resultados posibles por combinación de criterios cualitativos y cuantitativos se presentan los correspondientes a las rutas de mayor interés natural con menor pendiente acumulada y mayor confort climático en el mes de diciembre (fig. 6); y las rutas de mayor interés cultural con menor pendiente acumulada y mayor confort climático en el mes de julio (figura 7).

Para verificar la validez de las opciones proporcionadas por el modelo se ha utilizado la calculadora ráster para multiplicar las capas de distancia a la Red Natura 2000 y a los hitos culturales por cada una de las rutas, previamente rasterizadas. Por último, se han elaborado histogramas para obtener la media estadística de

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

los valores de cada píxel en cada uno de los seis resultados de esta álgebra de mapas (Anexo 3). Asimismo, se han elaborado histogramas de temperaturas (Anexo 4) y clinometría (Anexo 5).

Añadiendo al criterio cualitativo de proximidad a la Red Natura 2000 los criterios cuantitativos de pendiente y confort climático en diciembre, las salidas del modelo ofrecen tres opciones (figura 6); mayor interés natural, independientemente de la temperatura y la pendiente; mayor interés natural y mayor temperatura media en diciembre (ruta 2); y mayor interés natural con menor pendiente acumulada (ruta 3).

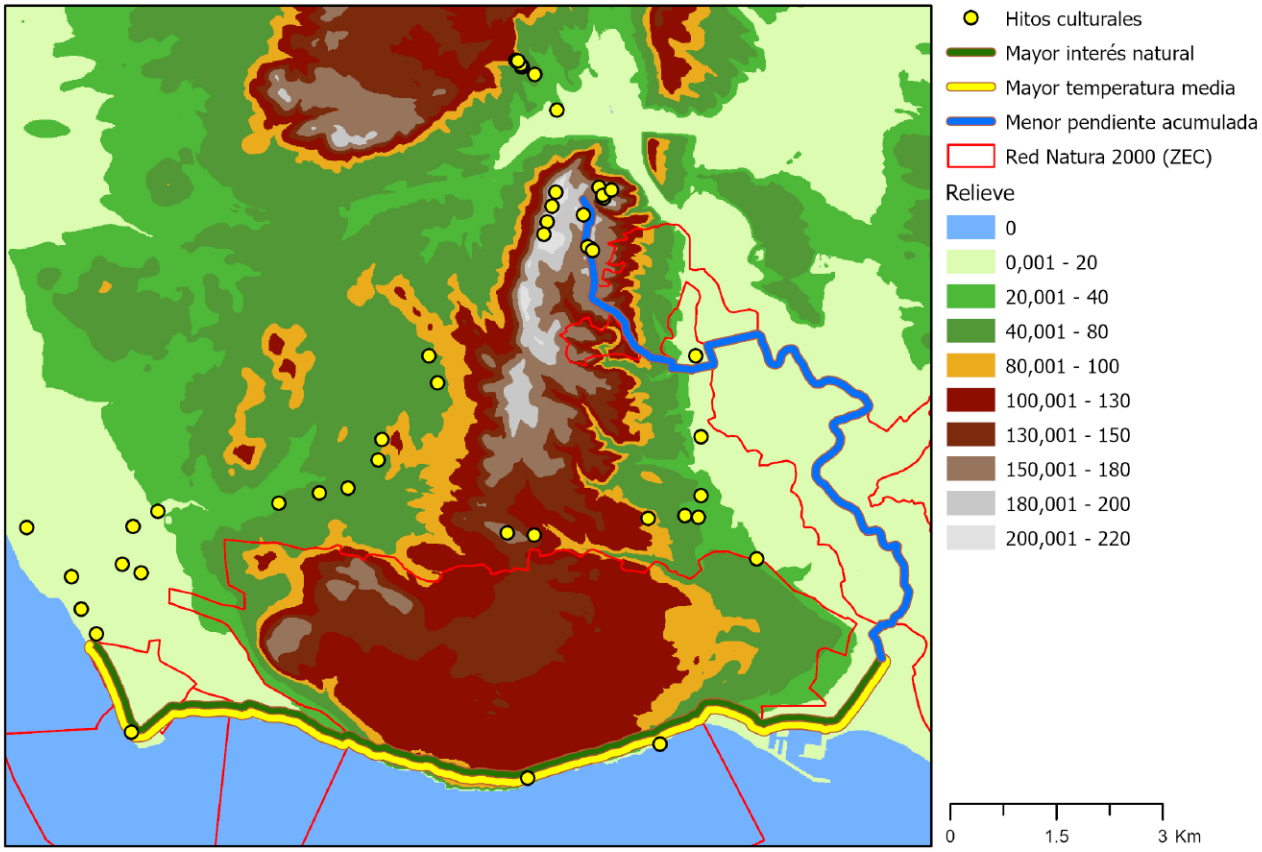


Figura 6. Salidas del modelo: rutas de mayor interés natural, con menor pendiente acumulada y mayor temperatura media en diciembre. Fuente: REDIAM y Toponimia-Nomenclátor. Elaboración propia.

Como se puede observar en el Anexo 3a, la menor distancia a espacios de interés natural se encuentra en la ruta 3, que guarda 53 metros de distancia media respecto a los espacios de la Red Natura 2000, seguida de la ruta 2, que guarda 89 metros de distancia media. La pertenencia difusa selecciona la ruta 2 como óptima por su mayor distancia a los hitos culturales, ya que también se tiene en cuenta su alejamiento de los hitos del patrimonio histórico y cultural y, por tanto, se consideran mutuamente excluyentes el interés natural y cultural.

En cuanto al interés cultural (figura 7), los hitos del patrimonio histórico y cultural se aglomeran al norte y oeste del ámbito de estudio, resultando más accesibles desde la ruta 1 y la ruta 4, que guardan respecto a los hitos culturales 552 y 554 metros de distancia media respectivamente (Anexo 3b).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

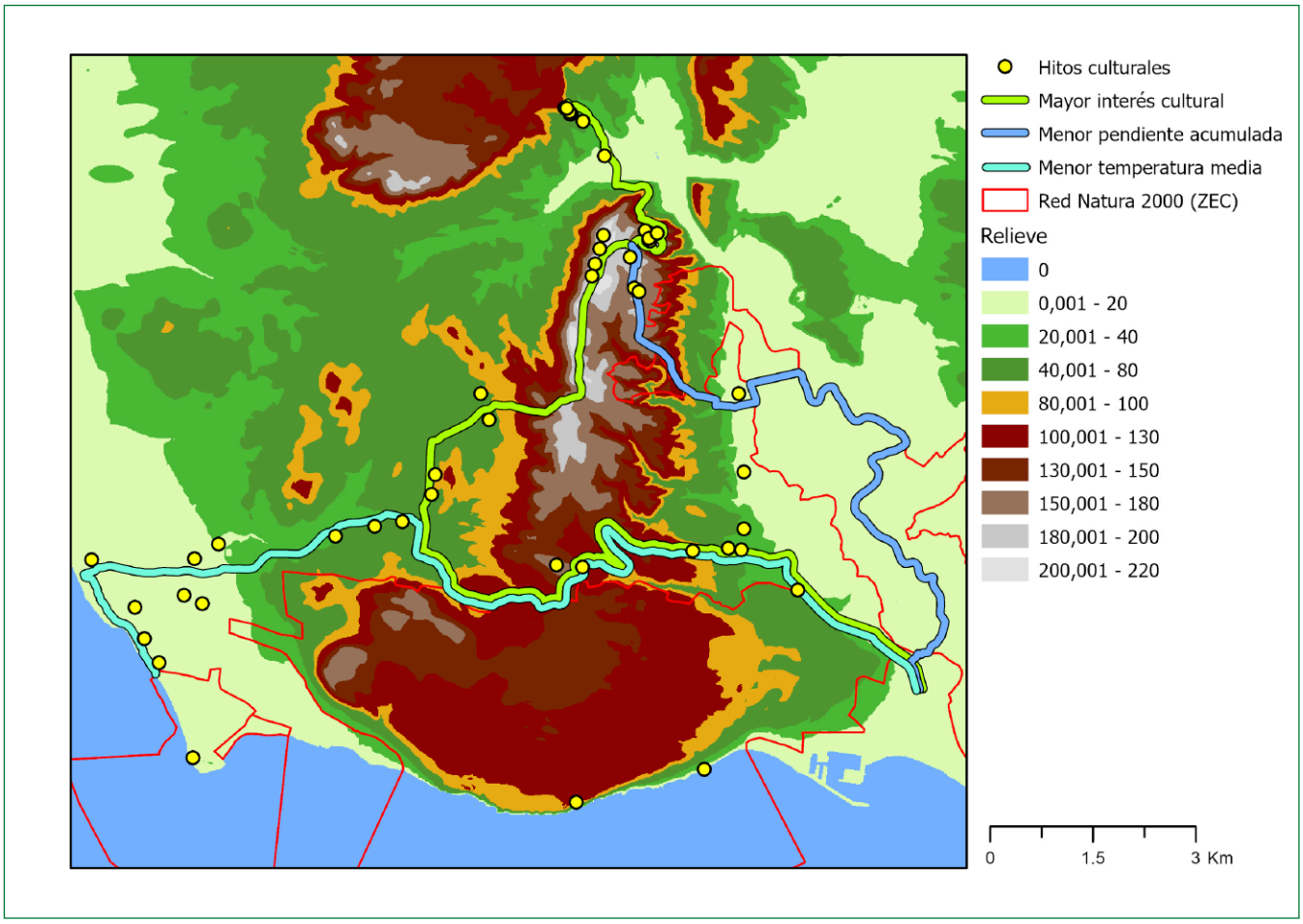


Figura 7. Salidas del modelo: rutas de mayor interés cultural, con menor pendiente acumulada y menor temperatura media en julio. Fuente: elaboración propia.

El mayor interés cultural corresponde a la ruta 4; teniendo en cuenta la pendiente, el mayor interés cultural con menor pendiente acumulada corresponde a la ruta 1; y considerando el confort climático, es la ruta 3 la que presenta la menor temperatura media en el mes de julio.

5. DISCUSIÓN

El concepto de ruta debe ser precisado más allá de su carácter temático, naturalista o cultural. En primer lugar, ha de distinguirse del Itinerario Cultural definido por ICOMOS (2008): "toda vía de comunicación terrestre, acuática o de otro tipo, físicamente determinada y caracterizada por poseer su propia y específica dinámica y funcionalidad histórica al servicio de un fin concreto y determinado [...]". En sentido más amplio, la UNWTO (2018) incluye las rutas históricas y culturales como productos turísticos creados dentro de la tipología del turismo cultural.

Ambas acepciones, estricta o general, pueden utilizarse indistintamente, si bien el Itinerario Cultural sólo adquiere sentido cuando los hitos incluidos están enlazados por un trayecto que proporciona una secuencia perceptiva estructurada, constituyendo en definitiva productos turísticos de calidad; mientras las rutas pueden referirse a recorridos más informales, sin documentación exhaustiva ni requisitos formales de acceso a bienes protegidos, creado con fines de mercantilización turística (Arcila *et al*., 2015).

Además de considerar las rutas turístico-culturales como productos creados *ad hoc*, Crespi & Planells (2003) señalan que las rutas temáticas basadas en el patrimonio natural o cultural de un territorio deben

estar señalizadas en mapas y proporcionar una experiencia educativa satisfactoria al visitante. Esta es una diferencia relevante con la utilización ciudadana de las redes de caminos públicos, en principio desprovistas de mapas o propósito educativo, donde se hace una libérrima lectura del territorio en tanto sus usuarios son libres de recorrerlos y combinarlos con diversos propósitos sin una lógica estricta.

Complementados por la red viaria, los dominios públicos de vías pecuarias y marítimo-terrestres son escenario de prácticas deportivas y de ocio, desde el ciclismo al simple paseo, incluyendo la observación de la naturaleza y el patrimonio de manera casual o intencional, sin disponer *in situ* de más herramientas que permitan profundizar el conocimiento de los elementos observados que los eventuales paneles informativos instalados en espacios naturales y miradores.

Un requisito previo al análisis de redes es la construcción de la red, elaborada por el usuario o disponible online, que ha de conectar todos los nodos mediante líneas. El análisis de redes es idóneo en espacios urbanos, donde los hitos siempre son accesibles a través del viario. En el caso de las redes de carreteras, o de senderos, el análisis de redes permite acceder a los hitos conectados por dicha red, pero presenta carencias para valorar la experiencia que proporciona el paisaje percibido durante el desplazamiento. Es decir, se abstrae el hito patrimonial de su contexto territorial.

Para poder considerar el paisaje en un análisis de redes, una opción es localizar puntos emisores de vistas de interés. No obstante, el problema persiste: el carácter escaso o excepcional de los miradores implica minusvalorar el trayecto, donde se acumulan multitud de estímulos perceptivos que no deben pasar desapercibidos en la fase de diseño de las rutas.

Este problema puede ser abordado combinando el análisis de redes y el de superposición ponderada para introducir en la selección de rutas turísticas diversas variables de difícil tratamiento por otros medios, tales como la profundidad temporal, la visibilidad, o la polución visual y acústica de los trayectos considerados (López & Linares, 2021).

Algunas aplicaciones de la lógica difusa al tráfico complementan eficazmente el clásico análisis de redes: Singh *et al*. (2018) la utilizan para añadir información sobre el estado del tráfico y seleccionar el camino más rápido, en lugar del más corto; Lee *et al*. (2024) diseñan controladores de lógica difusa para bicicletas eléctricas, ayudando a personas con diversas capacidades a enfrentarse a diversos perfiles de carreteras.

En entornos urbanos, los carriles-bici son compatibles con parques o incluso para atravesar zonas peatonales, donde basta echar pie a tierra para llevar la bicicleta con una mano. Si prácticamente todos los espacios públicos permiten el tránsito ciclo-peatonal, cobra mayor relevancia la lógica difusa ya que permite considerar el espacio en su totalidad utilizando gradientes de membresía, en lugar de los trazos euclidianos propios del análisis de redes.

En esta línea abundan numerosas publicaciones recientes, especialmente sobre ciclabilidad en entornos urbanos, pero no exclusivamente: Min *et al*. (2016) estudian el comportamiento de los peatones basándose en información perceptual; Oliveira *et al*. (2020) evalúan rutas urbanas atendiendo a eventuales perjuicios a la salud, por exposición a gases contaminantes, ruido o accidentes de tráfico; Cekmis (2017) considera además la ciclabilidad del viario, la pendiente y las condiciones del tráfico para seleccionar el viario más adecuado, la menor contaminación por tráfico y el tiempo mínimo de viaje; Huang & Wu (2018) planifican rutas ciclistas teniendo en cuenta las intersecciones no señalizadas en condiciones de flujo de tráfico mixto; a escala regional, Kolisko (2013) considera una región compacta para elaborar un ráster difuso de dificultad para el tránsito de bicicletas, cualificando así las rutas más idóneas para el uso familiar, deportivo o recreativo de manera flexible.

Estos enfoques aminoran incertidumbre y conflictos sociales contribuyendo, en materia de tráfico, al propósito general de la denominada ciencia posnormal: construir una interfaz ciencia-política que incluya consideraciones éticas y participación pública equitativa en la generación del conocimiento para garantizar que redunde en beneficio de todos (Pedregal & Segura, 2018).

Una ventaja evidente de la lógica difusa sobre el análisis de redes es su carácter inconexo: en redes, transitar de un lugar a otro exige concretar los nodos de origen y destino, que han de estar unidos por segmentos de la red. Pero la mayor parte del paisaje ha de apreciarse desde el camino, a cierta distancia, sin aproximarse en exceso a los bienes contemplados. En cuanto al patrimonio histórico y cultural, puede ser

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

visitable o estar estrictamente prohibido hacerlo al tratarse de bienes protegidos o propiedades privadas, en cuyo caso ha de contemplarse como un elemento de paisaje.

Los valores del paisaje, incluyendo los elementos patrimoniales que contiene, proporcionan estímulos visuales accesibles mediante recorridos, pero estos valores difícilmente pueden concretarse en nodos salvo casos puntuales, como los miradores, que han de ser considerados excepciones. Por el contrario, la plasmación gráfica del conjunto de estos valores se obtiene con mayor facilidad calculando la cuenca visual del trayecto, a partir de la cual se obtiene la calidad y fragilidad del paisaje.

Esta plasmación de la información de superficies en lugar de nodos remarca la utilidad de lógica difusa como alternativa al análisis de red. Las herramientas SIG de membresía y superposición difusa permiten cualificar el territorio en su conjunto atendiendo a sus valores naturales y a los del patrimonio histórico-cultural, incluidos valores intangibles. Así es posible discriminar flexiblemente las rutas atendiendo a las temáticas preferentes, natural o cultural, y combinarlas con otras variables, por ejemplo, los niveles deseados de esfuerzo y confort climático estacional.

En los ejemplos presentados se han combinado determinados criterios para mostrar las diferencias en la selección de rutas, pero es posible hacer otras combinaciones de criterios, así como incorporar todos los promedios de temperatura mensuales.

También sería posible diseñar rutas temáticas más específicas, discriminando el patrimonio natural y cultural atendiendo a sus características, por ejemplo, el interés ornitológico o etnológico.

Otra ventaja de la utilización de lógica difusa reside en las posibilidades que ofrece para la cualificación del paisaje cultural mediante participación pública. Las citadas barreras a la participación pública mediante SIGP (Ramírez *et al*., 2023) son progresivamente superables gracias a las nuevas tecnologías (Pérez & Maruri, 2024), ya que la popularización de la telefonía móvil y la creciente cobertura de la red de telecomunicaciones facilitan incorporar estos dispositivos a los SIGP, eliminando en gran medida la barrera tecnológica en buena parte del territorio.

Tras ella caerán la barrera epistemológica y la cultural, pues nada impide impulsar aplicaciones que, con raíces en el campo disciplinar de la geografía, incluyan otras disciplinas para impulsar la participación pública en la construcción social del paisaje cultural en las líneas propugnadas por la nueva cultura del territorio (AGE, 2006) sobre políticas del paisaje y de infraestructura verde del territorio, equidad y justicia ambiental, activación del patrimonio territorial y transparencia en los procesos administrativos.

Esta participación pública, además de evaluar la satisfacción de los usuarios con las rutas recomendadas, podría ser de gran utilidad para generar otros datos de gran utilidad. Por ejemplo, la percepción de los valores ambientales y culturales por los usuarios podría ser contrastada con la valoración de estos por los expertos para detectar eventuales discrepancias e implementar estrategias de protección y divulgación más eficientes.

6. CONCLUSIONES

La novedad de la metodología propuesta la distingue de las antes citadas en tres aspectos fundamentales. En primer lugar, por la aplicación de herramientas SIG de lógica difusa para ponderar por su proximidad al viario ciclo-peatonal valores cualitativos, naturales o culturales. Esta innovación metodológica permite una evaluación más flexible y contextualizada de los recursos territoriales, facilitando relacionar áreas de alto valor patrimonial con las infraestructuras de movilidad sostenible.

En segundo lugar, la metodología incorpora la posibilidad de añadir factores cuantitativos específicos, tales como la pendiente del terreno y el confort climático del mes seleccionado. Esta capacidad de integrar múltiples dimensiones en el análisis contribuye a una evaluación más holística y adaptativa, ajustándose a las condiciones específicas y temporales del entorno, lo que permite mejorar la precisión del análisis y la planificación individual de las rutas, haciéndola más dinámica y eficiente al atender a las variaciones estacionales y a las necesidades específicas de los usuarios.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

El tercer aspecto diferenciador es el propósito de la metodología: contribuir a la construcción de territorios inteligentes, donde se reduzca la incertidumbre de los potenciales visitantes sobre la adecuación de la red de senderos a sus preferencias y limitaciones, para aumentar así la resiliencia de territorios con componente turística frente al calentamiento global.

Los territorios dotados de elementos patrimoniales tienen una fuerte conexión con la identidad y las raíces culturales de la sociedad. La divulgación del patrimonio natural y cultural permite orientar en beneficio colectivo la toma de decisiones particulares en materia de actividades recreativas y turísticas.

Mediante herramientas divulgativas y participativas como la propuesta, que sugiere las alternativas adecuadas para cada usuario en cada momento, se promueven actividades complementarias entre sí -deportivas, culturales y de ocio al aire libre- y se facilita su óptima integración en el sistema socio-ecológico territorial. La amplia disponibilidad de teléfonos inteligentes y cobertura de telecomunicaciones aconseja prescindir en gran medida de los tradicionales paneles informativos, obsoletos y costosos, ya que implican su periódica reposición cuando el paso del tiempo y las inclemencias meteorológicas los deterioran hasta ser ilegibles, degradando el paisaje en lugar de informar.

Enriquecer así la experiencia del visitante refuerza el vínculo entre la comunidad y su patrimonio, junto al sentido de pertenencia y responsabilidad compartida, la valoración social de los servicios ecosistémicos y etnológicos que ofrece el territorio y el reconocimiento de cómo estos repercuten en el bienestar.

Sin perjuicio de una aplicación rígida de la normativa en materia de protección del patrimonio y gestión del territorio, es importante señalar que, desde la perspectiva de la ciencia posnormal, el enfoque estrictamente administrativo debe confluir con otros enfoques más flexibles para abordar la complejidad y la incertidumbre inherentes a la gestión territorial, facilitando implementar estrategias de conservación más adaptativas y participativas. De esta manera, es posible fomentar un diálogo continuo entre las políticas de conservación y las prácticas comunitarias, asegurando que las medidas adoptadas sean efectivas y sostenibles a largo plazo.

Declaración de disponibilidad de datos

Rutas_Janda.zip, ejecutable con ArcGIS Pro, disponible en el Repositorio de Mendeley: Fernández-Enríquez, Alfredo (2025), “Rutas_Janda”, Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/62m8mtrv8f.1

Financiación

Esta investigación se incluye en el proyecto “Evaluación de servicios ecosistémicos del paisaje cultural de la campiña litoral de Cádiz”, adjudicatario de una de las “Ayudas a proyectos para el impulso de la economía azul. Transferencia e innovación” del Plan Propio CEI-MAR 2023 del Campus de Excelencia Internacional del Mar.

Declaración responsable y conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo.

Contribución de cada uno de los autores:

- Alfredo Fernández-Enríquez: Fuentes de datos, selección de rutas, diseño del modelo, trabajo de campo, elaboración cartográfica y redacción.
- Manuel Arcila-Garrido: Fuentes de datos, selección de rutas y diseño del modelo.
- Gema Ramírez-Guerrero: Fuentes de datos, trabajo de campo, elaboración cartográfica y redacción.
- Javier García-Onetti: Fuentes de datos, selección de rutas, trabajo de campo y redacción.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

REFERENCIAS

Addoun, M., Chachour, M., & Zerouala, M. S. (2023). A strategy for the design of a cultural tourist route. Case study of the city of Tlemcen in Algeria. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, *21*(4), 743-765. https://doi.org/10.25145/j.pasos.2023.21.051

Álvarez Larrain, A., & McCall, M. K. (2019). Participatory mapping and participatory GIS for historical and archaeological landscape studies: a critical review. *Journal of Archaeological Method and Theory, 26*. https://doi.org/10.1007/s10816-018-9385-z

Azzurro, A. E., & Cerri, J. (2021). Participatory mapping of invasive species: A demonstration in a coastal lagoon. *Marine Policy, Volume 126*. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104412

Arcila Garrido, M., López Sánchez, J. A., & Fernández Enríquez, A. (2015). Rutas turísticos-culturales e itinerarios culturales como productos turísticos: reflexiones sobre una metodología para su diseño y evaluación. In J. de la Riva, P. Ibarra, R. Montorio, & M. Rodrigues (Eds.), *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 463-471). Universidad de Zaragoza-AGE. https://www.researchgate.net/publication/283623753_Rutas_turisticos-culturales_e_itinerarios_culturales_como_productos_turisticos_reflexiones_sobre_una_metodologia_para_su_diseno_y_evaluacion

Asociación Española de Geografía (2025, 18 de abril). *Manifiesto por una Nueva Cultura del Territorio*. https://www.age-geografia.es/site/manifiesto-nueva-cultura-del-territorio/

Barnett, A. J., Wiber, M. G., Rooney, M. P., & Curtis Maillet, D. G. (2016). The role of public participation GIS (PPGIS) and fishermen's perceptions of risk in marine debris mitigation in the Bay of Fundy, Canada. *Ocean & Coastal Management, 133*. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.09.002

Basupi, L. V., Quinn, C. H., & Dougill, A. J. (2017). Using participatory mapping and a participatory geographic information system in pastoral land use investigation: Impacts of rangeland policy in Botswana. *Land Use Policy, 64*. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.03.007

Blake, D., Augé, A. A., & Sherren, K. (2017). Participatory mapping to elicit cultural coastal values for Marine Spatial Planning in a remote archipelago. *Ocean & Coastal Management*, *148*. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.010

Bijker, R. A., & Sijtsma, F. J. (2017). A portfolio of natural places: Using a participatory GIS tool to compare the appreciation and use of green spaces inside and outside urban areas by urban residents. *Landscape and Urban Planning*, *158*. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.004

Bogdani, J., & Mitri, E. (2017). A Bibliography on the Application of GIS in Archaeology and Cultural Heritage. Groma. *Documenting archaeology. 13*. https://doi.org/ 10.12977/groma12

Brown, G., Strickland-Munro, J., Kobryn, H., & Moore, S. A. (2017). Mixed methods participatory GIS: An evaluation of the validity of qualitative and quantitative mapping methods, *Applied Geography*, *79.* https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.015

Brown, G., Weber, D., & de Bie, K. (2014). Assessing the value of public lands using public participation GIS (PPGIS) and social landscape metrics. *Applied Geography, 53*. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.006

Calderón-Puerta, D. M., & Arcila-Garrido, M. (2020). Proposal for the Design of Cultural Tourist Routes through the Use of GIS: An Applied Case. *Revista de Estudios Andaluces*, (39), 134-148. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2020.i39.07

Calderón-Puerta, D. M., Arcila-Garrido, M., & López-Sánchez, J. A. (2018). Las Rutas e Itinerarios Turístico-Culturales en los Portales Oficiales de Turismo de las Comunidades Autónomas Españolas. *Revista de Estudios Andaluces*, (35), 123-145. http://dx.doi.org/10.12795/rea.2018.i35.05

Capel, H. (2005). Las rutas culturales como patrimonio de la Humanidad. El caso de las fortificaciones americanas del Pacífico. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, *X* (562), 1-25. http://www.ub.edu/geocrit/b3w-562.htm

Cekmis, A. (2017). Fuzzy modeling for route characteristic. *Procedia Computer Science, 120,* 112-119. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.217

Chrysafiadi, K., Kontogianni, A., Virvou, M., & Alepis, E. (2025). Enhancing User Experience in Smart Tourism via Fuzzy Logic-Based Personalization. *Mathematics, 13*, 846. https://doi.org/10.3390/math13050846

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

Corzo Arévalo, D. (2020). Diseño de una ruta de turismo histórico cultural usando Google Maps como Sistema de Información Geográfica (SIG). Caso de estudio: centro histórico de Bucaramanga. *Revista Turydes: Turismo y Desarrollo,* (29). https://www.eumed.net/es/revistas/turydes/vol-13-no-29-diciembre-dezembro-2020/ruta-turismo-cultural

Crespi, M., & Planells, M. (2003). *Patrimonio Cultural*. Síntesis.

Czembrowski, P., Kronenberg, J., & Czepkiewicz, M. (2016). Integrating non-monetary and monetary valuation methods – SoftGIS and hedonic pricing. *Ecological Economics, 130*. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.07.004

Del Espino Hidalgo, B. *et al*. (2022). Indicadores de accesibilidad para la evaluación del patrimonio cultural como recurso de desarrollo en áreas rurales de Huelva. *ACE: Architecture, City and Environment, 17*(50), 11375. https://dx.doi.org/10.5821/ace.17.50.11375

Dourteau, M., Cerezo Andreo, F., & Arcila Garrido, M. (2022). Los SIG aplicados al estudio del paisaje cultural marítimo: Colonia del Sacramento desde el siglo XVII al XX. *Papeles de Geografía*, (67), 98–114. https://doi.org/10.6018/geografia.486631

Duarte-Duarte, J. B., Talero-Sarmiento, L. H., & Rodríguez-Padilla D. C. (2021). Methodological proposal for the identification of tourist routes in a particular region through clustering techniques. *Heliyon, 7*(4), https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06655

ESRI. (2025, 18 de abril). Optimización de rutas para el mundo real. https://www.esri.com/es-es/industries/logistics-distribution/strategies/route-planning-optimization

Fagerholm, N., Oteros-Rozas, E., Raymond, C. M., Torralba, M., Moreno, G. & Plieninger, T. (2016). Assessing linkages between ecosystem services, land-use and well-being in an agroforestry landscape using public participation GIS. *Applied Geography, 74*. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.007

Fernández-Enríquez, A., Arcila-Garrido, M., Ramírez-Guerrero, G. & García-Onetti, J. (2024). *Diseño adaptativo de rutas naturalistas y culturales con herramientas SIG*. [Comunicación en congreso]. IX Congreso del Grupo de Estudios Regionales (A.G.E), Sevilla, España. https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2024/10/Libro-de-Actas-IX-Congreso-Grupo-Estudios-Regionales.pdf

Fernández-Laso, M. C., & López Ronco, M. A. (2022). Tourist-cultural routes in the Community of Madrid. *Journal of Tourism and Heritage Research, 5*(2), 216-237. https://www.jthr.es/index.php/journal/article/view/368

Ferreira-Lopes, P. (2018). Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII*-4, 169–175. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018

Flores Payán, L., & Refugio Vallejo, J. (2015). Evaluación de políticas y programas sociales mediante lógica difusa. Nóesis. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 24*(47), 82-113. https://doi.org/10.20983/noesis.2015.1.3

Fundación Biodiversidad (2025, 25 de abril). *Programa Pleamar: Audioguías del mar*. https://www.programapleamar.es/sites/default/files/recursos/documentos/inventario_de_patrimonio_def_recuperado.pdf

Green, C. T. (2011). *Winding Dali's Clock: The Construction of a Fuzzy Temporal-GIS for Archaeology.* [Tesis Doctoral, Universidad de Oxford]. Archaeopress. https://doi.org/10.30861/9781407307961

Hildebrandt-Radke, I., & Jasiewicz, J. (2009). Using Multivariate Statistics and Fuzzy Logic System to Analyse Settlement Preferences in Lowland Areas of the Temperate Zone: An Example from the Polish Lowlands. *Journal of Archaeological Science*, *36*(10). https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.06.004

Huang, Y. (2024). Bibliometric analysis of GIS applications in heritage studies based on Web of Science from 1994 to 2023. *Herit Sci 12*, 57. https://doi.org/10.1186/s40494-024-01163-y

Huang, L., & Wu, J. (2008). *Fuzzy Logic Based Cyclists' Path Planning Behavioral Model in Mixed Traffic Flow*. [Comunicación en congreso]. 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. https://doi.org/10.1109/ITSC.2008.4732670

ICOMOS (2025, 18 de abril). *Carta de Itinerarios Culturales, 16ª Asamblea General*. https://admin.icomos.org/wp-content/uploads/2023/01/culturalroutes_sp.pdf

Jewpanya, P., Nuangpirom, P., Nakkiew,W., Pitjamit, S., & Jaichomphu, P. (2025). Optimizing Tourist Destination Selection Using AHP and Fuzzy AHP Based on Individual Preferences for Personalized Tourism. *Sustainability, 17*, 1116. https://doi.org/10.3390/su17031116

Kolisko, P. (2013). Bike Trail Difficulty Rating in the South Moravian Region Modelled Using Fuzzy Sets. *Geoinformatics FCE CTU. 11,* 5-24. https://doi.org/10.14311/gi.11.1

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

Korpilo, S., Nyberg, E., Vierikko, K., Nieminen, H., Arciniegas, G., & Raymond, C.M. (2023). Developing a Multi-sensory Public Participation GIS (MSPPGIS) method for integrating landscape values and soundscapes of urban green infrastructure. *Landscape and Urban Planning, 230*. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104617

Laatikainen, T., Tenkanen, H., Kyttä, M., & Toivonen, T. (2015). Comparing conventional and PPGIS approaches in measuring equality of access to urban aquatic environments, *Landscape and Urban Planning, 144*. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.004

Lee, J-S., Chen, Z-H., & Hong, Y. (2024). Enhancing Urban Mobility with Self-Tuning Fuzzy Logic Controllers for Power-Assisted Bicycles in Smart Cities. *Sensors, 24*(5), 1552. https://doi.org/10.3390/s24051552

López Guzmán, T. J., Lara de Vicente, F., & Merinero, R. (2006). Las rutas turísticas como motor de desarrollo local. El caso de la Ruta de "El Tempranillo". *Estudios Turísticos, 137,* 131-145. https://doi.org/10.61520/et.1672006.970

López Morales, F. J., & Vidargas, F. (2025, 18 de abril). *Itinerarios culturales: planes de manejo y turismo sustentable*. https://openarchive.icomos.org/id/eprint/1032/1/Itinerarios_Culturales_(2011).pdf

López Sánchez, M., & Linares Gómez del Pulgar, M. (2021). *GIS-based Architectural Design in Heritage Landscapes: towards a Knowledge-based Definition of Touristic Routes*. [Comunicación en congreso]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1165/1/012006

Merino-del Río, R.; Tejedor-Cabrera, A., & Linares-Gómez M. (2020). *Aplicaciones basadas en los SIG para el diseño de itinerarios culturales en paisajes con valores patrimoniales difusos. El caso del territorio del Bajo Guadalquivir (Conjunto Arqueológico de Itálica): Revisión sistemática de literatura científica*. [Comunicación en congreso]. III Congreso Internacional ISUF-H. Ciudad compacta vs. Ciudad difusa. Editorial Universitat Politècnica de València. https://doi.org/10.4995/ISUFh2019.2020.9684

Min Zhou, M., Dong, H., Wang, F.Y., Wang, Q., & Yang, X. (2016). Modeling and simulation of pedestrian dynamical behavior based on a fuzzy logic approach. *Information Sciences, 360,* 112-130. https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.04.018

Moral, M. (2016). La puesta en valor de un recurso turístico cultural sostenible en el medio rural: El caso de las Vías Verdes en España. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo, 12*(2), 161-175. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5906072

Moreno Veloza, L.E., & Garzón Martínez, M.A. (2019). Del infierno al cielo en Boyacá: valoración patrimonial de un camino. *Revista de Antropología Y Sociología: Virajes*, *21*(2), 133–155. https://doi.org/10.17151/rasv.2019.21.2.7

Morère Molinero, N. (2012). Sobre los itinerarios culturales del ICOMOS y las rutas temáticas turístico culturales. Una reflexión sobre su integración en el turismo. *Revista de Análisis Turístico, 13,* 57-68. https://www.researchgate.net/publication /306442757_Sobre_los_itinerarios_culturales_del_Icomos_y_las_rutas_tematicas_turistico-culturales_Una_reflexion_sobre_su_integracion_en_el_turismo

Navalón García, R. (2014). *Escenarios, imaginarios y gestión del patrimonio*. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco (México) y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante, (pp. 207-217). https://www.cervantesvirtual.com/obra/escenarios-imaginarios-y-gestion-del-patrimonio-vol-1/

Oliveira, F., Costa, D. G., Duran-Faundez, C., & Dias, A. (2020). BikeWay: A Multi-Sensory Fuzzy-Based Quality Metric for Bike Paths and Tracks in Urban Areas. *IEEE Access, Vol. 8,* 227313-227326. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3046017

Pafi, M., Flannery, W., & Murtagh, B. (2020). Coastal tourism, market segmentation and contested landscapes. Marine Policy. https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2020.104189

Pedregal Mateos, B. & Segura Calero, S. (2018). Territorio y ciencia posnormal. In J. Farinós, (Coord.), J. Farinós & E. Peiró (Eds.), *Territorio y Estados. Elementos para la coordinación de las políticas de ordenación del territorio en el siglo XXI* (pp. 97-114). Editorial Tirant Humanidades.

Pérez Cano, M. T., & Maruri Arana, A. (2024). Cultural Landscape and Heritage as an Opportunity for Territorial Resilience—The Case of the Border Between Castile and Leon and Cantabria. *Land*, *13*(12), 2233. https://doi.org/10.3390/land13122233

Pietrzyk-Kaszyńska, A., Czepkiewicz, M., & Kronenberg, J. (2017). Eliciting non-monetary values of formal and informal urban green spaces using public participation GIS, *Landscape and Urban Planning, 160*. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.12.012

Ramírez Aranda, N., De Waegemaeker, J., & Van de Weghe, N. (2023). The evolution of public participation GIS (PPGIS) barriers in spatial planning practice, *Applied Geography, 155*. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102940

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

Russo, A. P. (2004). Portales culturales: E-culture para un desarrollo sostenible en regiones turísticas. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales., vol. VIII, 170*(13). Universidad de Barcelona. http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-13.htm

Sánchez-Martín, J. M., Gurría-Gascón, J. L., & García-Berzosa, M. J. (2020). The Cultural Heritage and the Shaping of Tourist Itineraries in Rural Areas: The Case of Historical Ensembles of Extremadura, Spain. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 9*(4), 200. https://doi.org/10.3390/ijgi9040200

Sarmiento, I., Cockcroft, A., Dion, A., Belaid, L., Silver, H., Pizarro, K., Pimentel, J., Skerritt, L., Ghadirian, M. Z., Gagnon-Dufresne, M-C., & Andersson, N. (2024). Fuzzy cognitive mapping in participatory research and decision making: a practice review. *Arch Public Health* 82, 76. https://doi.org/10.1186/s13690-024-01303-7

Singh Tomar, A., Singh, M., Sharma, G., & Arya, K.V. (2018). Traffic Management using Logistic Regression with Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science, 132,* 451-460. Consultado el 21 de marzo de 2024. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.159

Suárez Alfonso, J. L., Rouco Méndez, A. J., & García Lorenzo, U. F. (2023). Para proteger y divulgar el patrimonio de San Miguel del Padrón: Ruta Cultural Benny Moré. *Arquitectura y Urbanismo, XLIV*(3), 53-71. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376876173006

UNWTO (2025, 18 de abril). *2nd International Congress on World Civilizations and Historic Routes*. https://www.unwto.org/europe/event/2nd-international-congress-world-civilizations-and-historic-routes

Ventura Fernández, J., López Magán, E., & Quetglas Llul, L. (2023). *Aproximación al uso turístico de las vías verdes andaluzas a partir del estudio estadístico de cuatro casos representativos.* [Comunicación en congreso]. Geografía: cambios, retos y adaptación: libro de actas. XVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía, Logroño, España. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9075390

Yang, X., & Shen, J. (2023). Landscape Sensitivity Assessment of Historic Districts Using a GIS-Based Method: A Case Study of Beishan Street in Hangzhou, China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf. 12*, 462. https://doi.org/10.3390/ijgi12110462

Yao, Y., Wang, X., Luo, L., Wan, H., & Ren, H. (2023). An Overview of GIS-RS Applications for Archaeological and Cultural Heritage under the DBAR-Heritage Mission. *Remote Sens., 15,* 5766. https://doi.org/10.3390/rs15245766

Zadeh L. A. (1996). Nacimiento y evolución de la lógica difusa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal. *Psicothema, 8*(2), 421-429.

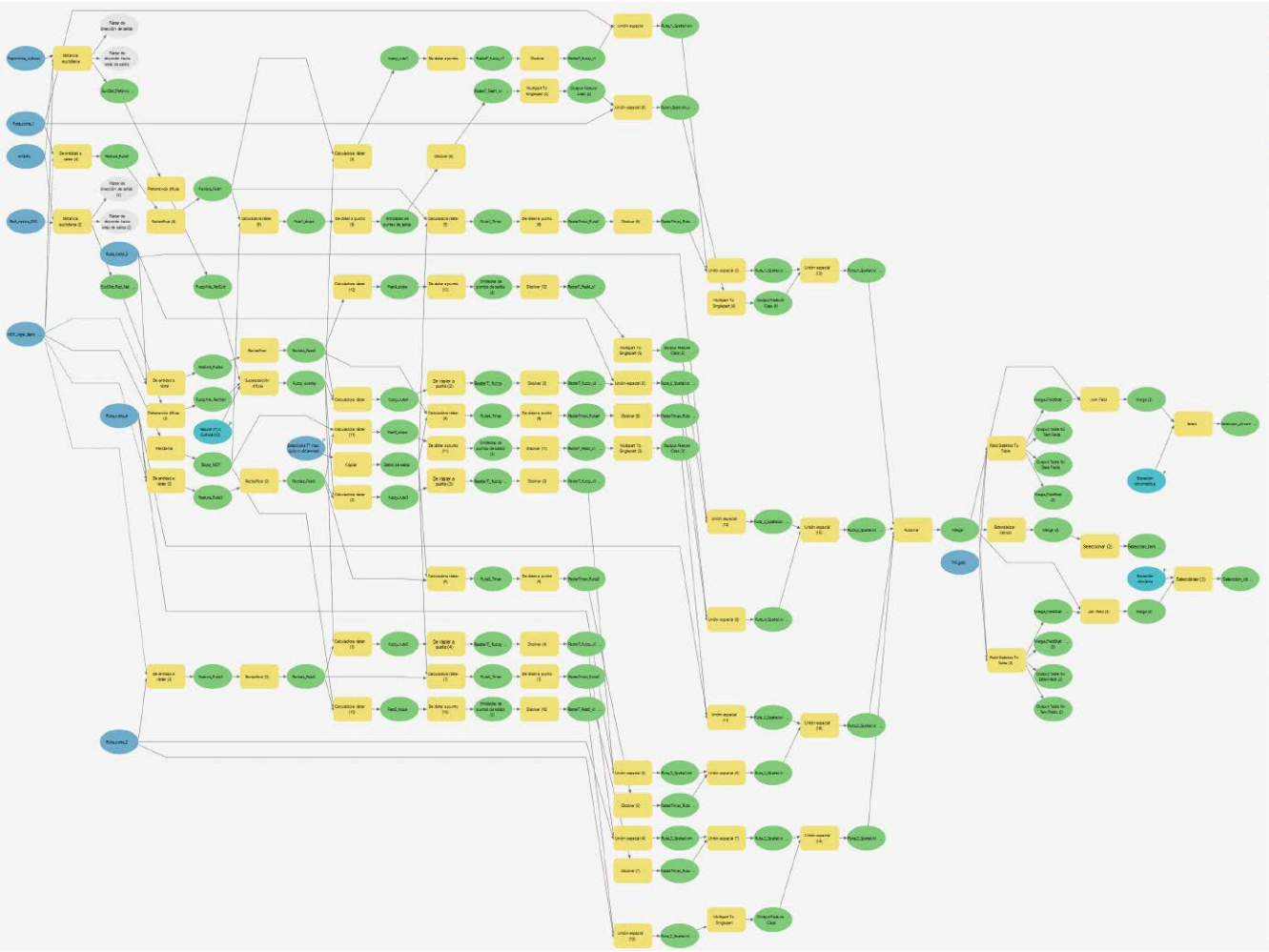
Zamora Merchán, M. (2017). El uso de los SIG en la arqueología española: enfoques y planteamientos, veinte años después. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología,* (2). https://doi.org/10.15366/ane2.blasco2016.025

Zhang, D., Mohammed, S., & Calvi, A. (2021). Special Issue: Fuzzy logic systems for transportation engineering. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 41,* 4705-4712. https://doi.org/10.3233/JIFS-189957

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

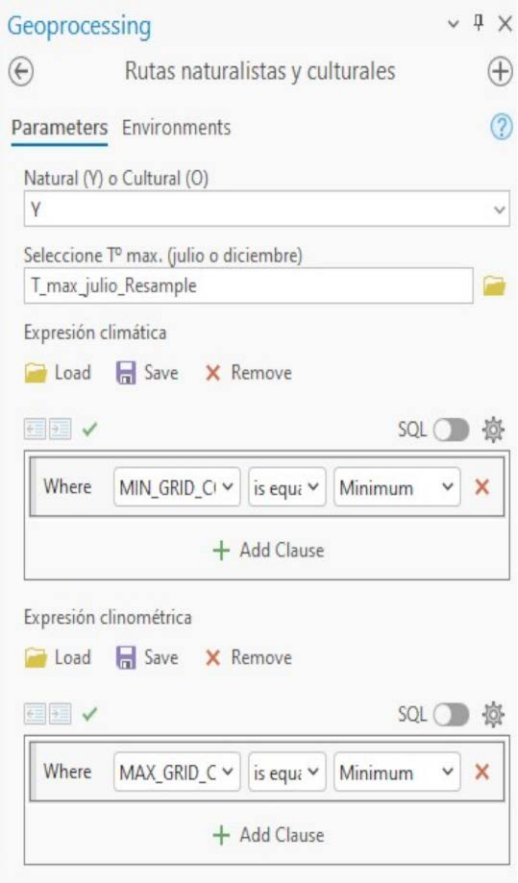
ANEXOS (ELABORACIÓN PROPIA CON ARCGIS MODEL BUILDER)

ANEXO 1. Modelización del flujo de procesos

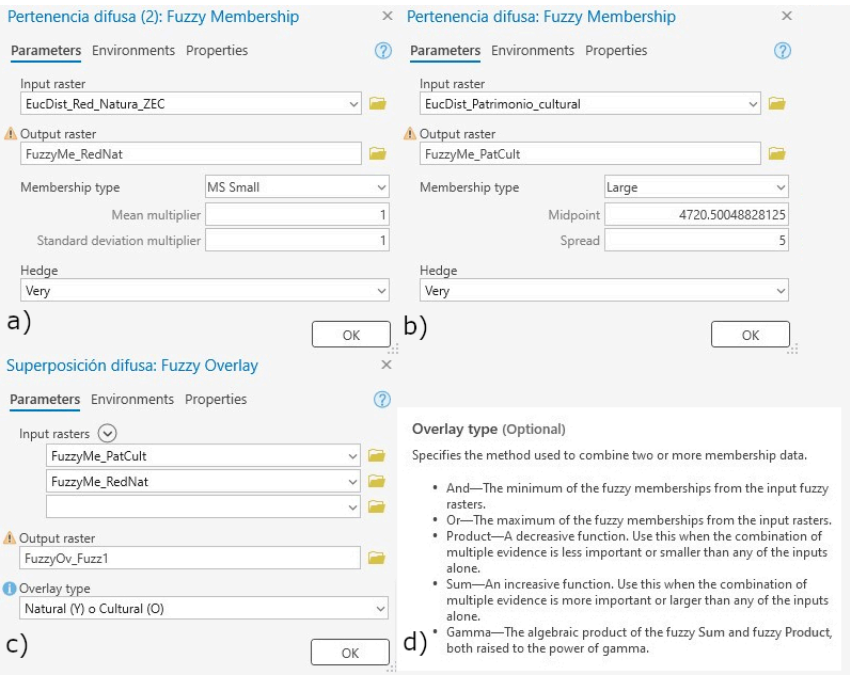


© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

ANEXO 2.
Interfaz del modelo

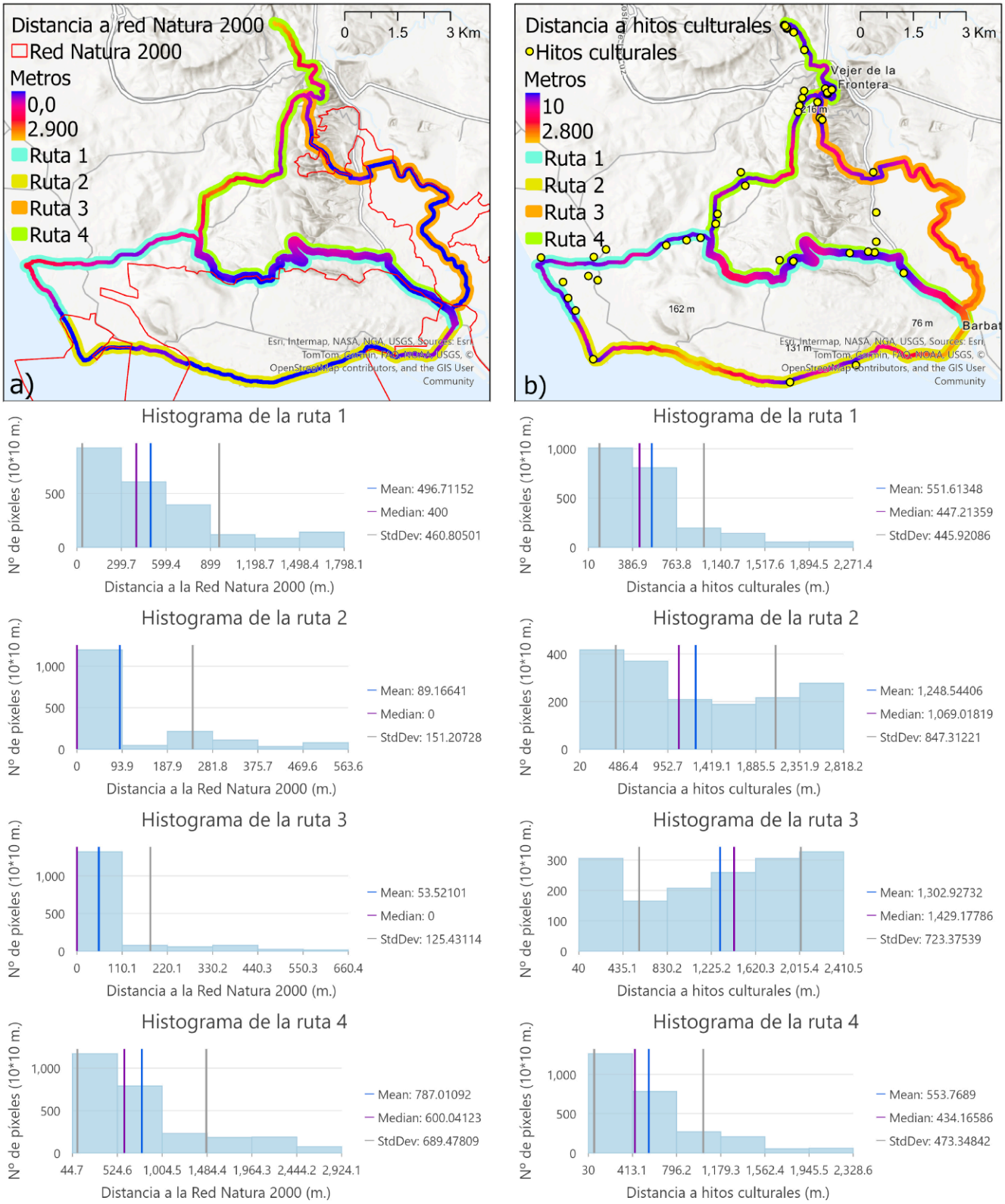


Configuración de las herramientas de membresía difusa de las rutas de interés naturalista (a), de las de interés cultural (b) y de su superposición difusa (c y d)



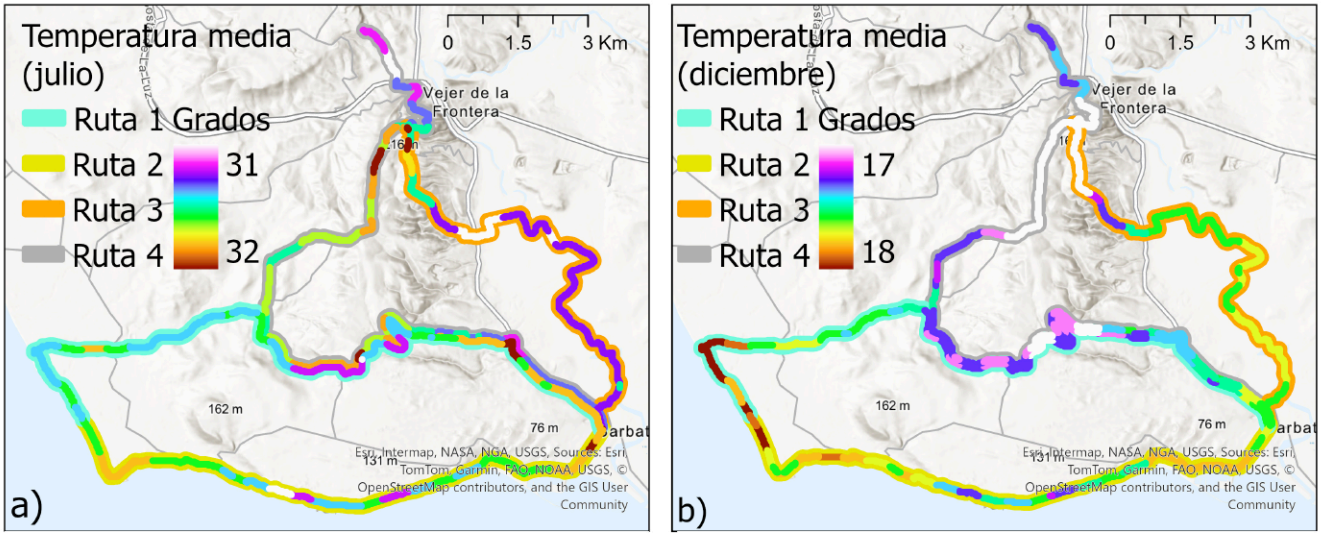
© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

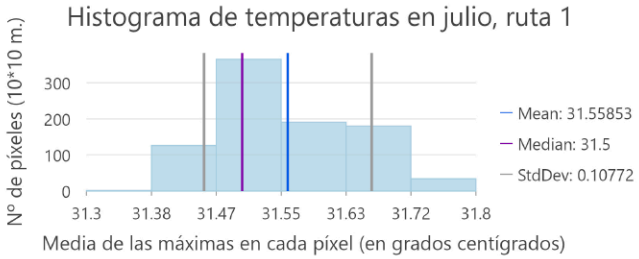
ANEXO 3. Histogramas de distancias a la Red Natura 2000 (a) y a los hitos culturales (b)

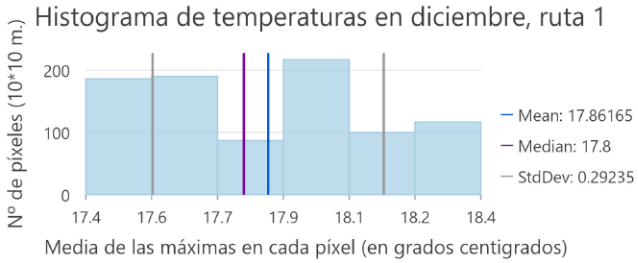


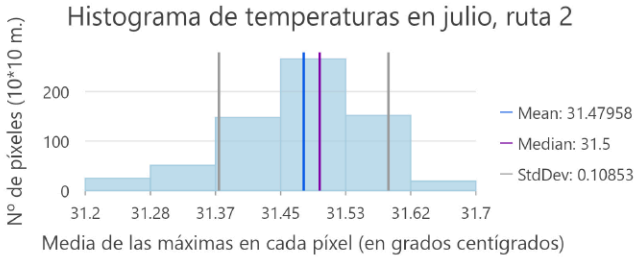
© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

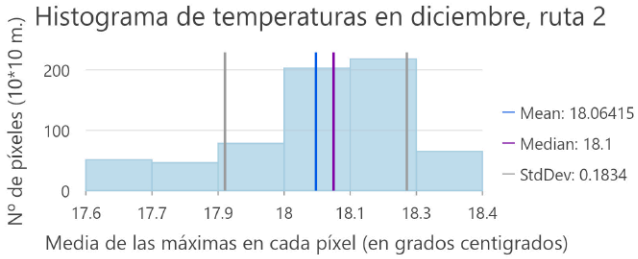
ANEXO 4. Histogramas de temperatura máxima media de los meses de julio (a) y diciembre (b)

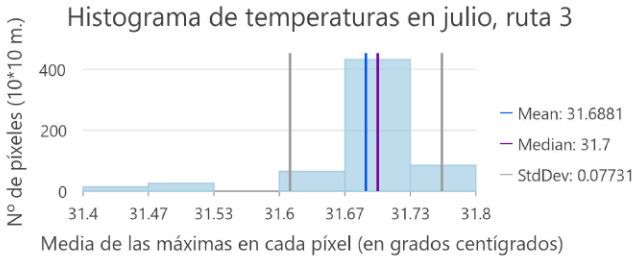


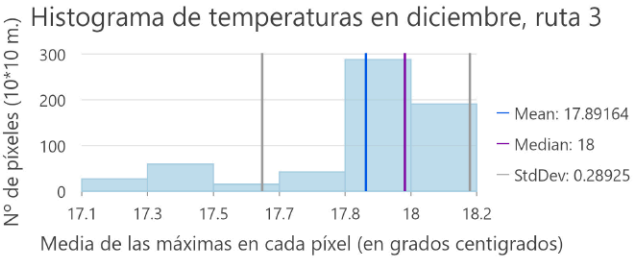


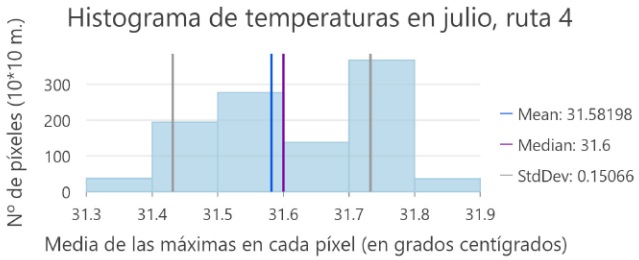


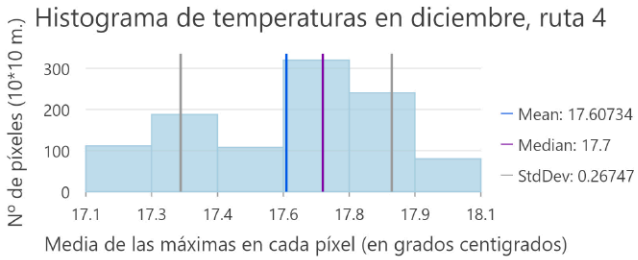






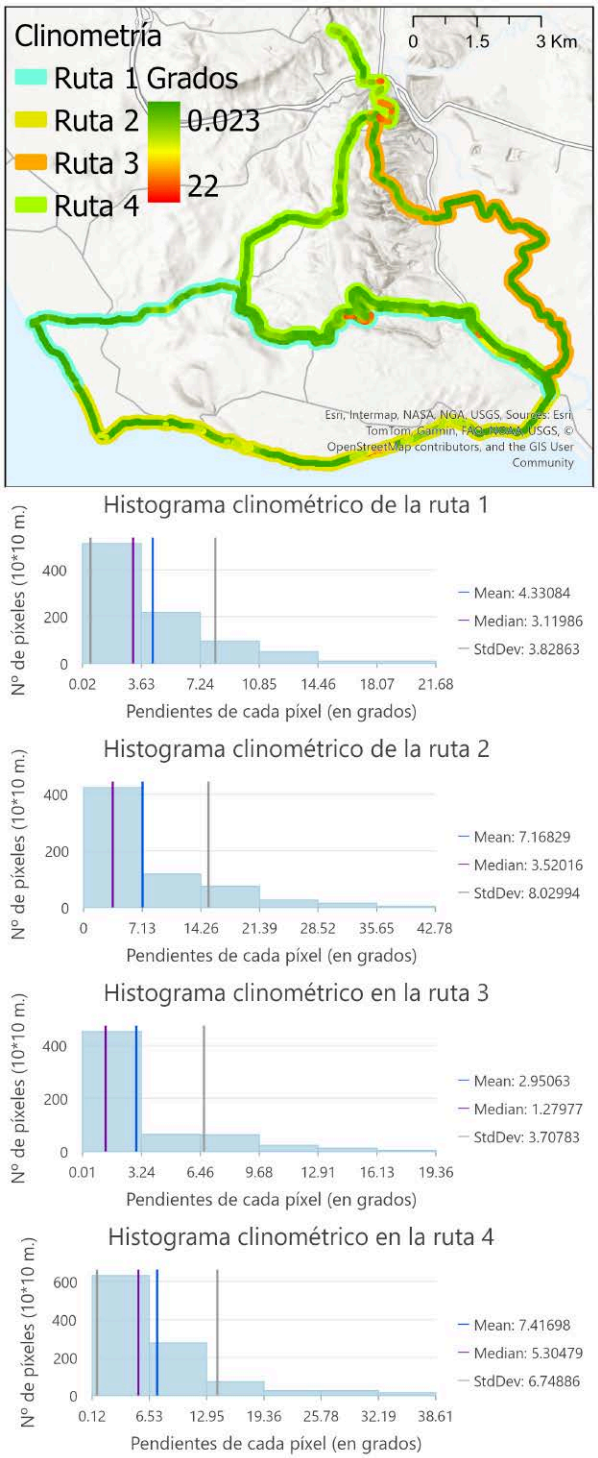






© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

ANEXO 5. Histogramas de clinometría



© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Facteurs environnementaux associés à la domiciliation persistante et prolifique des vecteurs d'arbovirus dans les habitats larvaires du mont Ngafula, en République Démocratique du Congo (RDC)

Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC)

Factores ambientales asociados a la domiciliación persistente y prolífica de vectores de arbovirus en hábitats larvarios en el Monte Ngafula, en la República Democrática del Congo (RDC)

Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo
dieudonnekikozokozokozo@gmail.com 0000-0003-1008-962x
Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kananga B.P. 321 Kasaï central, RDC
Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Olivier Munduku Midishi
olimunduku@gmail.com 0009-0003-6296-557x
Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies,Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Emery Metelo Matubi
pathymetelo@gmail.com 0000-0003-2427-1000
Laboratoire National de Santé Publique et de Lutte Antivectorielle de l'Institut National de Recherche Biomedicale «INRB»
Av. De la Démocratie N°5345, (Ex Av. Des huileries), Kinshasa - Gombe, RDC.

Constantin Lubini Ayingweu
constantinlubini14@gmail.com
Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoir Endogène
Mention sciences et gestion de l'environnement, Faculté des Sciences et Technologies,
Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

INFO ARTÍCULO

Reçu : 10-09-2024
Révisé : 18-05-2025
Accepté : 24-09-2025

MOTS CLÉS

Prolifique
Aedes aegypty
Aedes albopictus
Mont Ngafula
RDC

RÉSUMÉ

Le terme "arbovirus" est une contraction abrégée de " arthropod – borne - virus" signifiant littéralement un virus engendré ou transmis à un vertébré par un vecteur arthropode en l'occurrence un moustique femelle hématophage du genre *Aedes aegypti et albopictus*. Et un vecteur désigne un organisme biologique actif, généralement un arthropode capable d'acquérir et de transférer un parasite pathogène d'un hôte infecté vers un hôte naïf. Le gîte larvaire est un réservoir naturel ou artificiel, temporel ou permanent susceptible de contenir une masse d'eau assez longtemps et est propice au développement des larves des moustiques issus de l'éclosion. Enfin, l'arbovirose est une affection causée par un arbovirus.
Actuellement, la lutte anti vectorielle reste cruciale pour la prévention des arbovirus, sans thérapie spécifique ni vaccin à large spectre. Son efficacité passe par la maîtrise de la spatialisation urbaine des vecteurs et des mécanismes de leurs proliférations en gîtes larvaires artificiels. Le but de cette étude est de déterminer les facteurs environnementaux associés à la persistance des *Aedes spp*, vecteurs d'arbovirus en gîtes larvaires prolifiques à Mont Ngafula. Les prospections des gîtes larvaires ont été réalisées dans 4 quartiers du site d'étude, en période pluviale et sèche au cours de l'année 2024.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07
Formato de cita / Citation: Kikozokozo Kikozokozo, D., Munduku Midishi, O., Metelo Matubi, E., & Lubini Ayingweu, C. (2026). Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC). *Revista de Estudios Andaluces* (51), 140-164. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07
Correspondencia autores: dieudonnekikozokozokozo@gmail.com (Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo)

Les larves collectées ont été placées en cages DCD/Atlanta au laboratoire d'écotoxicologie de la Mention environnement de l'Université de Kinshasa pendant 21 jours en attente de l'émergence définitive. Les adultes affiliés à leurs gîtes de reproduction ont été capturés et identifiés à la loupe entomologique. Les paramètres physico-chimiques de 385 gîtes discriminés, ont été regroupés et mesurés.
Il existe un lien significatif entre la densité larvaire des *Aedes sp* et les facteurs écologiques de gîtes : O_2 dissout (khi deux = 3,91 ; p-value = 0,038), Température (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01), Conductivité (khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001), TDS (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001) Turbidité (khi deux = 14,97 ; p-value = < 0,0001). Ces gîtes ont été quasiment anthropiques et leurs densités variant d'un type à l'autre.L'analyse d'association a montré une liaison non significative entre le type des gîtes et le niveau de la densité de la population larvaire : chi-deux = 5,93 ; ddl = 4 ; p-value = 0,204 suggérant ainsi que le type des gîtes n'influence pas la densité larvaire en leurs seins.
La prolifération Persistance des *Aedes sp* vecteurs d'arbovirus à Mont Ngafula, serait associée à la culture écologique méprisant les risques liés aux activités humaines qui créent et les entretiennent. Cette alerte pourra favoriser le renforcement de stratégies de lutte.

KEYWORDS

Prolific
Aedes aegypty
Aedes albopictus
Mont Ngafula
DRC

ABSTRACT

The term "arbovirus" is a shortened contraction of "arthropod - borne - virus", literally meaning a virus generated or transmitted to a vertebrate by an arthropod vector, in this case a hematophagous female mosquito of the genus *Aedes aegypti* and *albopictus*. A vector is a biologically active organism, generally an arthropod, capable of acquiring and transferring a pathogenic parasite from an infected host to a naïve one. A breeding ground is a natural or artificial, temporary or permanent reservoir capable of containing a body of water long enough to support the development of mosquito larvae. Finally, arbovirosis is a disease caused by an arbovirus.
At present, vector control remains crucial for the prevention of arboviruses, without any specific therapy or broad-spectrum vaccine. Its effectiveness depends on mastering the urban spatialization of vectors and the mechanisms of their proliferation in artificial breeding grounds. The aim of this study is to determine the environmental factors associated with the persistence of *Aedes sp,* vectors of arboviruses in prolific breeding sites at Mont Ngafula. Surveys of breeding sites were carried out in 4 areas of the study site, during the rainy and dry seasons of 2024. The larvae collected were placed in DCD/Atlanta cages in the ecotoxicology laboratory of the Environment Department of the University of Kinshasa for 21 days awaiting final emergence. Adults affiliated with their breeding sites were captured and identified with an entomological magnifier. The physico-chemical parameters of 385 discriminated breeding sites were grouped together and measured.
There was a significant relationship between the larval density of *Aedes* sp and the ecological factors of the breeding sites: Dissolved O_2 (chi-square = 3.91; p-value = 0.038), Temperature (chi-square = 4.845; p-value = 0.01), Conductivity (chi-square = 15.7; p-value < 0.001), TDS (chi-square = 16.62; p-value < 0.001) Turbidity (chi-square = 14.97; p-value = < 0.0001). Association analysis showed a non-significant relationship between the type of bed and the level of larval population density: chi-square = 5.93; ddl = 4; p-value = 0.204, suggesting that the type of bed does not influence larval density within it.
The persistent proliferation of *Aedes sp* vectors of arboviruses at Mont Ngafula is associated with an ecological culture that disregards the risks associated withlinked to the human activities that create and maintain them. This alert could help strengthen control strategies.

PALABRAS CLAVE

Prolífico
Aedes aegypty
Aedes albopictus
Monte Ngafula (RDC)

RESUMEN

El término «arbovirus» es una contracción abreviada de «arthropod - borne - virus», que significa literalmente virus generado o transmitido a un vertebrado por un artrópodo vector, en este caso un mosquito hembra hematófago del género *Aedes aegypti* y *albopictus*. Un vector es un organismo biológico activo, generalmente un artrópodo capaz de adquirir y transferir un parásito patógeno de un hospedador infectado a un hospedador ingenuo. Un criadero es un depósito natural o artificial, temporal o permanente, capaz de contener una masa de agua durante el tiempo suficiente para favorecer el desarrollo de las larvas de mosquito allí incubadas. Por último, la arbovirosis es una enfermedad causada por un arbovirus.
En la actualidad, el control de los vectores sigue siendo crucial para la prevención de los arbovirus, sin que exista ninguna terapia específica ni vacuna de amplio espectro.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Su eficacia depende del control de la localización urbana de los vectores y de los mecanismos por los que proliferan en los criaderos artificiales. El objetivo de este estudio era determinar los factores ambientales asociados a la persistencia de *Aedes spp*, vectores de arbovirus, en lugares de cría prolíficos del monte Ngafula. Se realizaron prospecciones de los lugares de cría en 4 distritos del lugar de estudio, durante los periodos lluvioso y seco de 2024. Las larvas recogidas se colocaron en jaulas DCD/Atlanta en el laboratorio de ecotoxicología del Departamento de Medio Ambiente de la Universidad de Kinshasa durante 21 días a la espera de la emergencia final. Los adultos afiliados a sus lugares de cría fueron capturados e identificados con una lupa entomológica. Se agruparon y midieron los parámetros fisicoquímicos de 385 lugares de cría discriminados.
Se observó una relación significativa entre la densidad larvaria de *Aedes sp* y los factores ecológicos de los lugares de cría: O2 disuelto (chi-cuadrado = 3,91; p-valor = 0,038), Temperatura (chi-cuadrado = 4,845; p-valor = 0,01), Conductividad (chi-cuadrado = 15,7; p-valor < 0,001), TDS (chi-cuadrado = 16,62; p-valor < 0,001) Turbidez (chi-cuadrado = 14,97; p-valor = < 0,0001). El análisis de asociación mostró una relación no significativa entre el tipo de lecho y el nivel de densidad de población larvaria: chi-cuadrado = 5,93; ddl = 4; p-valor = 0,204, lo que sugiere que el tipo de lecho no influye en la densidad larvaria en su interior.
La proliferación persistente de *Aedes sp* vectores de arbovirus en el Monte Ngafula se asocia a una cultura ecológica que desprecia los riesgos asociados vinculados a las actividades humanas que los crean y mantienen. Esta alerta podría contribuir a reforzar las estrategias de control.

1. INTRODUCTION

Les arboviroses constituent aujourd'hui un enjeu croissant de santé publique dans les régions tropicales et subtropicales (Lecollinet, 2022). Leur émergence récurrente s'inscrit dans un contexte de pressions écologique, sociale et climatique qui complexifient les dynamiques de transmission. La dengue, la fièvre jaune, le chikungunya et le Zika, connaissent une recrudescence préoccupante dans les domaines répondant à la tropicalisation. Cette dynamique est alimentée par une pluralité de facteurs (Barrera *et al* 2019).

En République Démocratique du Congo (RDC), plusieurs arboviroses présentent un statut épidémiologique préoccupant. La fièvre jaune et la dengue sont endémiques, avec des manifestations épisodiques sous forme d'épidémies, tandis que la maladie à virus Chikungunya est classée parmi les pathologies émergentes (Selhorst *et al*., 2020 ; Kikozokozo *et al*., 2022). En vue de contribuer aux stratégies de prophylaxie d'exposition aux piqûres infectantes des Aedes sp.,la maîtrise de l'écologie de ces vecteurs s'avère nécessaire. Les moustiques du genre *Aedes sp* sont des vecteurs d'agents infectieux viraux, qui ne peuvent actuellement être guéris par une thérapie spécifique ni prévenus tous par des vaccins. Ils sont donc épidémiologiquement responsables du spectre de maladies à arbovirus émergents et/ou réémergents notamment le virus de la fièvre Chikungunya, les virus de la Dengue, le virus amaril et de l'infection à virus Zika dans le monde (Tur *et al.,* 2021). Ces virus qu'ils inoculent lors de leurs repas sanguin, ont provoqué des épidémies dans certains pays et, en ont neutralisé autant dans plus de 125 autres à travers le monde, notamment en Afrique tropicale (OMS, 2020 ; Gutierrez-Barbosa *et al.*, 2020) où les systèmes de santé sont encore à la traîne, posant ainsi un réel risque de santé publique. Toutefois, le virus Zika présente des similitudes antigéniques et structurelles avec les virus responsables de la dengue, de la fièvre jaune et du virus du Nil occidental. Il a cependant, un tropisme irrésistible pour les organes nobles et les principaux systèmes, notamment le système nerveux, le foie, le système vasculaire et les fluides biologiques sexuels, ce qui en fait un agent infectieux sexuellement transmissible et une cause de maladies congénitales. (Krauer *et al.,* 2017). De plus, la microcéphalie associée au syndrome de Guillin-Barré reste la séquelle la plus inquiétante qui a condamné et scellé l'avenir de la génération des enfants nés au cours la période épidémique dans la région amazonienne et, à qui l'infection doit sa notoriété, (De Araùjo *et al.,* 2018 ; Musso *et al.,* 2019 ; Yuill, 2021).

Face à l'ampleur de la crise sanitaire et la menace humanitaire causées par la propagation interhumaine et par les transferts vectoriels du ZIKV, cette affection a été déclarée par l'Organisation Mondiale de la Santé, une urgence de santé publique de portée internationale en novembre de l'année 2016 (OMS, 2022).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

En tout état de cause, la nécessité de lutter contre le vecteur polyvalent du ZIKV et CHIKV devient toute particulière, étant donné que la médecine n'a à sa disposition, du moins jusqu'à l'heure actuelle, ni molécules médicamenteuses spécifiques et efficaces pour les combattre ni d'antigènes d'immunisation des masses pour les contrôler (Barrante, 2018*).* Motivé par la nécessité de contribuer à l'amélioration et au développement des stratégies de lutte anti vectorielle autre que l'utilisation des insecticides, cette étude se concentre sur la connaissance et la compréhension des facteurs environnementaux associés à la domestication persistante des vecteurs d'arbovirus dans les gîtes larvaires prolifiques à Mont-Ngafula afin d'orienter avec succès les opérations de prévention et de surveillance.

En effet, c'est au prix d'un bilan humain souvent lourd, que les arbovirus sévissent inlassablement dans le domaine climatique tropical. Par exemple, dans les Amériques, on constate au cours d'un semestre 2023, le taux d'incidence de la Dengue et du Chikungunya, frôlant celle de pires années de l'histoire des arboviroses en 2016 puis 2019 (OMS, 2023). Cette situation est quasiment similaire dans toute la zone d'Afrique subsaharienne puisque cette dernière, répond aux critères de similarité écologique, incluant les effets du changement climatique. Elle est également une sous-région d'expression démographique qui contribue significativement à la mortalité liée aux maladies vectorielles, notamment le paludisme (Koumba, 2020). Plusieurs auteurs dont Kading *et al.* (2020) estiment qu'environ la moitié de la population mondiale vit en zones de risques associés à l'existence de vecteurs des arbovirus. Ce qui signifie qu'à cette condition de coexistence, l'essor du commerce international de ces dernières années, couplé à la croissance démographique galopante, y accroissent les risques de la propagation de ces pathogènes susceptibles d'embraser les zones encore indemnes de leurs présences (Cameron *et al.,* 2021).

C'est donc ce globalisation et endémicité généralisées des souffrances dues aux arbovirus qu'il est convenable de prévenir par des actions fondées sur des données probantes, et c'est précisément ce à quoi la présente étude se propose d'apporter une contribution. Les statistiques dans ce domaine sont parcellaires et des recherches ne sont pas ciblées, ce qui ne parvient pas à susciter une réponse adéquate et urgente de la part des autorités même lors de la moindre résurgence d'épidémie dans le pays à faible revenu comme la RDC. Bien que les gîtes de reproduction des *Aedes sp* soient stéréotypés et repartis selon les régions du monde (Philibert & Ijumba, 2013 ; Abilio *et al.,* 2018) et selon les considérations culturelles concernant la gestion de l'eau (Islam *et al*., 2019), les activités humaines là où il existe un déficit d'aménagement et de gestion de l'environnement, comme Kinshasa par exemple, peuvent également créer les conditions environnementales propices à la prolifération des moustiques *Aedes sp*.

Les réservoirs destinés au stockage d'eau domestique par exemple et, ceux abandonnés, s'ils sont mal gérés ainsi que les eaux stagnantes dans les caniveaux sous dimensionnés et dysfonctionnels, constituent de bons lieux de reproduction de ces culidae. Par ailleurs, sur plus de 3500 espèces de moustiques répertoriés dans le monde (Lecollinet *et al.,* 2022), le genre *Aedes sp* est trouvé par plusieurs auteurs comme l'une des espèces les plus meurtrières en raison de sa capacité particulière d'adaptation aux différentes conditions environnementales continentales et de son hétérogénéité de la transmission de plusieurs pathogènes (Waggoner *et al.*, 2016). En conséquence, sa présence prolifique dans une zone endémique, récemment réputée comme épicentre du Chikungunya en 2018-2019 à Kinshasa, réclame mesures et actions concertées en vue d'éviter qu'il en devienne une urgence médicale et de santé publique. L'attractivité des espèces de moustiques *Aedes sp* aux établissements humains et dans les endroits agglomérés, est également affectée par une mauvaise planification urbaine, presque caractéristique de villes africaines comme Kinshasa où les habitations spontanées, surtout en zones d'extension du carré urbain et la prédation des ressources environnementales ne sont soumises à aucune norme. Cette situation favorise la pénétration et la conquête des espaces jadis exempts de la présence des moustiques *Aedes sp.*vecteurs d'arbovirus épidémiques*.*

En République Démocratique du Congo, les arbovirus de la fièvre jaune et dengue, sont endémiques et sévissent sous formes épidémiques. Par ailleurs, la maladie à virus chikungunya est en émergence (Kikozokozo *et al.,* 2022). Plusieurs épisodes épidémiques se sont produits, le plus récents étant la fièvre jaune en 2016 et le chikungunya en 2018-2019 (Franke, 2017). Deux espèces de moustiques du genre *Aedes sp* seraient responsables de la transmission des virus causant ces maladies dans le pays : *Ae.albopictus* et

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Ae.aegypti, (Raja babu *et al*., 2016 ; Bobanga *et al.*,2018) ; (Dos Reis IC, *et al.,* 2019; Selhorst *et al.,* 2020). Ces Culicidés sont potentiellement deux vecteurs qui coexistent souvent dans une symbiose mutualiste au niveau de leurs sites de reproduction, ce qui suggère qu'ils soient considérés comme deux interfaces nécessitant une lecture alternative au cours de la transmission des arbovirus à Kinshasa. (Proesman *et al.,* 2019 ; Bifani *et al.,* 2022).

Ces arthropodes présentent une agilité anthropophile (Rose *et al*., 2023), relativement endophile; (Kikozokozo *et al*., 2019). On les trouve souvent en train de se reproduire dans des récipients artificiels contenant de l'eau claire, propre ou même trouble, tels que des citernes d'eaux pluviales, des seaux, des bocaux mal entretenus et dans des sites encombrés pour leurs repos (Bobanga *et al*., 2018 ; Powel *et al*., 2023). La transformation de l'environnement physique et naturel en noosphère par le génie humain, la dynamique de populations et leur comportement écologiquement irresponsables traduit par une gestion imprudente de l'eau et de l'espace, constituent autant des facteurs qui augmentent les possibilités écologiques et influencent l'adaptation des Aedes spp par ricochets la réémergence des arbovirus épidémiques. Certains sites de reproduction permissifs et préférés sont les pots de fleurs, les aisselles des bananiers et de cannes à sucre, les réservoirs d'eau en béton, les coquilles de noix de coco, les vieux pneus et autres petits récipients. La présence massive de ces arthropodes dans la zone de Mont-Ngafula est liée aux activités humaines. Celles-ci leur offrent de multiples lieux de reproduction et de repos, ce qui accroit leur nombre. De plus, les moustiques peuvent se reproduire facilement dans les gîtes opportunistes, ce qui augmente les risques de transmission des pathogènes qu'ils ont absorbés. Cette propagation des arbovirus épidémiques est facilitée par le fait que les moustiques sont de bons vecteurs. Cela constitue une menace pour la santé publique.

2. SITE D'ÉTUDE

La commune de Mont- Ngafula est située à S° 4° 25' 35". E°15° 17' 44" , dans le district de LUKUNGA. Ce site s'étend sur une superficie de 237,8 km^2 avec une population résidentielle d'environ 718.197 personnes (Shomba, 2019). Elle jouit du même climat de la ville de Kinshasa qui est tropical humide de type AW_4 de la classification de Koppen, caractérisé par une altérnance de saisons sèches et de saisons humides ou pluvieuses (https://www. meteorlogiaenred.com/fr/). Cette zone présente un faciès urbano-rural à cause du type d'habitat rudimentaire et délabré dans 47% de quartiers résidentiels qui la constitue. La dégradation des espaces verts, le manque des infrastructures d'assainissement adéquates et des services sociaux de base, ainsi que l'enclavement sont causés par les activités agro-pastorales intensives exercées dans le bassin versant de la Lukaya. La gestion imprudente de l'eau pluvieuses qui cause les éboulements et glissement de terrain lors de fortes pluies diluviennes ou torrentielles et la consommation de l'énergie bois sont de problèmes environnementaux les plus récurrents.

2.1. Description du milieu d'étude : Commune de Mont-Ngafula à Kinshasa-RDC

Cette étude s'est effectuée dans quatre quartiers urbains dont: Plateau 1,Masanga Mbila,Kindele et Mama Yemo. Portant la ceinture verte de la ville de Kinshasa, l'espace de la Commune de Mont- Ngafula est baigné d'un riche et abondant réseau hydrographique à la fois allogène et Perrin. Plusieurs de ces cours d'eau sont des affluents de la rivière Nd'jili à l'Est et du fleuve Congo. Parmi les plus importants cours d'eau on peut citer : le bassin versant de la Lukaya, Luzizila, Manyonzi, Boyen, Lutega, Kwambila et Ngudia-baka. Toute cette hydrographie confère à la Commune de Mont-Ngafula une humidité relative et un microclimat favorable au développement de différentes espèces des moustiques d'intérêt médical dont les *Aedes spp*. Outre cette abondante ressources en eau douce, il convient de noter que c'est dans cette partie de la ville de Kinshasa que l'eau est une denrée rare parce qu'elle ne jaillie pas au robinet de la REGIDESO, elle requiert d'énormes efforts physiques pour sa domestication. Cette pratique de stockage d'eau favorise la multiplicité des gîtes larvaires des moustiques. La plupart de cours d'eau sont de dépotoirs de canalisation des égouts.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Le choix porté sur Mont-Ngafula est motivé par la prévalence de Chikungunya ayant fait de lui l'épicentre de cette épidémie en 2019, ensuite il est l'une de plus vastes communes collinaire surplombant toute la ville de Kinshasa avec une richesse en biodiversité où est observé un déficit en management environnemental. Cette situation préoccupante est très favorable à la pénétration, installation et colonisation des gîtes par des Aedes sp qui s'y adapte facilement.

Faisant partie intégrante de la ville de Kinshasa, le milieu de la commune de Mont-Ngafula jouit également du climat tropical humide de type AW4 de la classification de Koppen caractérisé par deux saisons nettement tranchées : l'une pluvieuse et l'autre sèche. La saison des pluies, voit une diminution de la précipitation en janvier-février, la durée de la saison va diminuant du sud-ouest vers le nord-est. Tandis que la saison sèche commence théoriquement vers le 15 mai et se termine vers le 15 septembre, elle dure 120 jours. Il sied de signaler que la ville de Kinshasa fait face aux effets du dérèglement climatique par lesquels les pluies s'abattent jusqu'au milieu du mois de juin 2025 causant de dégâts matériels énormes et de pertes en vies humaines.

Au cours de toute cette période, la sécheresse atmosphérique est compensée par une humidité due aux brouillards produits par le courant froid de Benguela influençant la température vers la baisse [https://www.meteorlogiaenred.com/fr].Parmi les facteurs climatiques on distingue les facteurs énergétiques constitués de la température, la précipitation et l'humidité, la lumière, le vent, l'air, étant donné qu'ils exercent une grande influence sur le développement de culicidés dont l'*Aedes.sp*.Les principaux facteurs climatiques de la ville de Kinshasa où se localise la Commune de Mont-Ngafula sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Récapitulatif des facteurs climatiques de Kinshasa.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	25.5	26	26.2	25.9	25.8	24.9	24.5	25	26.1	26	25.3	25.2
Température minimale moyenne (°C)	22.5	22.8	23	22.9	22.5	20.7	19.8	20.3	21.7	22.5	22.3	22.3
Température maximale (°C)	29.4	30	30.4	29.8	29.7	29.8	30	30.2	31.3	30.4	29	28.8
Précipitations (mm)	126	110	118	146	83	6	1	7	20	120	192	166
Humidité(%)	83%	82%	81%	84%	82%	73%	67%	65%	66%	75%	84%	85%
Jours de pluie (jrée)	16	13	14	16	12	1	0	1	5	15	19	19
Heures de soleil (h)	6.6	6.5	6.9	6.6	5.9	5.1	5.1	4.2	4.7	5.9	6.5	6.6

Data: 1994 - 2024 Température minimale moyenne (°C), Température maximale (°C), Précipitations (mm), Humidité, Jours de pluie, Heures de soleil .
Source : élaboration personnelle basée sur Centre Météorologique de Binza Ozone.

La fluctuation des précipitations est notable, avec 191 mm d'écart observé entre le mois le moins arrosé et le mois le plus arrosé. Il a été observé que le mois de décembre présente l'humidité relative la plus élevée, avec un pourcentage de 85.21. D'autre part, août présente l'humidité relative la plus faible, avec un taux approximatif de 65.26. Selon les données, novembre est observé comme le mois avec le maximum de jours de pluie (25.37) tandis que juillet a enregistré un minimum de précipitation.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le matériel biologique de la présente étude est constitué des moustiques de formes pré-imaginales (larves et nymphes) collectés à l'aide d'une louche entomologique et une pipette pasteur au cours de prospections des gîtes situés dans et/ou hors des ménages.

3.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude écologique transversale dont la finalité analytique s'appuie sur des observations et des expérimentations afin d'évaluer la dynamique écologique des gîtes larvaires densément peuplés, déterminant entomologique majeur de l'émergence d'arbovirus à Kinshasa.

3.2. Prospection et détermination des paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires

Les facteurs abiotiques des gîtes de reproduction larvaire savoir : pH, température, turbidité, conductivité, oxygène dissous, pourcentage d'oxygène, et tds ont été terminés à l'aide d'un analyseur multiparamétriques de Combo Hanna, d'un saturomètre et d'un pH-mètre du laboratoire de bio écologie et lutte anti vectorielle de l'école de santé publique de l'Université de Kinshasa (BIOLAV) et de l'Institut National des recherches Biomédicales (INRB). Tandis que les coordonnées géographiques l'ont été par GPS de type Garmin. Un décamètre en métal a servi à déterminer la profondeur de chaque gîtes larvaire, alors que la louche de modèle OMS et une pipette pasteur ont cueillit les effluents et les moustiques immatures des gîtes positifs pour analyse et conservation. Les espèces ainsi cueillies ont été directement placées dans les bocaux portant le numéro du ménage et la date, puis acheminées au laboratoire d'écotoxicologie de la mention Sciences et gestion de l'environnement de l'Université de Kinshasa pour y être mises en attente d'émergence définitive en attendant le résultat des analyses du CDC/Antlata. L'opération d'identification des espèces de moustiques émergents a été effectuée à l'aide du stéréo-microscopique ou loupe entomologique au grossissement 10 x 40, d'une pince entomologique souple pour la manipulation des moustiques lesquels ont été conservés en tube eppendorf de 1,5ml. le silicagel a été utilisé comme un déssicant et de l'ouate empêchant le contact direct de moustique d'avec le déssiccant.

3.3. Technique de sondage

Pour la stratification des ménages enquêtés, nous avons recouru à l'échantillonnage probabiliste à plusieurs degrés. En effet,400 ménages ont été visés pour des prospections ayant ciblé quatre sites qui comptent chacun plusieurs Quartiers, dont chacun a un nombre différent des rues et des ménages. La méthode employée était la suivante :

> (i) sélectionner un ménage où un cas de CHIKV a été confirmé par l'Institut national de recherches biomédicales (INRB) ;(ii) ensuite, sélectionner aléatoirement 10 rues par site en utilisant le pas de sondage de 5 ; (iii) enfin, sélectionner 10 ménages par rue selon la même technique, ce qui a permis d'explorer 735 gîtes dont 385 ont été positifs

3.4. Critères d'inclusion

- Tout réceptacle d'eau susceptible de servir de gîte larvaire pour les moustiques *Aedes*, situé à moins de 20 mètres des habitations sur le site d'étude.
- Les gîtes larvaires à potentiel d'*Aedes* doivent être accessibles.
- L'accord du responsable de ménage.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

3.5. Critère d'exclusion

- Tout réceptacle d'eau susceptible de servir de gîte larvaire pour les moustique *Aedes*, situé à plus de 20 mètres des habitations sur le site d'étude.
- Tout gîte larvaire à potentiel d'*Aedes* inaccessible ;
- Tout ménage bénéficiant de l'approbation du responsable accusant un déficit mental.
- Tout ménage se trouvant dans le site d'étude sans l'approbation du responsable

3.6. Méthode

Une enquête transversale a été menée en deux périodes : pluvieuse et sèche, allant de mars à mi-mai ensuite de juin à mi-juillet 2024. Les données collectées ont été compilées sur Microsoft Excel 2016, puis exportées sur SPSS Statistics Version 28 et Open Epi 3.5

4. RÉSULTATS

Cette section présente les résultats obtenus conformément aux objectifs de l'étude. Elle repose sur l'analyse de 385 sur 735 gîtes larvaires de moustiques *Aedes sp.* explorés dans 400 ménages répartis sur quatre Quartiers ou sites urbains : Masanga Mbila, Kindele, Plateau I et Mama Yemo. L'analyse des données a d'abord permis de caractériser les facteurs écologiques associés à la reproduction vectorielle, sur la base des résultats entomologiques. L'examen des corrélations entre ces facteurs et la densité larvaire a mis en évidence une relation significative entre les conditions environnementales et la prolifération d'*Aedes sp*. dans la zone. Les résultats de nombreux et divers types des gîtes larvaires exploités par les culicidés comme lieux de reproduction sont exprimés dans le tableau 2.

Tableau 2. Répartition de type des gîtes larvaires par site.

		Sites				Total
N°	Types gîtes	Kindele n=113 % & (%)	Mama Yemo n= 106 & (%)	Plateau 1 n = 89 & (%)	Masanga Mbila n=77 &(%)	N= 385 &%
1	Boites de conserves éparpillées	7 (6,1)	5(4,7)	8(8,9%)	5(6,5)	25 (6,4)
2	Conteneurs en Plastiques abandonnés	9 (7,9)	5 (4,7)	9 (10,1)	8 (10,3	31 (8)
3	Pneus recyclables	16 (14,1)	13 (12,2)	10 (11,2)	7 (9)	46 (11,9)
4	Seau en plastique	12 (10,6)	9 (8,4)	11(12,3)	14 (18,1)	46 (11,9)
5	PCSEP (sur béton armé avec ouverture)	17 (15)	11 (10,3)	12 (13,4)	12 (15,5)	52 (13,5)
6	Bidons de diverses dimensions	11 (9,7)	9 (8,4)	8 (8,9)	10 (12,9)	38 (9,8)
7	Citernes	14 (12,3)	11 (10,3)	7 (7,8)	13 (16,8)	45 (11,6)
8	Fûts en métal	8 (7)	10 (9,4)	9 (10,1)	3 (3,8)	30 (7,7)
9	Tonneaux en plastique	10 (8,8)	8 (7,5)	5 (5,6)	2 (2,5)	25 (6,4)
10	Bouteilles cassées (en verre	4 (3,5)	14 (13,2)	5 (5,5)	1 (1,2)	24 (6,2)

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

		Sites				Total
N°	Types gîtes	Kindele n=113 % & (%)	Mama Yemo n= 106 & (%)	Plateau 1 n = 89 & (%)	Masanga Mbila n=77 &(%)	N= 385 &%
11	Pots de fleurs	3 (2,5)	6 (5,6)	3 (3,3)	1 (1,2)	13 (3,3)
12	Cannelles pour breuvage de volailles	2 (1,7)	5 (4,7)	2 (2,2%)	1 (1,2)	10 (2,5)
	Total gites	**113**	**106**	**89**	**77**	**385** (100%)

Légende : [*1 &2*] *Boites du lait, peinture, sardine, tomate concentrée, plastiques abandonnés* [5] *Puits de Collecte et de Stockage d'Eau Pluviale (PCSEP) sur béton armé avec couvercle, creuset* ; [*8& 9*] *Fûts métalliques et en plastiques ayant une ouverture en cerceau large.*
Source : élaboration propre.

Sur un total de 735 conteneurs prospectés, 385 gîtes positifs ont été analysés, le principal type étant constitué de récipients utilisés pour la conservation de l'eau domestique, dont environ 14 % ont été des PCSEP, suivis des réservoirs de stockage amovibles tels que les tonneaux, des bidons etc., tandis que de pneus destinés au recyclage sont en ex-æquo de 11 % avec les seaux en plastique. Eu égard à la diversification des habits de cette espèce, les moustiques Aedes, en particulier Aedes aegypti et Aedes albopictus affichent nettement leur qualité d'opportuniste en exploitant au maximum toutes les ressources disponibles pour se reproduire et s'abriter. Chaque réceptacle créant un micro climat en son sein de par sa nature et sa situation de localisation, cependant le genre Aegypti comme albopictus s'y développent indépendamment des chocs exogènes ou endogènes dus à ces conditions.

Durant la période de cette étude plus de 13 % de gîtes larvaires étaient constitués des puits de collecte et de stockage d'eau, généralement mal entretenus et deviennent des gîtes de reproduction d'Aedes sp. Ces résultats témoignent la précarité quant à l'accès à l'eau potable et la faiblesse du réseau d'adduction et de distribution régulière d'eau par la REGIDESO/Kinshasa Mont- Ngafula. Ce qui pousse la population à se constituer des réserves d'eau dans des bidons, seaux et par la suite se transforment en des bons gîtes larvaires d'Aedes sp. Ceci constitue déjà un signe d'alarme et d'alerte pour une zone à potentiel épidémique aux arboviroses comme la Fièvre jaune et aux maladies émergentes à l'instar du virus Chikungunya.

Les Aedes sp peuvent se reproduire dans les gîtes naturels tels que les creux d'arbres, de roches, mais également dans les collections d'eau crées par les activités d'origine anthropique (Rodhain, 1985). Dans la présente étude, nous avons observé une mosaïque de conteneurs d'eaux placés soit à l'extérieur de maisons [69,7%] soit à l'intérieur au sein desquels les larves d'Aedes prospéraient, s'adaptant opportunément aux différentes écologies qui sont le fait de l'homme.

La collecte des formes pré-imaginales d'Aedes sp effectuée à Mont-Ngafula a révélé une panoplie de récipients. Les larves et les nymphes des Aedes ont été prélevées dans des boîtes de conserves, creux divers, récipients de stockage d'eau. Les résultats des analyses menées dans les quatre sites ont décrit les mêmes types des gîtes que les enquêtes entomologiques réalisées par (Yee, 2012).

Les résultats renseignant sur la relation entre les types des gîtes et la densité larvaire sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Relation entre les types des gîtes et la densité larvaire.

	Valeur	ddl	Sig. approx. [bilatérale]
khi-deux de Pearson	5,932	4	,204
Rapport de vraisemblance	5,904	4	,206
Association linéaire par linéaire	,299	1	,584

Source : nos analyses

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Ce tableau 3 montre une liaison non significative entre le type des gîtes et le peuplement larvaire : chi-deux = 5,93 ; ddl = 4 ; p-value = 0,204. Donc le type des gîtes n'influence pas la densité larvaire dans les gîtes. Cette condition témoigne de l'élasticité et l'opportunisme liés au comportement écologique et adaptatif d'Aedes sp., en présence ou à l'absence de l'hôte humain, en milieu forestier ou urbain faisant de lui un vecteur efficace. L'utilisation des gîtes de reproduction très diversifiés (boites du lait, peinture, sardine, tomate concentrée, plastiques abandonnés , puits de collecte et de stockage d'eau pluviale (PCSEP) sur béton armé avec couvercle, creuset , fûts métalliques et en plastiques ayant une ouverture en cerceau large, pneu etc.). Confirme sa tolérance aux modifications anthropiques et sa capacité à exploiter efficacement toutes les ressources écologiques, alimentaires et comportementales qui lui permette de survivre de se reproduire et de transmettre des virus même dans le contexte défavorable. Cependant la multiplicité des conteneurs a également contribué à la modification des indices entomologiques de transmission. Les facteurs environnementaux liés aux activités anthropiques ont largement contribué à la variation des indices entomologiques IM, IR, IB dans les quatre sites de cette étude, révélant une disparité.

Cette sous-section de l'étude présente les résultats généraux de tous les 385 gîtes positifs qui ont été soumis à l'analyse. Ils font parti de 738 récipients explorés dans les 4 sites.Et 7 paramètres physico-chimiques notamment: pH,température, conductivité, turbidité, O_2 dissous, pourcentage de saturation en oxygène et TDS ont été mesurés. Les résultats renseignant la caractérisation des paramètres physico-chimiques déterminant la densité larvaire des *Aedes sp.*,sont exposés dans tableau 4.

Photos 1- 4. Présentent un panel des gîtes colonisés par les Aedes sp à Mont-Ngafula et le matériel de mesure des paramètres physico-chimques. (Sonde multiparamètrique. Photo inférieure de gauche). Source : photos des auteurs, 2024.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Tableau 4. Description des paramètres abiotiques dans les gîtes positifs.

		pH	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	Turbidité(e (NTU)	O_2 Dissout (mg/l)	% Saturation	TDS (ppm)
N		385	385	385	385	385	385	385
Moyenne		7,8	26,0	294,28	148,01	8,21	102,31	147,1
Médiane		7,8	25,9	169,00	85,00	8,22	102,38	84,5
Mode		8,0	25,9	104	32	8,04	102,30	52,0
Ecart type		0,4	2,0	466,98	233,25	0,445	6,22	233,5
Plage		3,2	16,7	3975	1987	4,20	60,26	1987,5
Minimum		6,5	21,8	25	13	5,35	64,93	12,5
Maximum		9,7	38,5	4000	2000	9,55	125,19	2000,0
Percentiles	25	7,5	24,5	94,00	47,00	8,01	98,22	47,0
	50	7,8	25,9	169,00	85,00	8,22	102,38	84,5
	75	8,0	27,2	306,00	156,00	8,48	106,37	153,0

Source : nos analyses.

Le tableau 4 indique un total de 385 gîtes positifs dont 75 % ont un pH inférieur à 8, une température de 26°C en moyenne, une conductivité inférieure à 306 µs/cm, une turbidité inférieure à 156 NTU, un niveau d'oxygène dissout inférieurs à 84,8 mg/l, enfin un TDS inférieur à 153 ppm. Seule la moitié de gîtes a la saturation en oxygène inférieure à 102,4 %.

1. Le pH : a varié de 6,5 à 9,7 avec une moyenne de 7,8. En outre, 75% des gîtes ont un pH inférieur à 8,0.
2. La Température : a varié de 21,8 °C à 38,5 °C avec une moyenne de 26,0 °C. En outre, 75% des gîtes ont montré une température inférieure à 27,2 °C.
3. La Conductivité : a varié de 25 µs/cm à 4000 µs/cm avec une médiane de 169 µs/cm. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont eu une conductivité inférieure à 306 µs/cm.
4. La Turbidité : a varié de 13 NTU à 2000 NTU avec une médiane de 85 NTU. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont montré une turbidité inférieure à 156 NTU.
5. La teneur en oxygène dissous (O_2 dissous) : a varié de 53,5 mg/L à 95,5 mg/l avec une moyenne de 82,15 mg/l. En outre, 75% des gîtes ont indiqué une teneur en oxygène dissous inférieure à 84,8 mg/L.
6. Le pourcentage de la saturation en oxygène : a varié de 64,93 à 125,19. En outre, 50% des gîtes ont montré un pourcentage de saturation en oxygène inférieur à 102,28.
7. Le TDS (Total Dissolver Solid) : a varié de 12,5 ppm à 2000 ppm avec une médiane de 84,5 ppm. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont montré un TDS inférieure à 153 ppm.

L'observation de ces paramètres nous amène à dire au demeurant que le moustique *Aedes* dont il est question dans cette étude est une espèce généraliste car capable de coloniser des gîtes ayant des paramètres abiotiques variables et capables de résister à des valeurs extrêmes dans un environnement hostile comme le

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

montre le tableau 4. Ces caractéristiques leur permettent donc de coloniser des environnements selvatiques et anthropiques, en dépit d'autres paramètres non pris en compte dans cette analyse.

Les résultats d'analyse des paramètres abiotiques dans les gîtes larvaires dichotomisés sont condensés dans le tableau 5.

Tableau 5. Caractérisation des paramètres abiotiques dans les gîtes à haute (≥ 10 larves) et basse (< 10 larves) densité larvaire.

Densité		pH	Température	Conductivité	Turbidité	$_{O2}$ Dissout	% saturation	TDS
Densité larvaire < 10	N	**119**	**119**	**119**	**119**	**119**	**119**	**119**
	Moyenne	7,8	26,4	163,35	82,29	80,55	101,11	81,67
	Médiane	7,8	26,2	128,00	64,00	81,20	101,23	64,00
	Minimum	6,6	22,9	25	13	53,5	64,92	12,5
	Maximum	8,9	31,3	672	341	90,1	114,08	336,0
	Ecart type	,441	1,924	123,47	64,00	4,484	6,47	61,73
Densité larvaire ≥ 10	N	**266**	**266**	**266**	**266**	**266**	**266**	**266**
	Moyenne	7,8	25,8	352,85	177,40	82,87	102,84	176,42
	Médiane	7,8	25,5	193,00	96,50	82,90	102,66	96,50
	Minimum	6,5	21,8	40	20	72,2	86,07	20,0
	Maximum	9,7	38,5	4000	2000	95,5	125,19	2000,0
	Ecart type	,414	2,11	545,965	272,418	4,254	6,046	272,98

Source : nos analyses.

Les observations du tableau 5 montrent deux catégories des gîtes larvaires : d'abord ceux à faible densité larvaire puis ceux avec un peuplement important. Dans le premier cas, le pH moyen a été de 7,8 (SD = 0,44) tandis que 7,8 (SD = 0,414) a été la valeur du pH dans les gîtes densément peuplés et le pH médian dans les deux groupes a été également de 7,8. Les valeurs de température moyenne et médiane pour les deux groupes ont été quasiment similaires 26,4 °C (SD : 1,9 °C) pour les gîtes plus prolifiques, 25,8 °C (SD : 2,1 °C) dans les gîtes à forte densité et, de 26,2 °C pour les gîtes à faible densité contre 25,5 °C pour les gîtes à faible densité. Par ailleurs les valeurs moyennes et médianes de trois paramètres physiques notamment : la conductivité, turbidité et de TDS sont prédominantes dans les gîtes densément peuplés. Cela permet de faire les observations suivantes :

1. Dans les gîtes à faible densité larvaire, le pH moyen est de 7,8 (ET = 0,44) contre 7,8 (ET = 0,414) dans les gîtes à forte densité et, le pH médian est aussi de 7,8 pour les gîtes à forte densité contre 7,8 pour les gîtes à faible densité.
2. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la température moyenne est de 26,4 °C (ET : 1,9 °C) contre 25,8 °C (ET : 2,1 °C) dans les gîtes à forte densité et, la température médiane est de 26,2 °C pour les gîtes à faible densité contre 25,5 °C pour les gîtes à forte densité.
3. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la conductivité moyenne est de 163,35 µS/Cm (ET : 123,47 µS/Cm) contre 352,85 µs/cm (ET : 545,96 µS/Cm) dans les gîtes à forte densité et, la conductivité médiane est de 128 µS/Cm pour les gîtes à faible densité contre 193 µs/cm pour les gîtes à forte densité.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

4. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la turbidité moyenne est de 82,29 NTU (ET : 64 NTU) contre 177,40 NTU (ET : 272,418 NTU) dans les gîtes à forte densité et, la turbidité médiane est de 64 NTU pour les gîtes à faible densité contre 96,50 NTU pour les gîtes à forte densité.
5. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la teneur en oxygène dissous moyen est de 80,55 mg/l (ET : 4,484 mg/l) contre 82,87 mg/l (ET : 4,25 mg/l) dans les gîtes à forte densité et, la teneur en oxygène dissous médian est de 81,20 mg/l pour les gîtes à faible densité contre 82,90 pour les gîtes à forte densité.
6. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la moyenne du pourcentage de saturation d'eau en oxygène est de 101,11 (ET : 6,47) contre 102,84 (ET : 6,046) dans les gîtes à forte densité et, le pourcentage de saturation d'eau en oxygène médian est de 101,23 pour les gîtes à faible densité contre 102,66 pour les gîtes à forte densité.
7. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la moyenne du TDS est de 81,67 ppm (ET : 61,73 ppm) contre 176,42 ppm (ET : 272,98 ppm) dans les gîtes à forte densité et, le TDS médian est de 64 ppm pour les gîtes à faible densité contre 96,50 ppm pour les gîtes à forte densité.

4.1. Réponse du peuplement larvaire des Aedes spp aux conditions environnementales des gîtes

Cette sous-section présente d'abord la description des facteurs écologiques notamment : pH, température, O_2 dissous, pourcentage de la saturation en O_2 ,TDS, turbidité ensuite analyse l'affinité entre cette composante environnementale d'une part et l'aptitude d' espèces de moustiques *Aedes sp* immatures à se développer dans ces gîtes larvaires d'autre part. Les résultats décrivant la répartition de la densité larvaire des gîtes en lien avec le paramètre pH de l'eau et la signification statistique entre ces variables sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6. Distribution et mesures de la relation entre densité larvaire et le pH.

		pH		
		≥ 7	< 7	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	262	5	267
		98.1%	1.9%	100%
	< 10	114	4	118
		96.6%	3.4%	100%
Total		376	9	385
		97.7%	2.3%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gites et le pH de l'eau du gîtes				
Test		valeur	Valeur-p(unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		0.8251	0.1819	0.3637
Test du chi carré corrigé de Yates		0.2943	0.2937	0.5875
Test du chi carré Mantel-Haenszel		0.8229	0.1822	0.3643
Test de Fisher exact			0.2836	0.5673
Mid-P exact			0.1940	0.3880

Source : nos analyses.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Le tableau 6 illustre une liaison non significative entre la densité larvaire des gîtes et le pH de l'eau de ces derniers (khi deux = 0,294 ; p-value = 0,194), c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes ne dépend pas directement du pH de l'eau des gîtes ; le pH de l'eau n'influence pas la densité larvaire des gîtes. L'analyse du tableau 3b indique une liaison non significative entre la densité larvaire des gîtes et le pH de l'eau de gîte (khi deux = 0,294 ; p-value = 0,194), c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes ne dépend pas directement du pH de l'eau des gîtes ; le pH de l'eau n'influence pas la densité larvaire des gîtes. Cependant, quelques études rapportent la présence d'*Aedes* dans des eaux acides *et al*calines avec des pH allant de 5 à 11 au Brésil et en Australie (Tun-Lin *et al.*, 1995). Ceci a été confirmé en conditions de laboratoire où les larves tolèrent des valeurs de pH variant de 4 à 11 (Clark *et al.*, 2004), mais ces valeurs extrêmes impactent leur temps de développement. Malgré ces observations, le pH peu variable sur le terrain, ne serait pas un indicateur de la forte densité larvaire dans les gîtes.

Les résultats décrivant la distribution de la densité larvaire des gîtes et la turbidité d'effluent des gîtes larvaires sont inscrits dans le tableau 7.

Tableau 7. Distribution et mesures de la relation entre la densité larvaire et la turbidité.

		Turbidité		
		≥ 100	< 100	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	**128**	**139**	**267**
		47,9%	52,1%	100%
	< 10	**31**	**87**	**118**
		26,3	73,7	100
TOTAL 41,3%		159	226	**385**
		58,7%	100%	
Mesure d'association entre la densité larvaire et la turbidité				
Test		Valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		15.85	0.00003429	0.00006858
Test du chi carré corrigé de Yates		14.97	0.00005466	0.0001093
Test du chi carré Mantel-Haenszel		15.81	0.00003504	0.00007008
Test de Fisher exact			0.00004254	0.00008508
Mid-P exact			0.00002909	0.00005819

Source : nos analyses.

Il ressort du tableau 7 qu'une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la turbidité de l'eau du gîte (khi deux = 14,97 ; p-value = < 0,0001) c'est-à-dire que la densité des gîtes dépend en partie de la turbidité de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une diminution de 1 NTU de la turbidité a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,58 (odds ratio = 2,58 ; IC = 1,611 – 4,188). L' *Aedes* est réputé pour se développer dans des eaux claires (moins de 5 NTU). Cependant, des larves peuvent être retrouvées dans des gîtes qui ont une turbidité variant entre 20 et 100 NTU, soulignant ainsi le développement aussi bien dans des habitats d'eau claire que d'eau trouble. Leur développement en eau trouble semble possible grâce à la présence des bactéries et matières organiques qui peuvent servir de ressource alimentaire (Tun-Li *et al*., 2000). Toutefois, la composition en matière organique dans l'eau peut impacter la densité larvaire.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Dans cette étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 128 gîtes (soit 47,9%) ont une turbidité supérieure ou égale à 100 NTU et 139 gîtes (soit 52,1%) ont une turbidité inférieure à 100 NTU. Ces faits sont décrits dans le tableau 7.

Dans le tableau 8 sont consignés les résultats sur la distribution de la densité des gîtes larvaires en lien avec le TDS

Tableau 8. Distribution et mesures associatives entre la densité larvaire et TDS.

		TDS		
		≥ 100	< 100	**TOTAL**
Densité larvaire	≥ 10	**129**	**138**	**267**
		48,3%	51,7%	100%
	< 10	**29**	**89**	**118**
		24,6%	75,4%	100%
TOTAL 41%		**158**	**227**	**385**
		59%	100%	
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et TDS				
Test		**Valeur**	**valeur-p (unilatérale)**	**valeur-p (bilatérale)**
Test du Chi carré non corrigé		17.54	0.00001407	0.00002814
Test du chi carré corrigé de Yates		16.62	0.00002279	0.00004558
Test du chi carré Mantel-Haenszel		17.49	0.00001441	0.00002882
Test de Fisher exact			0.00001720	0.00003441
Mid-P exact			0.00001166	0.00002332

Source : nos analyses.

L'analyse du tableau 8 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et le total des matières solides dissous (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la quantité des matières solides dissous de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 ppm de TDS a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,6 (odds ratio = 2,677 ; IC = 1.681, 4.323). La TDS (Total Dissolved Solid), matières solides totales dissoutes, est la quantité totale d'ions chargés mobiles, y compris les minéraux, les sels et les métaux dissous dans un volume donnée d'eau. La TDS est directement liée à la pureté d'eau.

Le taux des matières solides dissoutes est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 20 ppm et 2000 ppm avec une moyenne de 147,1 ppm (cfr. tableau 4 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans cette étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 129 gîtes (soit 48,3%) ont un taux de matières solides dissous supérieure ou égale à 100 ppm et 138 gîtes (soit 51,7 %) ont un taux de matières solides dissous inférieure à 100 ppm. Le fort TDS peut empêcher la pénétration de la lumière et l'oxygénation du milieu (Attingli *et al*., 2016).

Les résultats sur la densité larvaire des gîtes et le pourcentage de saturation en oxygène sont exprimés dans le tableau 9.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Tableau 9. Distribution des gîtes selon la densité larvaire et le % de saturation en O2.

		Pourcentage de saturation en O2		
		≥ 80	< 80	**TOTAL**
Densité larvaire	≥ 10	**233**	**34**	**267**
		87,3%	12,7%	100%
	< 10	29	89	118
		24,6%	75,4%	100%
TOTAL		**262**	**123**	**385**
		68,1%	31,9%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et le degré du pourcentage de saturation de l'eau en oxygène				
Test		Valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		147.9	<0.0000001	<0.0000001
Test du chi carré corrigé de Yates		145.1	<0.0000001	<0.0000001
Test du chi carré Mantel-Haenszel		147.5	<0.0000001	<0.0000001
Test de Fisher exact			<0.0000001	<0.0000001
Mid-P exact			<0.0000001	<0.0000001

Source : nos analyse.

Il se dégage du tableau 9 qu'une liaison entre la densité larvaire des gîtes et le taux de saturation en oxygène de l'eau (khi deux = 145,1 ; p-value < 0,001) est significative c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la saturation de l'eau en oxygène. Le taux d'oxygène dissous à saturation indique la concentration d'oxygène dissous dans l'eau à l'équilibre avec l'air atmosphérique à pression barométrique normale, c'est-à-dire qu'il exprime la quantité d'oxygène présente dans l'eau par rapport à la quantité totale d'oxygène que l'eau peut contenir à une température donnée. Ce taux varie avec la température et la salinité. Le pourcentage de saturation est une mesure permettant de comparer plus facilement les données entre différents sites ou à différentes dates.Le pourcentage de saturation en oxygène a faiblement varié sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 86 et 125 (cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs). Dans notre étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 233 gîtes (soit 87,3%) ont une saturation en oxygène supérieure ou égale à 80 et 34 gîtes (soit 12,7%) ont une saturation en oxygène inférieure à 80. Ces faits sont décrits dans la moitié inférieure du tableau 9.

En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 % de la saturation en O_2 a la chance de multiplier la densité larvaire par 20,7 (odds ratio = 20,7 ; IC = 12.07, 36.6).

En théorie, les conséquences observées par rapport à la variation du pourcentage de saturation en oxygène sont résumées comme suit :

- Moins de 60 % : signifie que le taux d'oxygène est faible pour la plupart des organismes,
- 60 – 79% : signifie que le taux d'oxygène est acceptable pour la plupart des organismes,
- 80 – 124 : signifie que le taux d'oxygène est excellent pour la plupart des organismes,
- 125 ou plus : signifie que le taux d'oxygène est très élevé pour la plupart des organismes et peut être dangereux.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Donc, nous pouvons dire que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire car ils sont dans la plage des valeurs comprises entre 86 et 125. (Cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Les résultats de description et analysant la relation entre la densité larvaire d'*Aedes* et la fluctuation d'oxygène dissous dans l'eau des gîtes sont transcrits dans le tableau 10.

Tableau 10. Distribution et mesures d'association entre la densité larvaire et l' oxygène dissous.

		Teneur en oxygène dissous		
		≥ 5	< 5	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	**210**	**57**	**267**
		78,7%	21,3%	100%
	< 10	**81**	**37**	**118**
		68,6%	31,4%	100%
TOTAL		**291**	**94**	**385**
		75,6%	24,4%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire et la teneur en oxygène dissous				
Test		Valeur	valeur-(unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		4.441	0.01754	0.03508
Test du chi carré corrigé de Yates		3.915	0.02392	0.04785
Test du chi carré Mantel-Haenszel		4.43	0.01766	0.03532
Test de Fisher exact			0.02508	0.05016
Mid-P exact			0.01933	0.03867

Source : nos analyses.

Le tableau 10 illustre une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la teneur en oxygène dissous de l'eau (khi deux = 3,91 ; p-value = 0,038) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la teneur de l'oxygène dissous de l'eau.

En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 mg/l de la teneur en oxygène dissous a la chance de multiplier la densité larvaire par 1,6 (odds ratio = 1,681 ; IC = 1.028 - 2.735). L'oxygène dissous est crucial pour de nombreux processus chimiques et biologiques qui se produisent dans l'eau. A cette qualité, il est un indicateur qui renseigne quant à l'aptitude du milieu à maintenir la vie ou à absorber un excédent momentané de pollution à forte "Demande Biochimique en Oxygène (DBO)", pour l'oxydation de matières organiques par exemple.

Son influence sur la biodiversité aquatique peut avoir des conséquences variables, notamment, en cas de faible taux, nous pouvons assister à un changement du comportement des organismes aquatiques pouvant aller de la simple réduction de leurs activités à la disparition totale (mort).

La teneur en oxygène dissous est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 5,35 mg/L et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,215 mg/l (cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans la présente étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une teneur en oxygène dissous supérieure ou égale à 5 mg/l et 57 gîtes (soit 21,3 %) ont une teneur en oxygène dissous inférieure à 5 mg/l.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Dans le tableau 11 sont consignés les résultats présentant la distribution de la densité larvaire des gîtes en lien avec la variable température et il en mesure la relation statistique.

Tableau 11. Distribution et mesure d'association entre la densité larvaire et la température.

		Température		
		≥ 25	< 25	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	**157**	**110**	**267**
		58,8%	41,2%	100%
	< 10	**84**	**34**	**118**
		71,2%	28,8%	100%
Total		**241**	**144**	**385**
		62,6%	37,4%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et la température				
Test		valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		5.361	0.01029	0.02059
Test du chi carré corrigé de Yates		4.845	0.01386	0.02772
Test du chi carré Mantel-Haenszel		5.347	0.01038	0.02075
Test de Fisher exact			0.01322(P)	0.02643
Mid-P exact			0.01014(P)	0.02028

Source : nos analyses.

Le tableau 11 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la température de l'eau du gîtes (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la température de l'eau. En outre, dans les limites optimales thermiques de la survie larvaire, une augmentation de 1°C de la température a la chance de multiplier la densité larvaire par 0,58 (odds ratio = 0,578 ; IC = 0,36 – 0,92). La température est considérée comme l'un des paramètres abiotiques le plus important dans les gîtes larvaires et, son effet sur le développement des Aedes a été bien établi. Le moustique, étant ectotherme, dépend de la température de l'eau pour la régulation des activités enzymatiques nécessaires à la locomotion et à sa croissance (Abram *et al*., 2017).

Dans cette étude, sur un total de 267gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 157 gîtes (soit 58,8%) ont une température supérieure ou égale à 25 °C et 110 gîtes (soit 41,2%) ont une température inférieure à 25 °C.

Les résultats sur la distribution des gîtes selon leur densité et la conductivité électrique sont présentés dans le tableau 12 et la moitié inférieure du tableau illustre la relation.

Le tableau 12 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité de l'eau du gîte (khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001) autrement dit, la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la conductivité de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 µS/cm de la conductivité a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,7 (odds ratio = 2,76 ; IC = 1.73 - 4.41). La conductivité électrique de l'eau exerce une influence critique sur la vie aquatique. Les différents organismes

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

qui y habitent sont capables de tolérer un certain niveau de conductivité, mais des changements importants entraînent des changements dans l'abondance et la diversité dans le bîote aquatique.

Tableau 12. Distribution et mesures d'association entre la densité larvaire et la conductivité.

		Conductivité		
		≥ 100	< 100	Total
Densité larvaire	≥ 10	210	57	267
		78,7%	21,3%	100
	< 10	69	49	118
		58,5%	41,5%	100
Total		279	106	385
		72,5%	27,5%	100
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité				
Test		valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		16.7	0.00002191	0.00004383
Test du chi carré corrigé de Yates		15.7	0.00003707	0.00007415
Test du chi carré Mantel-Haenszel		16.65	0.00002242	0.00004484
Test de Fisher exact			0.00004968	0.00009936
Mid-P exact			0.00003383	0.00006766

Source : nos analyses.

La conductivité associée aux gîtes larvaires est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 25 µs/cm et 4.000 µs/cm avec une moyenne de 294,28 µs/cm (cfr. Tableau4 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans notre étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une conductivité supérieure ou égale à 100 µs/cm et 57 gîtes (soit 21,3%) ont une conductivité inférieure à 100 µs/cm. Ces faits sont illustrés dans la deuxième moitié du tableau 12.

5. DISCUSSION

Cette étude a analysé et identifié 385 gîtes de ponte d'où se développent les larves d'*Aedes* dont la grande majorité est attribuables à l'activité humaine. Ces gîtes se répartissent en 12 catégories. L'analyse a porté sur sept paramètres environnementaux essentiels à la croissance des moustiques juvéniles : pH, température, saturation en oxygène, turbidité, conductivité, pourcentage d'oxygène dissous, et le TDS. La discussion qui en résulte soutien immédiatement l'hypothèse selon laquelle le moustique du genre Aedes exploite une variété des conteneurs dans lesquels il se développe de manière opportuniste pourvu qu'une collection d'eau soit disponible pour induire l'ovipostion.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

La variabilité des gîtes productifs colonisés par ce moustique dans ces quartiers, démontre sa capacité d'adaptation aux différentes conditions écologiques créées par les activités humaines, situation qui explique comment il peut pénétrer et conquérir de nouveaux espaces écologiquement insoupçonnés. Par ailleurs, le lien entre le type de récipients positifs et le peuplement larvaire d'Aedes sp. n'est pas statiquement établit, (chi-deux = 5,93 ; ddl = 4 ; p-value = 0,204) et pourtant Marin *et al*. (2020) et Hery *et al*. (2021) colligent sur le fait que certaines caractéristiques d'un dispositif de ponte, notamment la dimension, la couleur ou la texture d'un gîte, attirent les moustiques gravides vers lui et déterminent en conséquence les profils physico-chimiques influant le stade aquatique de leur développement.

Dans la présente étude, les gîtes de type pneu (11%, n = 385) quoique confortant les résultats de ces auteurs dans leurs tendances, ne se sont cependant pas imposés en peuplement larvaire pour faire d'eux le type de gîtes de prédilection ou les plus prolifiques. Par ailleurs, la présence d'Aedes sp, en Europe précisément en Italie (Bellini *et al*., 2020) et en Allemagne (Becker, 2022), est, sur le plan épidémiologique, impliquée dans la propagation des épidémies de la dengue et du Chikungunya etc. Cette situation témoigne par ailleurs, les aptitudes exotiques de cette espèce de moustique favorisées par l'essor du commerce international qui le transporte souvent dans son cortège, indépendamment du type de conteneur (Ammar *et al*., 2019 ; Whelan *et al*., 2020).

Nos résultats relatifs à la typologie des gîtes de reproduction larvaire prolifique suggèrent que l'écologie urbaine des moustiques *Aedes sp* est associée à la présence d'une collection d'eau résultant des activités humaines et des comportements culturels écologiques. Ces éléments sont également associés au risques épidémiologiques de ces vecteurs dans l'aire géographique de Mont Ngafula. Cette attitude marquée par l'ignorance ou l'insouciance maintient et entretient la proximité entre l'homme et les vecteurs *Aedes* dans la zone de Mont Ngafula, ce qui favorise leur capacité à se spécialiser sur les hôtes humains naïfs. Ceux-ci vont à leur tours alimenter et élargir le cycle de transmission. Il est donc nécessaire de comprendre les facteurs environnementaux et écologiques qui facilitent l'adaptation des espèces de moustiques comme l'*Aedes sp* aux hôtes humains, car cela peut permettre de rompre la chaîne de transmission par des actions fondées sur de données probantes (Rose, 2023)

Selon certains auteurs, les moustiques Aedes aegypti et Aedes albopictus proviennent principalement de la zone des écosystèmes forestiers d'Afrique et d'Asie (Aubry, 2020).Toutefois, leur aire de répartition s'est étendue et déplacée au-delà de leurs zones géographiques d'origine (Falloux, 2018).Cela expliquerait la prévalence des arboviroses au-dela des foyers autochtones d'Afrique et d'Asie.En outre, la tolérance et l'adaptation avérées des Aedes sp de forme pré-imaginale aux chocs exogènes du milieu de développement, y compris leur capacité d'adaptation aux effets du changement climatique (Bellone *et al*., 2023) est remarquable puisque Farell *et al*. (2024) ont démontré que les moustiques sont capable de réguler le pH de leur hémolymphe notamment grâce à des processus d'osmorégulation qui sont rapidement équilibrés via les échanges osmotique et ioniques assurés par les organes osmorégulateurs dont ils sont pourvus. Dans les écloseries, un pH proche de 7 est optimal pour l'éclosion des œufs et le développement des larves.

Dans la présente étude, sur un total de 267 gîtes ayant un peuplement larvaire supérieur ou égal à 10, il convient de faire observer que 262 gîtes (soit 98,1 %) ont un pH supérieur ou égal à 7, et que seulement 5 gîtes (soit 1,9 %) en ont inférieur à 7. Cette situation est rapportée dans quelques études qui font état de la tolérance d'Aedes dans des eaux saumâtres (Lyza *et al*., 2021) mais ces valeurs extrêmes, impactent leurs temps de développement. Malgré ces observations, le pH peu variable sur le terrain, ne serait pas un indicateur de la forte densité larvaire d'Aedes sp dans les gîtes (khi deux = 0,294 ; p-value = 0,194). De plus, la température est un facteur écologique dont le rôle pour le maintien des écosystèmes est indéniable et, son impact au cours de la phase aquatique du développement des moustiques est intensément documenté. Les moustiques sont des espèces poïkilothermes qui dépendent de la température ambiante pour réguler l'activité enzymatique nécessaire à leur mouvement et à leur croissance (Bellone, op.cit).

Dans cet échantillon analysé, on a observé que 157 soit (58,8%) présente une densité larvaire supérieure ou égale à 10 avaient une température supérieure ou égale à 25°C, tandis que 110 gîtes (soit 41,2%) avaient une température inférieure à 25°C. Certaines études ont démontré que dans les conditions de laboratoire des températures constantes comprises entre 24 °C et 30 °C favorisent l'éclosion et le développement des

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

larves, alors que des températures hors de cette plage prolongent le temps de développement larvaire et le taux de mortalité cumulé (Jauze *et al*., 2010). Ainsi, les études menées à température constante dans les laboratoires ne reflètent pas fidèlement les conditions du terrain, où l'on a observé des fluctuations quotidiennes de ce paramètre et l'apparition d'adaptations larvaire permettant de supporter le stress thermique. Malgré l'influence de la température, dans la présente étude, ce facteur n'est pas un bon indicateur de la prolifération larvaire (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01) et l'odds ratio est de 0,578 avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 0,36 et 0,92. Le pourcentage de saturation en oxygène a faiblement varié sur le terrain de cet étude, avec des valeurs comprises entre 86 et 125. Sur un total de 267 gîtes présentant une densité larvaire supérieure ou égale à 10, nous avons observé 233 gîtes (soit 87,3 %) ayant une saturation en oxygène supérieure ou égale à 80 et 34 gîtes (soit 12,7 %) ayant une valeur inférieure à 80. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 % de la saturation en oxygène a la chance de multiplier la densité larvaire par 20,7 (odds ratio = 20,7 ; IC = 12,07, 36,6.

Nous avons donc compris que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire, car leur valeur se situe dans la plage des valeurs comprises entre 86 et 125. Cette observation corrobore les travaux de Judson *et al*. (1967), qui ont mis en évidence la réponse plus adaptée des larves des Aedes spp. à la variation de l'O2 dans l'effluent de gîtes. Les valeurs de teneur en oxygène dissous dans la présente étude ont été très variables présentant deux extrêmes: 5,35 mg/l et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,215 mg/l.Par ailleurs, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une teneur en oxygène dissous supérieure ou égale à 5 mg/l et, 57 gîtes (soit 21,3 %) ont une teneur en oxygène dissous inférieure à 5 mg/l.

Donc, on constate que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire car ils sont dans la plage des valeurs comprises entre 5,35 mg/l et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,21 mg/l. Le percentile75 donne la valeur de 8,48 mg/l. Bien qu'aquatiques, les larves ont besoin de l'oxygène atmosphérique pour leurs respiration et de l'oxygène dissout qui rend leurs habitat vivable. De plus, l'activité microbiologique bonifiant de l'eau des gîtes (Nilsson *et al*., 2018) dont le pH est neutre à l'origine, associée à l'exposition atmosphérique de tous les conteneurs prospectés, ont constitué la source d'oxygénation qui a fini par devenir un objet de compétition entre les larves. En outre, le couvert végétal qui caractérise la commune de Mont Ngafula a concouru au brassage de l'aire atmosphérique favorisant ainsi l'aération des gîtes au profit des moustiques immatures. De plus,nous remarquons une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et le total des matières solides dissous (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001).

Par ailleurs, dans les conditions optimales pour la survie des larves, une hausse de 1 ppm de TDS a le potentiel d'accroître la densité larvaire de 2,6 fois (odds ratio = 2,677 ; IC = 1,681, 4,323). Cette même analyse révèle aussi une relation significative entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité de l'eau du gîte (Khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001), ce qui signifie que la densité larvaire des gîtes est en partie influencée par ces deux paramètres. Dans les conditions les plus favorables à la survie larvaire, une hausse de 1 µs/cm de la conductivité peut conduire à une augmentation de la densité larvaire, avec un rapport de chances de 2,7 (odds ratio = 2,76 ; IC = 1,73 - 4,41). Au stade aquatique, le rôle de caractères physiques et chimiques de l'eau sur la répartition et le comportement des espèces culicidiennes est certes indéniable (Hery *et al.*, 2021 ; Walker *et al.*, 2021).

Ainsi, les espèces des *Aedes sp* qui se sont exprimées favorablement aux critères abiotiques de ce milieux, sont prolifiques dans des effluents domestiques souvent à l'abri du stress thermique, contenant de matières organiques qui sont vite subtilisées par les bactéries nitrifiantes pour bonifier l'habitat mais aussi pour entrer dans la chaîne alimentaire des larves *d'Aedes spp,* et y croître normalement. En outre, l'expérience du terrain, le respect du principe d'inclusion et d'exclusion des unités statiques, le choix de la méthode en cohérence avec les indicateurs à mesurer, sont autant des précautions prises afin de contrôler les biais. Par ailleurs, la cohérence des variables estimée par alpha de CRONBACH 0.69, la validité convergente de l'outil de mesure supposent que l'instrument d'évaluation possède une plus grande validité externe.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

6. CONCLUSION

Il s'est avéré que la densité des moustiques immatures du genre *Aedes sp* accroît la capacité vectorielle par ricochet les risques de transmission de virus causant les maladies épidémiques et endémiques notamment la Fièvre jaune, la Dengue et la maladie à virus Chikungunya en RDC. La présence abondante, permanente et prolifique de ces vecteurs est multi factorielle, elle résulte de divers types de gîtes, qui sont le fait d'activités anthropiques, auxquels ces vecteurs s'adaptent opportunément pour les transformer en lieux de reproduction. Dans le but de contribuer à l'amélioration des stratégies de lutte anti vectorielle, cette étude a été menée dans la ville de Kinshasa précisément dans la Commune de Mont Ngafula au sein de quatre sites (Plateau 1, Kindele, Masanga Mbila et Maman Yemo) en deux temps saisonniers au cours de l'année 2024. Nous avons procédé par la caractérisation des paramètres physico-chimiques associés à la reproduction larvaire après la phase de la typologie des gîtes. L'urbanisation spontanée et anarchique, la pression démographique avec pour corollaire la production de déchets mal gérés et le développement croissant d'installations humaines dans le contexte de pauvreté effrénée dans les zones périphériques de Mont Ngafula, créent les conditions écologiques propices à la pénétration, installation et adaptation du moustique vecteur de maladies à arbovirus notamment le Virus Chikungunya, la Dengue et la Fièvre jaune. Le caractère endémo-épidémique de ces affections résulte du déficit de management environnemental dans le secteur de l'eau, les déchets et d'espace. L'implication des communautés dans la gestion des ressources environnementales notamment l'eau et d'espace, serait d'un intérêt capital et un pari gagné.

La stratégie payante de lutte contre les arbovirus épidémiques passe par la maîtrise des facteurs environnementaux et écologiques favorisant la domestication et prolifération des moustiques *Aedes sp,* qui en assurent la transmission. Les thérapies spécifiques et possibilités d'immunisation contre toutes ces maladies étant futuristes, la prévention des arbovirus nécessite que les opérations d'assainissement ciblent les types de gîtes plus prolifiques et qu'elles s'étendent à l'échelle communautaire. Ceci étant les données probantes que fourni la présente étude vont orienter les décisions des autorités dans la mise en place de programme de santé publique dans son approche « une santé » pour un contrôle et surveillance efficaces des *Aedes sp* à Kinshasa.

Cette étude a permis de mettre en évidence les facteurs bioécologiques déterminants dans la dynamique d'émergence et de réémergence des arboviroses à Kinshasa, avec un accent particulier sur la commune de Mont Ngafula. L'analyse de 358 gîtes larvaires positifs d'Aedes spp. a révélé une forte densité vectorielle, étroitement liée aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau et aux conditions environnementales induites par l'urbanisation non planifiée. Les résultats ont confirmé que des paramètres tels que la température, la turbidité, la conductivité, l'oxygène dissous et les solides dissous totaux influencent significativement la prolifération larvaire. Les espèces identifiées : *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* se sont avérées hautement prolifiques, colonisant une diversité de gîtes artificiels issus d'un contexte urbain à forte pression démographique et à faible gouvernance environnementale. Les résultats obtenus appellent à l'instauration urgente d'une surveillance entomologique intégrée, capable de guider les politiques de prévention, de prédiction épidémique et d'intervention rapide. Ainsi, cette recherche offre des outils de compréhension et d'anticipation essentiels pour une approche proactive et durable de la santé publique face à la menace croissante des arboviroses à Kinshasa.

Responsabilité et conflit d'intérêts

Les auteurs affirment en âmes et consciences libres que les résultats de cette recherche ne font nullement l'objet d'un quelconque conflit d'intérêt.

Tous les auteurs ont contribué chacun en ce qui le concerne à l'élaboration de la présente cette étude et leurs contributions se présentent de la manière suivante: Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo est l'auteur principal, a coordonné les prospections larvaires lors de collecte des données entomologiques sur terrain et a assuré la rédaction finale du manuscrit ; Olivier Munduku Midishi, a assuré la prise des photos et des

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

coordonnées de géolocalisation pendant les prospections ; Emmanuel Biey Makaly a supervisé les travaux de laboratoire; Contantin Lubini Ayingweu ; et Emery Metelo Matubi on identifié les espèces de moustiques et corrigé le manuscrit final.

RÉFÉRENCES

Abílio, A. P., Gastão, A., Camp d'Ayubo, Balthazar, C., Sitoi, S., *et al.* (2018). Répartition et sites de reproduction d' *Aedes aegypti* et d'*Aedes albopictus* dans 32 districts urbains/périurbains du Mozambique : implications pour l›évaluation du risque d›épidémies d›arbovirus. *PLoS.Negl. Trop. Dis., 12*(9), e0006692. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006692

Abram, P. K., Boivin, G., Moiroux, J., & Brodeur, J. (2017). Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. *Biol. Rev., 92*(4), 1859-1876, https://doi.org/10.1111/brv.12312

Ammar, S. E., McIntyre, M., Swan, T., Kasper, J., Derraik, J. G., *et al.* (2019). Moustiques interceptés aux ports d'entrée de la Nouvelle-Zélande, 2001 à 2018 : état actuel et préoccupations futures.*Trop. Med. Infect. Dis., 4*(101). https://doi.org/10.3390/tropicalmed4030101

Attingli, J. *et al.* (2016). Spatialisation des paramètres physico-chimiques dans les Pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences, 105*, 10190 –10202. https://dx.doi.org/10.4314/jab.v105i1.15

Aubry, P., & Gauzère, B. A. (2020). Arboviroses Tropicales. Centre René Labusquière (1-20). Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076. https://www.medecinetropicale.com

Becker, N., Kong, S. M. L., Rodriguez, A. T., Oo, T. T., Reichle, R., *et al* .(2022). Lutte intégrée contre *Aedes albopictus* dans le sud-ouest de l'Allemagne grâce à la technique de l'insecte stérile. *Parasites Vectors*, 15(9). https://doi.org/10.1186/s13071-021-05112-7

Bellone, R., Léchat, P., Mousson, L., Gilbart, V., Piorkowski, *et al.* (2023). Changement climatique et maladies à transmission vectorielle: Une approche multi-omique de changement induit par la température chez le moustique. *Journal of Travel Medecine, 30*(4) taad062. https://doi.org/10.1093/jtm

Bifani, A. M., Siriphanitchakorn, T., & Choy, M. M., (2022). Diversité intra-hôte du virus de la dengue chez les moustiques vecteurs . *Front. Cell Infect. Microbiol., 12*, 888804. https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.888804

Bobanga, T., Moyo, M., Vulu, F., & Irish, S. R. (2018). First report of *Aedes albopictus* Diptera : Culidae in Democratic Republic of Congo. *African Entomology*, *26*(1), 234-236. https://doi.org/10.4001/003.026.0234

Bobanga, T., Moyo, M., Vulu, F., & Irish, S.R.(2018). Short communication First Report of Aedes albopictus (DipteraCulicidae) in the Republic Democratic of Congo. *African Entomology Journal, 26*(1) 34-36. https://doi.org/10.4001/003.026.0234

Cameron, E. W., Porigneaux, P. G., & Durrheim, D. N., (2021). Évaluation du risque d'incursion de moustiques exotiques dans un port maritime international, Newcastle, Nouvelle-Galles du Sud, Australie, *Trop. Med. Infect. Dis*., *6*(1), 25. https://doi.org/10.3390/tropicalmed 6010025

Clark, T. M. *et al.* (2007). Strategies for regulation of hemolymph pH in acidic and alkaline water by the larval mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera; Culicidae). *J. Exp. Biol., 210*(24), 4359-4367. https://doi.org/10.1242/jeb.010694

De Araùjo, T. V. B., Ximenes, R. A., Mirinda-Filho, D., Wayner, V. S., Ulisses, R. M. *et al.* (2018). Association Between microcephaly Zika Virus infection and other risk factor in Brazil. Final report of case-control study. *Lancet infect Dis.,18*(3), 328-336. https://doi.org/10.1016/51473-3099

Dos Reis, I. C., Gibson, G., Ayllón, T., de Medeiros, T. A, de Araújo J. M. G., *et al.* (2019). Stratégie de surveillance entomo-virologique des arbovirus de la dengue, du Zika et du chikungunya chez les moustiques *Aedes* capturés sur le terrain dans une zone urbaine endémique du nord-est du Brésil. *Acta Trop.* 197:105061. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105061

Failloux, A. B. (2019). Les moustiques vecteurs d'arbovirus : une histoire sans fin. *Biologie Aujourd'hui 212,* 3-4. https://doi.org/10.1051/jbio/2018026

Farrell, S., Dates, J., Ramirez, N., Hausknecht-Buss, H., & Kolosov, D. (2024). Les canaux ioniques voltage-dépendants sont exprimés dans les tubules de Malpighi et les papilles anales du moustique de la fièvre jaune (Aedes aegypti) et peuvent réguler le transport des ions lors d'un déséquilibre entre le sel et l'eau. *J Exp Biol*., *227*(3), jeb246486. https://doi.org/10.1242/jeb.246486

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Franke, F., & Paca-Corse, C. (2017) Situation Internationale Chikungunya-Dengue-Zika-Fièvre Jaune. *ECDC Santé Publique, 545*(25), 13-25.

Gutierrez-Barbosa, H., Medina-Moreno, S., Zapata, J. C., & Chua, J. V., (2020). Infections par la dengue en Colombie : tendances épidémiologiques d'un pays hyperendémique . *Trop. Med. Infect. Dis*., 5(4). https://doi.org/10.3390/tropicalmed 5040156

Hery, L., Guidez, A. Anne-Durand, A., Delannay, C., & Normandeau-Guimond, J. (2021). Natural variation in physico-chemical profiles and bacterial communities associated with *Aedes aegypti* breeding sites and larvae on Guadeloupe and French Guiana. *Microb. Ecol.*, *81*(1), 93-109. https://doi.org/10.1007/s00248-020-01544-3

Hery, L., Boullis, A., & Vega-Rúa, A. (2021). Les propriétés biotiques et abiotiques des gîtes larvaires d'Aedes aegypti et leur influence sur les traits de vie des adultes. *Synthèse bibliographique, 25*(1). https://doi-org/10.25518/1780-4507.18886

Islam, S., Haque, C. E., Hossain, S. & Rochon, K., (2019). Role of container type, behavioral, and ecological factors in Aedes pupal production in Dhaka, Bangladesh: an application of zero-inflated negative binomial model. *Acta Tropica*, *193*, 50-59. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.02.019

Jauze, L., Arnoux, S., & Leïla, B. (2010). Impacts des changements climatiques sur les arboviroses dans une île tropicale en développement (Mayotte). *Revue Eléctronique en science de l'environnement VertigO, 10*(3) https://doi.org/10.4000/vertigo.10538

Judson, C. L., & Gojrati, H. A. (1967). The effects of various oxygen tensions on embryogeny and larval responses of Aedes aegypti. *Entomol. Exp. Appl.*, 10(2), 181-188. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1967.tb00057.x

Kading, R. C., Brault, Aaron, C., & Beckham, J. D., (2020). Global Perspectives on Arbovirus Outbreaks: A 2020 Snapshot. *Trop.Med.Infect.Dis.,* 5(3), 142. https://doi.org/10.3390/tropicalmed5030142

Kikozokozo, D. K., Ifuta, S. D., Metelo, E. M., & Mansiangi, P. M. (2021) Caractérisation de Types des Gîtes Larvaires d'Aedes sp à Kinshasa Mont-Ngafula après l'Epidémie de Chikungunya de 2018-2019. *Congosciences, 9*(3), 206-215. http://www.congosciences.cd

Kikozokozo, K. D., Munduku, M.O., Bondo, B.S., Kalela, I.T., & Biey, M.E. (2022). Evaluation des Risques de réémergence de l'épidémie du virus Chikungunya dans la vallée du Monastère de Mont Ngafula, RD Congo. *Ann Afr Med*, 16(1), e4956-e4964. https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i1.10

Koppen (2021). https://www.meteorlogiaenred.com/fr/classification-climatique-de-Koppen

Koumba, A. A., Zinga, K. C. R., Mintsa, N. R., Djogbenou, S. L., & Obame Ondo, P. (2018). Distribution spatiale et saisonnière des gîtes larvaires des moustiques dans les espaces agricoles de la zone de Mouila, Gabon. *Int. J. Biol. Chem. Sci*., *12*(4), 1754-1769. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.19

Krauer, F. Riesen, M., & Reveiz, L. (2017). Zika Virus infection as a cause of congénital Brain Abnormalities and Guillain-Barré: systematic r*eview. PLOS Medicine, 14*(1). https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002203

Lecollinet, S., Fontenille, D. Pagès, N., & Failloux, A.-B. (2022). *Le moustique, Ennemi public n° 1 ?* (pp.94-104). Édition Quae. Cedex. https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3598-8

Marin, G., Mahiba, B., Arivoli, S., & Tennyson, S. (2020). Does colour of ovitrap influence the ovipositional preference of Aedes aegypti Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae). *Int. J. Mosq. Res.*, *7*(2), 11-15.

Musso, D., & Ko, A. I. B. (2019). Zika Virus infection- After Pandemic.N Engl. *J Med 381*(15). https://doi.org/10.1056/nejmra1808246

Nilsson, L. K., Sharma, A., Bhatnagar, R. K., Bertilsson, S., & Terenius, O. (2018). Presence of Aedes and Anopheles mosquito larvae is correlated to bacteria found in domestic water-storage containers. *FEMS Microbiol. Ecol*., *94*(6), fiy058. https://doi.org/10.1093/femsec/fiy058

Noah, H. R., Badolo, A., Massamba, S., Jewelna, A., & Otoo, S. (2023). Datation de l'origine et de la propagation de la spécialisation sur les hôtes humains chez les moustiques *Aedes aegypti*.

OMS (2022). https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/Zika-virus.

OMS (2017). *Contrôle des vecteurs*. Génève; OMS, dispo sur. https://www.Who.int/Vector/publications/global-control-reponse/en/

OMS (2020). *Maladies à transmission vectorielle: Faits essentiels*. *dispo* sur https://www.Who.int/newsroom/fact-sheets/detail/vector-borne-deseases

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

OMS (2023). *Bulletins d'information sur les flambées épidémiques. Expansion géographique des cas de dengue et de chikungunya au-delà des zones historiques de transmission dans la Région des Amériques*. https://www.who.int/fr/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON448

Philbert A., & Ijumba J. N. (2013). Preferred breeding habitats of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito and its public health implications in Dares Salaam, Tanzania. *J. Environ. Manage., 4*(10), 344-351.

Powell, J. R., Gloria-Soria, A., & Kotsakiozi, P. (2018) Histoire récente d'Aedes aegypti : génomique vectorielle et données épidémiologiques. *Bioscience, 68*, 854–860. https://doi.org/10.1093/biosci/biy119

Proesmans, S., Katshongo, F., Milambu, J., Fungula, B., & Muhindo, M. H. (2019). Dengue and chikungunya among outpatients with acute undifferentiated fever in Kinshasa, Democratic Republic of Congo: A cross-sectional study. *PLoS Negl Trop Dis, 13*(9), e0007047. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007047

Raja babu (2016). Evidence for Natural Vertical Transmission of Chikungunya Viruses in Field population of Aedes aegypti in Delhi and Haryana states in India- A Primary report, *in Acta Tropica*.

Selhorst, P., Sheila, M., De smet, B., & Marien, J. A. (2020). Molecular Characterization virus during the 2019 the Democratic Republic of Congo. *Emerging Microb & infections* (9). https//doi.org/10.1080/222175120201810135

Shomba, K. S., Mukoka, N. F., Olela, N. D., Kaminar, T. M., & Mbalanda, W. (2015). *Monographie de la Ville de Kinshasa*. ICREDES, Kinshasa- Montréal- Washington.

Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector Aedes aegypti in north Queensland, Australia. *Med. Vet. Entomol., 14*(1), 31-37. https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00207.x

Tun-Lin, W., Kay, B. H., & Barnes, A. (1995). Understanding productivity, a key to *Aedes aegypti* surveillance. *Am. J. Trop. Med. Hyg., 53*(6), 595-601. https://doi.org/10.4269/ajtmh.1995.53.595

Tur, C., Almenar, D., Benlloch-Navarro, S., Argilés-Herrero, R., & Zacarés, M. (2021). Technique d'insectes stériles dans un programme de gestion intégrée des vecteurs contre le moustique tigre *Aedes albopictus* dans la région de Valence (Espagne) : procédures opérationnelles et paramètres de contrôle de la qualité. *Insectes*, *12*(272).

Waggoner, J. J. (2016). Viremia and Clinical Presentation in Nicaraguan Patients Infected With Zika Virus, Chikungunya Virus, and Dengue Virus. *Clinical Infectious Diseases, 63*(12), 1584-1590. https://doi.org/10.1093/cid/ciw589

Walker, M., Karthikeyan, C. S., Vinauger, C., Robert, M. A., & Childs, L. M. (2021). Modeling the effects of Aedes aegypti larval environment of adult body mass at emergence. https://doi.org/10.1101/2021.05.24.445402

Whelan, P. I., Kurucz, N., Pettit, W. J., & Krause, V. (2020). Élimination d' *Aedes aegypti* dans le nord de l'Australie, 2004-2006. *J. Vector Ecol., 45*, 118-126. https://doi.org/10.1111/jvec.12379

Yee, D. A., All good, D., Keitel, J. M., & Kuehn, K. A. (2012). Constitutive Differences between Natural and Artificial Container Mosquito Habitats: Vector Communities, Resources, Microorganisms, and Habitat Parameters. *Journal of medical entomology, Entomological Society of America, 49*(4), 482-91. https://doi.org/10.1603/ME11227

Yuil, T. M., & Walker, E. D. (2023). Snowshoe hare virus: discovery, didtribution vector and host associations, and medical significance. *Journal of Medical Entomology, 60*(6), 1252-1261. https://doi.org/10.1093/jme/tjad128

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Análisis del proceso socio-participativo en la transformación turística inteligente: estudio de caso para Donostia-San Sebastián (España)

Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain)

Asier Amilibia de Diego
aamilibia@alu.ucam.edu 0009-0004-8090-2895
Departamento de Turismo, Facultad de Economía y Empresa, Universidad Católica de Murcia (UCAM). Avenida Los Jerónimos, 135. 30107 Guadalupe, Murcia, España.

Miguel Puig-Cabrera
mpuig@uma.es 000-0003-4524-9830
Departamento de Economía y Administración de Empresas, Facultad de Estudios Sociales y del Trabajo, Universidad de Málaga. Avenida Francisco Trujillo Villanueva, Campanillas, 29010 Málaga, España.

Ginesa Martínez del Vas
gmvas@ucam.edu 0000-0002-2713-0636
Departamento de Turismo, Facultad de Economía y Empresa, Universidad Católica de Murcia (UCAM). Avenida Los Jerónimos, 135. 30107 Guadalupe, Murcia, España.

INFO ARTÍCULO

Recibido: 06-05-2025
Revisado: 06-06-2025
Aceptado: 24-10-2025

PALABRAS CLAVE

Destinos Turísticos Inteligentes
Sostenibilidad turística
Turismo inteligente
Análisis PLS-SEM

KEYWORDS

Smart Tourist Destinations
Tourism sustainability
Smart tourism
PLS-SEM analysis

RESUMEN

La transformación de Donostia/San Sebastián en un Destino Turístico Inteligente (DTI) sigue la hoja de ruta de SEGITTUR, pero aún quedan interrogantes sobre la interconexión de sus ejes estratégicos. Este estudio analiza la percepción de residentes y profesionales del turismo respecto a los cinco pilares del modelo DTI: Sostenibilidad, Accesibilidad, Tecnología, Innovación y Gobernanza. A través de un análisis PLS-SEM basado en 210 encuestas, se evidencia que la sostenibilidad es el eje vertebrador del modelo, impulsado por la tecnología, la innovación, la accesibilidad y la gobernanza. Los resultados destacan la necesidad de un enfoque integral en la planificación y gestión turística, proporcionando información clave para la toma de decisiones estratégicas en la transición hacia destinos más sostenibles y competitivos.

ABSTRACT

The transformation of Donostia/San Sebastián into a Smart Tourist Destination (STD) follows SEGITTUR's roadmap, yet questions remain about the interconnection of its strategic axes. This study analyzes the perception of residents and tourism professionals regarding the five pillars of the STD model: Sustainability, Accessibility, Technology, Innovation, and Governance. Using a PLS-SEM analysis based on 210 surveys, the findings highlight sustainability as the backbone of the model, driven by technology, innovation, accessibility, and governance. The results emphasize the need for a comprehensive approach to tourism planning and management, providing key insights for strategic decision-making in the transition toward more sustainable and competitive destinations.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08
Formato de cita / Citation: Amilibia de Diego, A., Puig-Cabrera, M., & Martínez del Vas, G. (2026). Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain). Revista de Estudios Andaluces (51), 165-186. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08
Correspondencia autores: aamilibia@alu.ucam.edu (Asier Amilibia de Diego)

1. INTRODUCCIÓN

La transformación del turismo en las últimas décadas ha impulsado una redefinición profunda de los modelos de gestión y desarrollo de los destinos. En este contexto surge el concepto de Destino Turístico Inteligente (DTI), una propuesta estratégica que integra la tecnología, la gobernanza, la innovación, la accesibilidad y la sostenibilidad como pilares fundamentales para promover un turismo más eficiente, inclusivo y responsable (López de Ávila *et al*., 2015). Donostia/San Sebastián, alineada con la hoja de ruta de SEGITTUR, se posiciona como un caso de estudio relevante al avanzar en la adopción de estos principios, aunque persisten desafíos en torno a la articulación efectiva de sus ejes estratégicos (Herrera-Prado *et al*., 2024).

Diversos estudios advierten que, aunque los destinos han incorporado avances tecnológicos y mejoras en la competitividad, aspectos clave como la sostenibilidad y la gobernanza no siempre reciben el mismo nivel de atención (Amaya-Molinar *et al*., 2025). Esta falta de integración puede limitar el alcance transformador del modelo DTI, especialmente cuando no se cuenta con una visión sistémica y participativa en su implementación (Romero *et al*., 2025). En este sentido, comprender cómo se interrelacionan estos cinco ejes desde la percepción de actores locales y profesionales del sector es clave para afinar las estrategias de desarrollo turístico sostenible.

Este estudio se propone analizar empíricamente la relación entre los ejes del modelo DTI, con especial atención al papel central que desempeña la sostenibilidad. Para ello, se aplicó un modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), con base en 210 encuestas realizadas a ciudadanos, estudiantes y profesionales vinculados al turismo en Donostia/San Sebastián. El enfoque metodológico empleado permite explorar las conexiones entre dimensiones latentes, aportando evidencia sobre los vínculos causales que sustentan el modelo.

A partir de los datos recabados, se plantean y validan cuatro hipótesis que exploran cómo los ejes de innovación, tecnología, accesibilidad y gobernanza turística inciden positivamente en la sostenibilidad del turismo. Los resultados refuerzan la necesidad de comprender la sostenibilidad no como un componente aislado, sino como un elemento transversal que se nutre del resto de dimensiones, consolidándose como el núcleo estructurador del modelo DTI en el contexto analizado.

La estructura del artículo se organiza en varias secciones. En primer lugar, se desarrolla el marco teórico que contextualiza los cinco ejes del modelo DTI. A continuación, se presentan las hipótesis de investigación, seguidas de la descripción de la metodología empleada y el análisis de resultados. Finalmente, se ofrecen una discusión crítica de los hallazgos y conclusiones que aportan implicaciones prácticas para la gestión turística, así como recomendaciones orientadas a la consolidación de destinos turísticos inteligentes más sostenibles y resilientes.

2. MARCO TEÓRICO

Un destino turístico inteligente "es un espacio innovador consolidado sobre la base del territorio y de una infraestructura tecnológica de vanguardia. Un territorio comprometido con los factores medioambientales, culturales y socioeconómicos de su hábitat, dotado de un sistema de inteligencia que capte la información de forma procedimental, analice y comprenda los acontecimientos en tiempo real, con el fin de facilitar la interacción del visitante con el entorno y la toma de decisiones de los gestores del destino, incrementando su eficiencia y mejorando sustancialmente la calidad de las experiencias turísticas" (López de Ávila *et al*., 2015). No hay que olvidar, que dichos datos también sirven para conseguir el equilibrio entre el disfrute del turista y la calidad de vida de la población local.

Acerca del Modelo de Destinos Turísticos Inteligentes (DTI) de Segittur es una iniciativa innovadora diseñada para transformar los destinos turísticos mediante la aplicación de cinco ejes estratégicos: Gobernanza, Innovación, Tecnología, Sostenibilidad y Accesibilidad (Rucci *et al*., 2025). De acuerdo con Rucci *et al*. (2025) su metodología se basa en un sistema de indicadores y requisitos (261 indicadores y 97 requisitos) que permiten evaluar la situación del destino y desarrollar un plan de acción adaptado a sus

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

necesidades. Dentro de este modelo, el eje de sostenibilidad juega un papel central (Martínez del Vas *et al*., 2022), ya que se organiza en cuatro ámbitos: gestión de la sostenibilidad turística, conservación y mejora del patrimonio cultural, protección del medioambiente y desarrollo socioeconómico basado en la economía circular**.** A través de estos pilares, se busca reducir el impacto ambiental del turismo mediante la eficiencia energética, la movilidad sostenible y una gestión responsable de los recursos.

No obstante, la implementación del modelo enfrenta varios retos**,** como la necesidad de una gobernanza efectiva, la gestión de la estacionalidad, la adaptación al cambio climático y la protección de la biodiversidad, ya que de acuerdo con Perea-Medina *et al*., (2020), en Europa los DTI están más enfocados en la competitividad y la digitalización que en la gobernanza o la sostenibilidad. Para hacer frente a estos desafíos, se han diseñado estrategias alineadas con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo la digitalización, la formación en sostenibilidad y el monitoreo constante del turismo con el fin de impulsar la transición hacia destinos más inteligentes (Femenia-Serra *et al*., 2022).El impacto del Modelo DTI se refleja en la mejora de la competitividad y la calidad de vida en los destinos turísticos, fomentando la colaboración público-privada y la participación ciudadana (Canónico *et al*., 2024).

2.1. Los ejes del destino turístico inteligente (DTI)

Antes de abordar la relación entre los cinco ejes propuestos por SEGITTUR —Sostenibilidad, Tecnología, Innovación, Accesibilidad y Gobernanza—, es necesario profundizar en la contextualización y en el desarrollo de la conexión entre estos ejes y su implicación directa en el turismo y en los Destinos Turísticos Inteligentes.

2.2. Sostenibilidad turística

La sostenibilidad en el turismo se ha consolidado como un eje fundamental en el desarrollo de los Destinos Turísticos Inteligentes (DTI). Según López de Ávila *et al*. (2015), "la clave para que un Destino Turístico Inteligente sea sostenible y, a la vez, exitoso económicamente, es encontrar un equilibrio entre el crecimiento económico del lugar y la preservación del medio ambiente y el entorno sociocultural". Lograr este equilibrio requiere una visión integral de la sostenibilidad que contemple sus tres dimensiones esenciales: medioambiental, económica y social. No se trata únicamente de reducir el impacto ambiental del turismo, sino también de fortalecer la economía local y promover un desarrollo inclusivo que beneficie directamente a la comunidad residente. En esta línea, la sostenibilidad social implica garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso al empleo, la educación y el bienestar (SEGITTUR, 2015).

El papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo sostenible del turismo ha sido ampliamente analizado (Aranibar *et al*., 2024). Diferentes estudios han demostrado que los destinos con una mayor adopción de TIC presentan ventajas competitivas frente a aquellos con un nivel más bajo de digitalización, ya que estas tecnologías no solo mejoran la gestión del destino, sino que también fomentan una mayor conciencia ambiental entre los visitantes (Bonisoli *et al*., 2023).

En este marco, las tecnologías disruptivas han cobrado protagonismo como herramientas clave para fortalecer la sostenibilidad en los DTI. Entre ellas, destaca el Metaverso, identificado como un recurso innovador con un alto potencial transformador en el ámbito turístico (Buhalis *et al*., 2021). Según Matute (2025), el Metaverso es "un nuevo ecosistema virtual y tridimensional (3D) en el que los usuarios pueden interactuar entre ellos, trabajar, jugar, estudiar y realizar transacciones económicas, entre muchas otras posibilidades, todo ello de forma descentralizada". Su aplicación en el turismo permite enfrentar retos clave de la sostenibilidad, como el sobre-turismo en destinos saturados, al promover alternativas menos concurridas, conservar el patrimonio cultural y natural mediante recreaciones digitales, y facilitar el acceso al turismo a personas con movilidad reducida o recursos limitados a través de experiencias virtuales (Buhalis *et al*., 2021).

Además de la incorporación de TIC, la sostenibilidad turística exige un marco de gobernanza sólido que garantice una planificación estratégica centrada en la conservación de los recursos naturales y

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

culturales (Hernández, 2025). Como señalan Lojano *et al*. (2023), un destino turístico debe aspirar no solo a ser competitivo en términos de atracción de visitantes, sino también a velar por el bienestar de la comunidad local mediante políticas que promuevan un desarrollo equilibrado y sostenible.

2.3. Tecnología turística

La tecnología ha transformado la industria turística en múltiples dimensiones, consolidándose como un elemento clave para la competitividad, la sostenibilidad y la gobernanza de los destinos turísticos inteligentes. Según SEGITTUR (2015), la integración tecnológica en todos los eslabones de la cadena de valor del turismo ha permitido optimizar la gestión de los destinos y mejorar la experiencia del visitante. En particular, el desarrollo de Internet ha supuesto un cambio significativo en la comunicación entre los actores del ecosistema turístico, facilitando el acceso a la información y mejorando la interacción entre turistas, empresas y administraciones (Gretzel *et al*., 2015).

Entre los avances tecnológicos más influyentes se encuentra el uso del Big Data, que proporciona información clave para la toma de decisiones estratégicas (Bujanda, 2024). Como afirma Galarza (2024), la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real permite a los gestores anticipar tendencias, optimizar recursos y diseñar estrategias más eficientes. SEGITTUR (2015) resalta que la conectividad en red es esencial en los DTI, ya que posibilita la recopilación y el análisis de datos sobre el comportamiento de los visitantes, los flujos turísticos y el impacto ambiental de las actividades turísticas.

En este contexto, se identifican dos dimensiones clave en la digitalización de los destinos turísticos. Por un lado, la sensorización del entorno facilita la generación, recolección y transmisión de datos entre dispositivos, lo que permite monitorizar variables como la afluencia turística o las condiciones climáticas (SEGITTUR, 2015). La implementación de redes inteligentes de monitoreo no solo mejora la gestión turística, sino que también posibilita estrategias más sostenibles y adaptadas a las necesidades del destino. Por otro lado, la integración de soluciones digitales en la movilidad turística ha sido clave para optimizar la accesibilidad y la conectividad de los visitantes. Tecnologías como el wifi, los dispositivos iBeacons y las aplicaciones móviles han revolucionado la forma en que los turistas acceden a la información y planifican su experiencia (SEGITTUR, 2015).

La digitalización, además de optimizar la gestión, impulsa el desarrollo de negocios locales y enriquece la experiencia del turista (Buhalis *et al*., 2019). De acuerdo con la European Commission (2019), el análisis de datos y la inteligencia artificial han permitido personalizar la oferta turística y prever tendencias de consumo.

Desde una perspectiva más amplia, la tecnología ha trascendido su función instrumental para convertirse en un eje transversal en la planificación y gestión de los destinos turísticos inteligentes (Bruna *et al*., 2024). Su integración ha propiciado iniciativas innovadoras como el uso de la realidad aumentada para interpretar el patrimonio cultural y natural, o la implementación de blockchain para garantizar la seguridad y transparencia en las transacciones (Heo *et al*., 2024).

2.4. Innovación turística

La innovación constituye un pilar esencial para que los destinos turísticos se adapten a una realidad en la que el turista ocupa un rol central. Según SEGITTUR (2015), la innovación en el sector es crucial, ya que posibilita la reinvención de los destinos en un contexto de creciente competencia. Aunque suele asociarse a la tecnología, abarca diversas dimensiones, incluyendo nuevos modelos de gestión empresarial, estrategias de comunicación, mejoras en la promoción y comercialización de servicios, así como el diseño de productos personalizados y la optimización organizativa ante las fluctuaciones de la demanda (SEGITTUR, 2015).

En el ámbito turístico, la innovación se manifiesta principalmente en dos formas. Por un lado, la innovación de procesos busca mejorar la eficiencia y el uso sostenible de los recursos mediante tecnologías como los

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

sistemas de check-in automatizados o herramientas de gestión energética en alojamientos (Sulaiman *et al*., 2025). Un ejemplo es el uso de inteligencia artificial para gestionar la ocupación hotelera y prever la demanda a partir de patrones históricos y eventos programados. Por otro lado, la innovación de productos implica el desarrollo de nuevos servicios adaptados a públicos diversos, promoviendo la inclusión y minimizando el impacto ambiental (Finocchiaro, 2024). En este sentido, destacan las experiencias turísticas basadas en realidad virtual, que permiten explorar sitios históricos sin generar deterioro en los monumentos.

Un componente clave de este ecosistema innovador es la existencia de clústeres, que facilitan la cooperación entre empresas e instituciones dentro de un mismo entorno geográfico. Estos clústeres fomentan el intercambio de conocimiento y el acceso a recursos estratégicos, promoviendo tanto la sostenibilidad como la accesibilidad (Cáceres, 2024). Un ejemplo ilustrativo son los laboratorios de innovación turística, donde se desarrollan soluciones tecnológicas y modelos de negocio orientados a mejorar la competitividad.

2.5. Accesibilidad turística

El turismo y el ocio son derechos fundamentales que deben estar al alcance de todas las personas. No obstante, diversos colectivos enfrentan barreras que dificultan su disfrute, como la discapacidad, la edad, el embarazo o determinadas enfermedades. Según Tóth & Dávid (2010), "un destino turístico será accesible cuando el conjunto de entornos, servicios y productos que conforman la oferta turística permitan a todas las personas el acceso, utilización y disfrute de estos de manera normalizada, autónoma y segura".

Uno de los principios esenciales de los Destinos Turísticos Inteligentes (DTI) es garantizar la accesibilidad tanto en el ámbito físico como en el digital (Gillovic *et al*., 2020). En el primero, resulta fundamental adaptar los espacios y recursos para eliminar barreras y facilitar el acceso universal. En el ámbito digital, se requiere asegurar que toda la información en plataformas digitales sea accesible, incluyendo servicios multilingües que permitan su uso sin dificultad (López de Ávila *et al*., 2015).

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) desempeña un papel estratégico en la planificación de los destinos, ya que facilita decisiones informadas sobre sostenibilidad y accesibilidad. La implementación de estrategias inclusivas conlleva beneficios significativos. Por un lado, el concepto de "turismo para todos" ha evolucionado para promover no solo la eliminación de barreras físicas, sino también la igualdad de acceso. Incorporar la accesibilidad como eje central contribuye a la inclusión social, mejora la eficiencia económica y reduce desigualdades, impactando positivamente tanto en turistas como en residentes (Zambrano, 2024).

Por otro lado, una mayor accesibilidad incrementa la competitividad de los destinos al atraer a un público más amplio (Esparza, 2024). Además, representa una oportunidad económica: el 70 % del mercado europeo de personas con discapacidad, movilidad reducida o necesidades especiales dispone de recursos y capacidad para viajar (Coronado *et al.,* 2023). Este segmento, además, tiende a desplazarse en temporada baja, lo que contribuye a desestacionalizar la demanda y optimizar el uso de infraestructuras durante todo el año.

2.6. Gobernanza turística

El quinto y último eje propuesto por SEGITTUR es la gobernanza. Según Meijer & Bolívar (2016), "la gobernanza en los DTI se basa principalmente en los principios aplicables a las ciudades inteligentes, es decir, en la toma de decisiones políticas acertadas y su implementación de manera eficiente y efectiva mediante las TIC". Este concepto constituye un pilar fundamental para la gestión de los destinos turísticos inteligentes, ya que implica una administración eficiente, transparente, participativa y responsable (Vidal, 2019). Asimismo, la gobernanza es crucial para el desarrollo de proyectos en el marco de los Smart Tourism Destinations (Carrillo *et al*., 2025).

Zunino & Vera (2012) plantean que "la gobernanza se concibe como un proceso abierto de coordinación entre las esferas económica, medioambiental y política, involucrando a múltiples actores en el desarrollo

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

territorial". En el ámbito turístico, este concepto se traduce en una coordinación entre sectores económicos, sociales y políticos, fomentando la colaboración entre diversos actores (Cadena *et al*., 2025).

En este contexto, la innovación resulta determinante. Distintos autores subrayan que los modelos de gobernanza evolucionan hacia una participación más amplia en la toma de decisiones, incluyendo a instituciones públicas y privadas, así como a residentes y organizaciones no gubernamentales (Ahedo *et al*., 2024). Asimismo, la gobernanza mantiene una estrecha relación con la tecnología, en particular con innovaciones disruptivas como el Metaverso (Go & Kang, 2023).

En este sentido, se destacan dos aspectos clave. En primer lugar, el Metaverso permite recrear destinos turísticos en entornos virtuales, facilitando la planificación y gestión sostenible antes de implementar cambios en el entorno real. En segundo lugar, ofrece una plataforma para la interacción entre empresas privadas, instituciones públicas, residentes y turistas, favoreciendo una gobernanza más inclusiva y orientada a la sostenibilidad (Zhang *et al*., 2023).

Por tanto, las hipótesis a contrastar entre los ejes del DTI se formulan de la siguiente manera y se muestran en la figura 1.

- H1: La innovación turística contribuye de forma directa al eje de sostenibilidad de los DTI
- H2: La gobernanza turística contribuye de forma directa al eje de sostenibilidad de los DTI
- H3: La tecnología turística contribuye de forma directa al eje de sostenibilidad de los DTI
- H4: La accesibilidad turística contribuye de forma directa al eje de sostenibilidad de los DTI

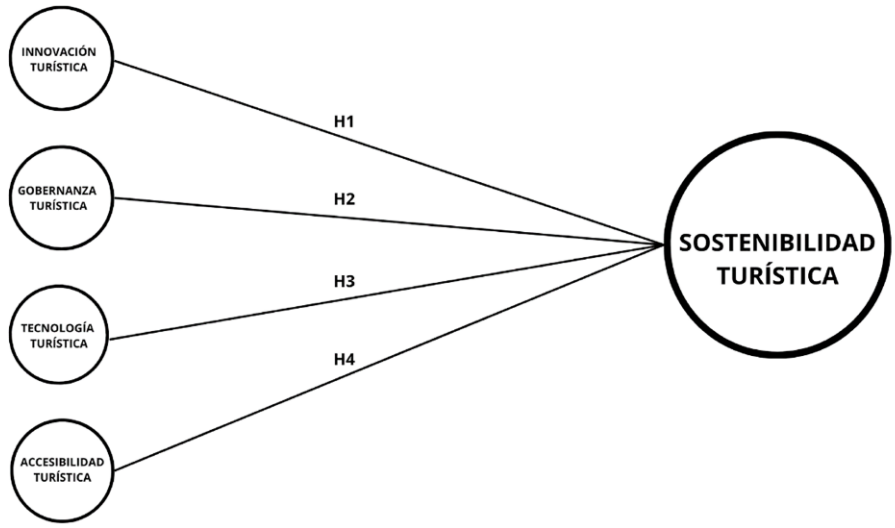


Figura 1. Gráfico del modelo estructural teórico propuesto. Fuente: elaboración propia.

3. METODOLOGÍA

Con el objetivo de analizar la percepción y el grado de implicación de distintos colectivos respecto a los cinco ejes que conforman el modelo de Destinos Turísticos Inteligentes (DTI) propuesto por SEGITTUR, se diseñó una encuesta estructurada que se mantuvo activa desde la segunda semana de diciembre de 2021 hasta la segunda semana de mayo de 2022. Durante este periodo se recogieron un total de 210 cuestionarios válidos.

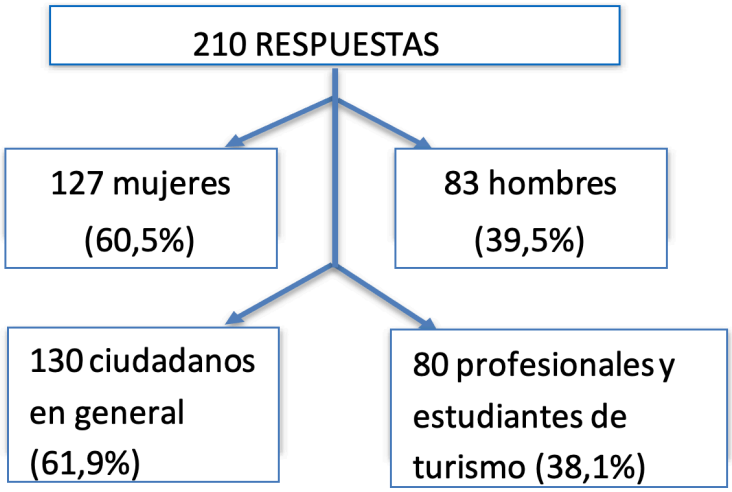
© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

La muestra estuvo conformada por dos grandes grupos. En primer lugar, se incluyeron profesionales, estudiantes y docentes del sector turístico pertenecientes a Donostia-San Sebastián y al conjunto de la Comunidad Autónoma del País Vasco. En segundo lugar, se encuestó a ciudadanos tanto de la capital guipuzcoana como de otras localidades del territorio vasco y de diversas ciudades españolas, todos ellos con la condición de haber visitado Donostia/San Sebastián.

El instrumento de recogida de datos consistió en un cuestionario compuesto por 41 ítems, organizados en torno a los cinco ejes fundamentales del modelo DTI (véase Anexo 1). La sostenibilidad con 8 items valora el equilibrio entre desarrollo turístico y preservación de recursos. La innovación con 7 items evalúa la capacidad de generar y aplicar nuevos enfoques y servicios. La gobernanza con 7 ítems mide la coordinación y participación de los actores en la gestión del destino. La tecnología con 7 items analiza la integración de TIC en gestión, promoción y experiencia turística. La accesibilidad con 7 items examina el grado de inclusión a través de infraestructuras y servicios adaptados. Estos ítems han sido adaptados por Puig-Cabrera & Foronda-Robles (2025). Cada una de estas dimensiones temáticas fueron elaboradas para evaluar el nivel de conocimiento, la percepción subjetiva y el grado de implicación de los encuestados respecto a dichos ejes. La escala de respuesta utilizada fue de tipo Likert de cinco puntos, donde 1 correspondía a "totalmente en desacuerdo" y 5 a "totalmente de acuerdo" (Sosa *et al*., 2020).

En primer lugar, se puede observar en la tabla 1 los datos demográficosde la muestra (género y estado de los encuestados), en la cual se observa que de los 210 (100%) encuestados, 127 (60,5%) son mujeres, mientras que 83 (39,5%) hombres han respondido a la encuesta. Por último, del total de personas que han respondido a las cuestiones, 130 (61,9%) son ciudadanos y población en general no relacionada con el sector turístico. Entre tanto, se han contabilizado 80 (38,1%) encuestas de profesionales y estudiantes de turismo.

Tabla 1. Datos demográficos de la muestra: género y estado de los encuestados.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la tabla 2 se puede observar datos demográficos de la muestra (edad, nacionalidad y residencia de los encuestados)

Tabla 2. Datos demográficos de la muestra: edad, nacionalidad y residencia de los encuestados.

Criterio	Resultado del muestreo
Edad	18 años o menos: 8,6% 19-25 años: 41,4% 26-34 años: 9,5% 35-44 años: 11% 45-54 años: 11,4% 55-64 años: 13,8% 65 años o más: 4,3%
Nacionalidad	Española: 99% Otra: 1%
Residencia	Donostia-San Sebastián: 59% Otra población de Euskadi: 31,9% Otra población de España: 9%
Total	N= 210 personas

Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de alcanzar esta meta, la encuesta fue estructurada en distintos apartados, tomando como referencia las cinco dimensiones del modelo de Destino Turístico Inteligente desarrollado por Segittur (2015): gobernanza, innovación, tecnología, accesibilidad y sostenibilidad. Esta clasificación permitió abordar de forma sistemática los principales pilares que conforman la inteligencia turística, facilitando un análisis integral y coherente de los resultados obtenidos.

El análisis de datos se llevó a cabo mediante Modelado de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-SEM), siguiendo la propuesta de Ringle *et al*. (2009), utilizando el software SmartPLS 3, el cual es especialmente adecuado para estudios de carácter exploratorio y para la modelización de constructos latentes (Hair *et al*., 2019; Son & Benbasat, 2007). Este enfoque de SEM, basado en PLS y ampliamente utilizado en investigaciones sociológicas, permite evaluar modelos causales lineales (Haenlein & Kaplan, 2004), facilitando además el examen visual de las interrelaciones entre variables. La validez del modelo se verificó mediante la estadística *t*, considerando un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS

Para la realización del presente estudio, las respuestas obtenidas se trasladaron al software SmartPLS, con el objetivo de estimar el modelo de ecuaciones estructurales basado en mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM).

Siguiendo las recomendaciones de Hair *et al.* (2019), el análisis se desarrolló en dos etapas: (1) evaluación del modelo de medida y (2) evaluación del modelo estructural.

4.1. Evaluación del modelo de medida

En primer lugar, se verificó la fiabilidad y validez de los constructos que integran el modelo de Destinos Turísticos Inteligentes (DTI).

La tabla 3 presenta las cargas factoriales estandarizadas de cada ítem, junto con los valores de Alfa de Cronbach, fiabilidad compuesta (ρ_A) y varianza media extraída (AVE) para los cinco ejes del modelo: innovación, gobernanza, tecnología, accesibilidad y sostenibilidad.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Tabla 3. Evaluación del modelo de medida (cargas factoriales, fiabilidad y validez convergente).

Constructo	Ítem	Cargas factoriales estandarizadas	Alfa de Cronbach (α)	Fiabilidad compuesta (ρA)	AVE
Innovación (INNOV)	IN1	0.78	0.89	0.91	0.63
	IN2	0.82			
	IN3	0.85			
	IN4	0.74			
	IN5	0.80			
	IN6	0.88			
	IN7	0.76			
Gobernanza (GOB)	GOB1	0.71	0.88	0.90	0.60
	GOB2	0.74			
	GOB3	0.77			
	GOB4	0.85			
	GOB5	0.79			
	GOB6	0.83			
	GOB7	0.81			
Tecnología (TECH)	TEC1	0.84	0.91	0.93	0.66
	TEC2	0.79			
	TEC3	0.87			
	TEC4	0.82			
	TEC5	0.76			
	EC6	0.90			
	TEC7	0.85			
Accesibilidad (ACCES)	ACC1	0.73	0.87	0.89	0.58
	ACC2	0.75			
	ACC3	0.80			
	ACC4	0.78			
	ACC5	0.85			
	ACC6	0.83			
	ACC7	0.79			

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Constructo	Ítem	Cargas factoriales estandarizadas	Alfa de Cronbach (α)	Fiabilidad compuesta (ρA)	AVE
Sostenibilidad (SOS)	SOS1	0.78	0.93	0.94	0.68
	SOS2	0.84			
	SOS3	0.90			
	SOS4	0.85			
	SOS5	0.88			
	SOS6	0.92			
	SOS7	0.80			
	SOS8	0.83			

Fuente: elaboración propia.

Todos los indicadores superaron los valores de referencia recomendados (cargas > 0.70, ρ_A > 0.70 y AVE > 0.50), lo que confirma la consistencia interna y la validez convergente de los constructos.

4.2. Evaluación del modelo estructural

Una vez comprobada la validez del modelo de medida, se procedió a analizar las relaciones estructurales entre los constructos.
El procedimiento de bootstrap con 5.000 remuestreos y un nivel de confianza del 95% permitió estimar la significancia estadística de los coeficientes de trayectoria (*path coefficients*). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4, donde se muestran los efectos directos entre los ejes del modelo DTI y la sostenibilidad como variable dependiente.

Tabla 4. Hipótesis sobre la relación entre ejes de Destinos Turísticos Inteligente.

Efecto directo		Muestra original (O)	Media Muestral (M)	Desviación estándar (STDEV)	T Estadísticos (|O/STDEV|)	P valores	Decisión
H1	INNOV> SUST	0.490	0.044	0.049	0.999	0.000***	Confirmada
H2	GOV > SUST	0.336	0.335	0.058	5.739	0.000***	Confirmada
H3	TECH > SUST	0.533	0.027	0.059	0.568	0.000***	Confirmada
H4	ACCES >SUST	0.610	0.110	0.051	0.810	0.000***	Confirmada

***significante al nivel 0.001; **significante al 0.05; *significante al 0.10
Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el análisis PLS-SEM, se confirma la validez de las cuatro hipótesis planteadas. A continuación, se procederá a profundizar en cada una de ellas mediante una revisión bibliográfica. Este apartado se estructurará de la siguiente manera: en primer lugar, se aborda por qué los cuatro nexos identificados presentan una relación positiva entre sí. En segundo lugar, se analiza en detalle los aspectos clave de estos vínculos. Es importante destacar que los resultados evidencian que la dimensión de la sostenibilidad desempeña un papel transversal en todos los casos examinados.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

4.2.1. Hipotesis 1: la relación directa entre innovación turística y sostenibilidad

La hipótesis 1 se confirma en relación con los ejes de innovación y sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes (tabla 4). La innovación se adopta como estrategia clave para el desarrollo sostenible en el sector turístico, al generar valor y mejorar el rendimiento empresarial (Martínez-Rubio *et al.,* 2020). Según estos autores, las empresas que implementan prácticas de innovación sostenible logran un mejor posicionamiento al cumplir con las regulaciones y expectativas sociales, reduciendo al mismo tiempo su impacto ambiental. Innovación, sostenibilidad y tecnología se vinculan estrechamente, pues esta última posibilita el desarrollo de herramientas disruptivas esenciales para alcanzar la sostenibilidad turística (Liburd *et al*., 2007).

Dichas herramientas se aplican prioritariamente a la eficiencia en el uso de recursos, la conservación patrimonial y la mitigación del impacto ambiental (Oca *et al*., 2019). Analizar cómo la innovación incide directamente en la sostenibilidad turística resulta fundamental en un contexto de creciente competencia y demanda de prácticas responsables. Santos *et al.* (2021) sostienen que sostenibilidad e innovación no constituyen una tendencia pasajera, sino pilares esenciales del desarrollo turístico. Ambas dimensiones pueden generar transformaciones profundas en la industria, actuando como motores de competitividad que permiten a los destinos diferenciarse en un mercado globalizado.

La innovación influye directamente en la sostenibilidad, especialmente a través de tecnologías y prácticas ecológicas. Horng *et al.* (2017) destacan el papel de las ecoinnovaciones en la reducción de emisiones de carbono, promoviendo un modelo de turismo sostenible basado en la coproducción colaborativa entre el sector privado, la comunidad y otros actores. Este enfoque participativo es clave para la gestión eficiente de los recursos y el control del impacto ambiental a largo plazo.

La innovación turística también tiene implicaciones sociales y económicas. Eskerod *et al.* (2019) sostienen que esta permite una toma de decisiones más informada y proactiva, al ofrecer herramientas para el análisis y la aplicación de medidas preventivas que favorezcan la sostenibilidad a largo plazo. Tal capacidad de adaptación resulta esencial para mantener la competitividad empresarial y contribuir al bienestar social y ambiental. Asimismo, la innovación impulsa la creación de productos turísticos económicamente viables y sostenibles. Torres-Penalva *et al.* (2025) afirman que constituye un pilar para diseñar experiencias que, además de ser atractivas, fomenten la responsabilidad y la conciencia ecológica. En este sentido, diversas instituciones han reconocido el potencial de la innovación no solo para reducir su huella ecológica, sino también como estrategia de marketing verde que fortalece su posicionamiento dentro del turismo sostenible.

4.2.2. Hipótesis 2: la relación directa entre gobernanza turística y sostenibilidad

La hipótesis 2 se confirma respecto a la relación entre los ejes de gobernanza y sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes (tabla 4). La gobernanza está estrechamente vinculada con la sostenibilidad, ya que facilita la planificación estratégica y la gestión eficiente de los recursos turísticos (Lamas *et al.*, 2019). Asimismo, constituye un elemento esencial para promover la sostenibilidad, al coordinar la participación de gobiernos, empresas, comunidades locales y ciudadanía en la gestión responsable de los recursos (Amaya-Molinar, 2023). La inclusión de estos actores en la toma de decisiones conlleva dos beneficios principales: la descentralización del poder mediante enfoques colaborativos y la participación comunitaria, que contribuye a reducir los impactos sociales y ambientales del turismo y a generar un desarrollo más equitativo (Amaya-Molinar, 2023). Una gobernanza efectiva, por tanto, es fundamental para distribuir equitativamente los beneficios del turismo y preservar el entorno natural y social.

1. El vínculo entre gobernanza y sostenibilidad resulta esencial para equilibrar el crecimiento económico con la conservación de los recursos naturales y sociales. Dos Anjos *et al.* (2019) señalan que esta interacción se sustenta en un enfoque colaborativo que articula a gobiernos, empresas turísticas y sociedad civil en la gestión sostenible de los destinos. La gobernanza se concibe como un proceso continuo de coordinación orientado tanto al beneficio económico como a la satisfacción de las necesidades sociales y ambientales locales.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

En el contexto turístico, la gobernanza se entiende como un sistema inclusivo y participativo que permite una gestión efectiva de los destinos. Molina *et al.* (2022) afirman que un sistema de gobernanza eficiente es crucial para promover la sostenibilidad en sus tres dimensiones: económica, social y ambiental. Para ello, las instituciones públicas deben desempeñar un papel activo en el diseño e implementación de políticas que fomenten un desarrollo turístico responsable, basado en la cooperación público-privada y la participación comunitaria. Estas políticas deben asegurar la equidad en la distribución de beneficios y minimizar el impacto ambiental (Molina *et al.,* 2022).

Una gobernanza eficaz requiere políticas adaptadas a las particularidades de cada destino, considerando tanto las necesidades de los turistas como las de las comunidades anfitrionas. La colaboración entre instituciones públicas, empresas y ciudadanía resulta esencial para garantizar una gestión sostenible de los recursos naturales y decisiones inclusivas que respeten las dinámicas locales. Echeverri-Rubio *et al*. (2022) destacan que la participación activa de los actores locales fortalece el sentido de pertenencia y la satisfacción comunitaria, promoviendo un desarrollo turístico más equitativo y justo.

Finalmente, Dos Anjos *et al.* (2019) subrayan que la gobernanza turística trasciende el ámbito gubernamental, involucrando una red diversa de actores públicos, privados y del tercer sector. Este enfoque holístico favorece una mayor flexibilidad en la toma de decisiones y una mejor capacidad de respuesta ante los desafíos del turismo sostenible. En esta misma línea, Gajdošík *et al.* (2018) destacan que la inclusión de los residentes locales en los procesos de decisión resulta fundamental para alcanzar un desarrollo turístico verdaderamente equitativo.

4.2.3. Hipótesis 3: la relación directa entre tecnología turística y sostenibilidad

La hipótesis 3 se confirma respecto a la relación entre los ejes de tecnología y sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes (tabla 4). Esta relación es altamente positiva, ya que la digitalización ha optimizado la planificación, promoción y gestión de los destinos, permitiendo una administración más eficiente y menos invasiva (Pedrero *et al*., 2009). La tecnología facilita además la toma de decisiones informadas mediante la obtención, monitoreo y análisis de grandes volúmenes de datos (Loureiro *et al*., 2021). Entre las herramientas más innovadoras destacan la Inteligencia Artificial y el Blockchain, que posibilitan el seguimiento y la optimización del consumo de agua y energía en hoteles y destinos, reduciendo su huella ambiental (Erol *et al*., 2022). Asimismo, el uso del Big Data en los "Destinos Turísticos Inteligentes" permite distribuir mejor a los visitantes y evitar la sobreexplotación de recursos (Bonilla, 2013).

Las empresas turísticas que integran sostenibilidad e innovación tecnológica logran diferenciarse en el mercado global, fortaleciendo su competitividad (Muñoz *et al*., 2009). En este contexto, el Blockchain contribuye a la sostenibilidad al garantizar la transparencia en la gestión y reducir intermediarios, lo que disminuye el impacto ambiental y promueve una distribución equitativa de beneficios (Erol *et al*., 2022). De forma complementaria, el Metaverso —como entorno virtual tridimensional— podría ampliar la oferta de experiencias turísticas y reducir la presión sobre los destinos físicos tradicionales (Erol *et al*., 2022).

La tecnología constituye un pilar fundamental para transformar el sector turístico, mejorando la experiencia del visitante, optimizando recursos y fomentando prácticas sostenibles. Fernández *et al*. (2025) destacan que la digitalización y tecnologías emergentes, como el Big Data, la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT), están revolucionando la gestión de recursos naturales, la oferta de servicios y el control del flujo de visitantes. Una de las principales contribuciones tecnológicas a la sostenibilidad radica en la optimización de recursos mediante sistemas inteligentes de control del consumo energético e hídrico, lo que reduce costos y huella ecológica. Por ejemplo, los sensores IoT permiten monitorizar en tiempo real el uso de agua y electricidad, identificando ineficiencias y aplicando medidas correctivas de manera proactiva.

Asimismo, las plataformas digitales y aplicaciones móviles facilitan la adopción de prácticas sostenibles al ofrecer a los turistas información actualizada sobre actividades responsables y locales (López *et al*., 2021). Estas herramientas promueven decisiones más conscientes y contribuyen a la conservación de los destinos. A nivel local, las tecnologías de análisis de datos mejoran la planificación turística al predecir patrones de

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

comportamiento y gestionar la capacidad de carga, evitando la masificación y sus impactos negativos sobre el medio ambiente y la calidad de vida de los residentes.

4.2.4. Hipótesis 4: la relación directa entre accesibilidad turística y sostenibilidad

La hipótesis 4 se confirma respecto a la relación entre accesibilidad y sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes (tabla 4). La accesibilidad contribuye a la sostenibilidad en dos dimensiones principales. En primer lugar, mejora de forma sostenible la experiencia de los viajeros con discapacidad y de los turistas en general, al tiempo que eleva la calidad de vida de los residentes (Párraga *et al*., 2025). Un destino accesible promueve la equidad social y la inclusión, permitiendo que un mayor número de personas disfrute de los recursos turísticos (Clemente *et al*., 2018). En segundo lugar, la accesibilidad diversifica la oferta y amplía la demanda, atrayendo a turistas con movilidad reducida, quienes suelen viajar en temporada baja, favoreciendo así la desestacionalización y la sostenibilidad económica (Alén *et al*., 2005).

La accesibilidad, tanto online como offline, constituye una estrategia integral que impulsa la sostenibilidad ambiental y social, promueve la inclusión y mejora la experiencia turística y la calidad de vida local (Párraga *et al*., 2025). Este enfoque se vincula estrechamente con el turismo inclusivo, que busca garantizar el acceso universal a los recursos turísticos sin distinción de capacidad física, sensorial o cognitiva.

En cuanto a la accesibilidad offline, su objetivo es eliminar barreras físicas y garantizar que las personas con diversidad funcional puedan disfrutar plenamente de los destinos turísticos, transportes y alojamientos. Farkas *et al*. (2022) señalan que esta dimensión implica infraestructuras adaptadas —rampas, ascensores, baños accesibles— y formación del personal en atención inclusiva. Estas medidas fortalecen la sostenibilidad social al fomentar la igualdad de oportunidades y evitar la exclusión (Sánchez *et al*., 2019). Asimismo, la accesibilidad física debe contemplar a personas con discapacidades sensoriales mediante guías en braille, señalización sonora o servicios de interpretación en lengua de señas.

Por su parte, la accesibilidad online se refiere al acceso universal a los recursos digitales —sitios web, plataformas de reserva e información turística— sin limitaciones derivadas de idioma o capacidad tecnológica. Según (Párraga *et al.,* 2025), esto implica diseñar interfaces intuitivas, adaptadas a distintos tipos de usuarios y compatibles con tecnologías de asistencia como lectores de pantalla o subtítulos. De este modo, las herramientas digitales se convierten en un medio para eliminar barreras comunicativas y ampliar la participación de todos los turistas.

La accesibilidad digital también fortalece la sostenibilidad, al facilitar la difusión de prácticas de turismo responsable y actividades respetuosas con el medio ambiente. En conjunto, la accesibilidad —en sus vertientes físicas y digital— se erige como un eje esencial para alcanzar destinos turísticos más inclusivos, equitativos y sostenibles.

5. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman la relevancia de los ejes de innovación, tecnología, accesibilidad y gobernanza como impulsores de la sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes (DTI). Esta relación refuerza los postulados de investigaciones previas que destacan la importancia de una aproximación sistémica y multidimensional para el éxito de los destinos turísticos sostenibles (Femenia-Serra *et al.*, 2022). Sin embargo, nuestro trabajo aporta evidencia empírica al contexto específico de San Sebastián, ampliando la literatura enfocada en estudios de caso locales y sugiriendo la necesidad de adaptar los modelos DTI a las particularidades territoriales.

El hallazgo de la sostenibilidad como eje vertebrador concuerda con Martínez del Vas *et al*. (2022), quienes subrayan la sostenibilidad como el componente crítico de los DTI, pero nuestro análisis profundiza en cómo los diferentes pilares interactúan causalmente para reforzarla

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

En primer lugar, se sostiene que la innovación es un elemento imprescindible para alcanzar la sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes, al promover la eficiencia en el uso de recursos, la reducción del impacto ambiental y la colaboración de los actores locales. En una línea complementaria, Hruby (2024) plantea que la innovación debe orientarse hacia un turismo regenerativo, entendido como un modelo que no solo minimiza los impactos negativos, sino que restaura los ecosistemas y fortalece el tejido social y cultural de los territorios**,** mediante prácticas económicas solidarias y el uso de tecnologías apropiadas. De forma paralela, Castro *et al*. (2024) destacan la creatividad y la tecnología como herramientas que permiten integrar sostenibilidad e innovación. En conjunto, las tres perspectivas coinciden en que la innovación es el eje dinamizador del turismo sostenible, aunque difieren en la profundidad del cambio que proponen.

En segundo lugar, se sostiene que la gobernanza es esencial para garantizar la sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes al coordinar la participación de actores públicos, privados y comunitarios, promoviendo una gestión sustentable de los recursos. En sintonía, Amaya-Molinar *et al.*, (2025) confirman que una gobernanza eficaz mejora la competitividad y sostenibilidad de los destinos mediante estructuras colaborativas y dinámicas. De igual manera, Torres *et al.* (2025) destacan que la participación comunitaria y el liderazgo local son bases para un desarrollo turístico resiliente. En conjunto, todas las visiones coinciden en la gobernanza como instrumento decisivo para la sostenibilidad, aunque difieren en su enfoque operativo.

En tercer lugar, se consolida que la tecnología constituye un eje principal para alcanzar la sustentabilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes, al optimizar la gestión de recursos, reducir los impactos ambientales y favorecer la toma de decisiones basadas en datos. En consonancia, Naranjo *et al.* (2025) manifiestan que la integración estratégica de herramientas digitales potencia la eficiencia operativa y la durabilidad del sector turístico. De igual modo, Gallego *et al.* (2022) destacan que la inteligencia artificial aplicada en modelos colaborativos impulsa una gestión más innovadora y sostenible. En conjunto, todas las visiones coinciden en la tecnología como motor clave de sostenibilidad, aunque difieren en su enfoque de aplicación.

Por último, se afirma que la accesibilidad es un pilar esencial de la sostenibilidad en los Destinos Turísticos Inteligentes, al favorecer la inclusión social, la equidad y la desestacionalización mediante la accesibilidad física y digital. En consonancia, Sánchez *et al.* (2022) sostienen que la gestión integral de accesibilidad y movilidad constituye un soporte fundamental para el desarrollo sostenible de los destinos, aunque evidencian la fragmentación en los modelos actuales. Asimismo, Vargas-Leira *et al.* (2025) destacan que la accesibilidad turística promueve los derechos humanos y la sustentabilidad del destino, pese a las limitaciones normativas y estructurales existentes. En conjunto, las perspectivas coinciden en la accesibilidad como herramienta de desarrollo sostenible, aunque difieren en su grado de aplicación y alcance operativo.

6. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados de esta investigación confirman que los ejes de innovación, tecnología, accesibilidad y gobernanza tienen un impacto positivo y significativo sobre la sostenibilidad en el contexto de los Destinos Turísticos Inteligentes (DTI). Este hallazgo no solo valida empíricamente las hipótesis planteadas, sino que también se alinea con el objetivo central del estudio: comprender la estructura de interrelaciones entre los ejes estratégicos del modelo DTI aplicado a Donostia/San Sebastián.

En términos de implicaciones teóricas, este trabajo radica en demostrar que la sostenibilidad no puede abordarse como un elemento aislado, sino que debe entenderse como resultado de la interacción sinérgica entre diversas dimensiones estratégicas en el marco de un proceso transformativo de turismo inteligente. Esta perspectiva supera enfoques anteriores que analizaban los ejes de manera fragmentada (Perea-Medina *et al*., 2020) y refuerza la necesidad de estrategias integradas para la gestión turística inteligente, en consonancia con otros trabajos científicos (Femenia-Serra *et al.,* 2022; Puig-Cabrera & Foronda-Robles, 2025).

La novedad del trabajo reside en integrar estos componentes en un único marco analítico y en demostrar su interdependencia en un contexto urbano concreto, contribuyendo así a la consolidación teórica del modelo DTI y a su adaptación a las nuevas demandas de sostenibilidad y resiliencia que enfrenta el turismo contemporáneo. En conclusión, esta investigación valida las hipótesis propuestas y ofrece una base sólida

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

para orientar futuras políticas públicas y estrategias de gestión turística hacia destinos más inteligentes, inclusivos y sostenibles.

Asimismo, el estudio aporta evidencia empírica relevante al situar a Donostia/San Sebastián como un caso de referencia en la aplicación del modelo DTI, ampliando el conocimiento sobre la implementación local de modelos de turismo inteligente. La utilización del análisis PLS-SEM permite establecer relaciones causales entre los constructos, fortaleciendo la rigurosidad metodológica y ofreciendo un modelo replicable en otros destinos turísticos.

En términos de implicaciones prácticas, este trabajo evidencia cómo un proceso transformativo de un destino turístico hacia la inteligencia puede contribuir a incentivar la sostenibilidad de manera directa e indirecta al interrelacionarlo con otras dimensiones (innovación, accesibilidad, gobernanza y tecnología). En este sentido, se recomienda a los *policymakers* la creación de Living Labs como espacios de innovación abierta, gestionados por la entidad local responsable de la planificación turística, donde ciudadanos, instituciones públicas y actores privados colaboren en torno a los desafíos del turismo. Estos espacios facilitan la generación de soluciones conjuntas y el diseño de mejoras asociadas a los cinco ejes del modelo DTI, reforzando la gobernanza participativa y la sostenibilidad como pilares estratégicos.

Además, los resultados sugieren la necesidad de alinear las políticas locales de turismo con estrategias transversales de digitalización y accesibilidad universal, promoviendo la interoperabilidad entre los sistemas tecnológicos y las plataformas de datos urbanas. Este enfoque integrador permitiría optimizar la toma de decisiones en tiempo real, mejorar la experiencia turística y garantizar la inclusión de todos los grupos sociales en los beneficios del desarrollo turístico.

Del mismo modo, se destaca la importancia de fortalecer la capacidad técnica y analítica de los gestores públicos mediante programas de formación en gestión inteligente del destino y análisis de datos turísticos, lo que facilitaría la adopción de decisiones basadas en evidencia y la implementación de modelos predictivos orientados a la sostenibilidad.

Por último, se recomienda a los destinos turísticos que incorporen mecanismos de evaluación continua de los avances en materia de innovación, accesibilidad, gobernanza y tecnología, utilizando indicadores comparables y sistemas de seguimiento integrados. Esto permitirá ajustar las estrategias en función del rendimiento y de las percepciones de los diferentes grupos de interés, consolidando así un modelo de gobernanza adaptativa que potencie la resiliencia y sostenibilidad del destino a largo plazo.

El estudio presenta limitaciones, como el uso de una muestra circunscrita geográficamente y la aplicación de una metodología transversal que no capta la evolución temporal de las percepciones. Futuros trabajos podrían enfocarse hacia la aplicación de esta herramienta para realizar análisis longitudinales que observen la evolución de los ejes DTI a lo largo del tiempo, efectuar estudios comparativos entre diferentes destinos turísticos con realidades culturales diversas, y examinar específicamente el impacto de tecnologías disruptiva como el Metaverso en la sostenibilidad turística, evaluando tanto su potencial transformador como los desafíos éticos y de gestión que plantean (Go & Kang, 2023).

Financiación

Este trabajo está financiado por el Instituto de Turismo de la Región de Murcia a través del proyecto CAT/TU/47-22 «Cátedra Internacional de Inteligencia Turística Región de Murcia UCAM-ITREM» y por la FCT (Fundación para la Ciencia y la Tecnología) a través del proyecto UIDB/04020/2020, y el proyecto SmartVITATUR-Algarve (ref. 16227), cofinanciado por el FEDER y fondos nacionales a través de la FCT, en el marco del Programa ALGARVE 2030, gestionado por la CCDR Algarve.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Declaración responsable y conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta ningún tipo de conflicto de interés con relación a su publicación.

REFERENCIAS

Ahedo, I., & Lekue, I. (2024). Collaborative governance and irruption in Northern Basque Country: An irruptive governance model?. *Oñati Socio-Legal Series*, *14*(4), 1058–1081. https://doi.org/10.35295/osls.iisl.1879

Alén González, E., Brea, J., & Vila, T. (2005). La accesibilidad como oportunidad de mercado en el management de destinos turísticos. *Revista de Análisis Turístico*, (1), 7-13.

Almeida Galarza, R. (2024). El uso de Big Data en las Finanzas. *Revista Multidisciplinaria Proyecto*, *1*(1), 17-28. https://revista.proyecto2000.edu.ec/index.php/inicio/article/view/3

Amaya-Molinar, C. M. (2023). Estudio bibliométrico sobre la gobernanza y la sostenibilidad en el turismo. *Revista Iberoamericana de Turismo*, *13*(2), 195–224. https://doi-org.proxy-oceano.deusto.es/10.28998/10.28998/riturritur.v13.n2.a15687pp.195-22415687

Amaya-Molinar, C. M., & Cornejo, N. C. S. (2025). Hacia un modelo teórico de gobernanza en destinos turísticos. *Caderno Virtual de Turismo*, *25*(1), 115–139. https://doi.org/10.18472/cvt.25n1.2025.2196

Aranibar Ramos, E. R., Ramos Ramos, D. A., Ramirez Mendoza, A. H., & Zegarra Cáceres, J. (2024). Impacto de la tecnología en el turismo: Un análisis cienciométrico y revisión. *Fides et Ratio*, *28*, 253–279. https://doi.org/10.55739/fer.v28i28.161

Bonilla, J. (2013). Nuevas tendencias del turismo y las tecnologías de información y las comunicaciones. *Turismo y Sociedad*, *14*, 33-45. https://www.redalyc.org/pdf/5762/576261184003.pdf

Bonisoli, L., & Blacio Guañuna, R. A. (2023). Going green in Ecuador: Unpacking the motivations behind brand loyalty for organic products. *Journal of Cleaner Production*, 418. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138116

Bruna, D., & Thiel-Ellul, D. (2024). Gobernanza en destinos turísticos: el caso de los destinos turísticos inteligentes (DTIs) en España. *Investigaciones Turísticas*, (27), 203–223. https://doi.org/10.14198/INTURI.24674

Buhalis, D., & Sinarta, Y. (2019). Real-time co-creation and nowness service: lessons from tourism and hospitality. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *36*(5), 563–582. https://doi.org/10.1080/10548408.2019.1592059

Buhalis, D., & Sinarta, Y. (2021). Shaping a view on the influence of technologies on sustainable tourism. *Sustainability*, *13*(22), 12691. https://doi.org/10.3390/su132212691

Bujanda, J. L., Cortez Granilla, M. I., Duran Ttito, C. N., Huaycochea Rodríguez, Ángel J., & Zarate Bujanda, C. Y. (2024). Big Data y E-Learning: Nuevas Herramientas para la Educación en la Sociedad del Conocimiento y el Turismo. *Revista Veritas de Difusão Científica*, *5*(2), 858–875. https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i2.125

Cáceres, H. A. (2024). Perspectiva correlacional sobre instituciones generadoras de conocimiento y dinámica de transferencia tecnológica en empresas del clúster NorTic. *Universidad y Empresa*, *27*(48), 1-36. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.14254

Cadena, J. P., Chávez Sánchez, G. P., Peña Guamán, C. O., & Espinosa Ruiz, C. G. (2025). Diseño de una mesa técnica de seguridad turística en la ciudad de Guaranda con un enfoque de coordinación interinstitucional de actores. *Journal of Science and Research*, *10*(1), 74–97. https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3317

Canónico-Sarabia, A., & Herce Maza, J. I. (2024). La colaboración público-privada como manifestación del gobierno abierto. *Anuario Iberoamericano de Buen Gobierno y Calidad Democrática*, *(1)*, 263–284. Universidad Villanueva. https://digiuv.villanueva.edu/handle/20.500.12766/625

Carrillo, R. L., Huanca Coronado, D., & Bazán Velásquez, S. (2025). La gestión pública y el desarrollo de destinos turísticos inteligentes. *Convergencia Empresarial, 14*(1). https://doi.org/10.47796/ce.v14i01.1263

Castro Cuadras, D. L., Herrera Prado, A. L., Larrañaga Núñez, A. M., & Lizárraga Patrón, A. (2024). Turismo creativo y desarrollo sustentable: análisis de literatura. *El Periplo Sustentable, (47)*, 7–22. https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i47.21927

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Dos Anjos, F. A., & Kennell, J. (2019). Tourism, governance and sustainable development. *Sustainability, 11*(16), 4257. https://doi.org/10.3390/su11164257

Echeverri-Rubio, A., Flórez-Yepes, G. Y., & Vargas-Marín, L. A. (2022). Gobernanza para el desarrollo y la sostenibilidad de los destinos turísticos: una revisión de la literatura con ToS. *Revista de Ingenierías Interfaces, 5*(1), 1-22.

Erol, I., Neuhofer, B., Doğru, T., Öztel, A., Searcy, C., & Yorulmaz, A. C. (2022). Improving sustainability in the tourism industry through blockchain technology: Challenges and opportunities. *Tourism Management*, *93*, 104628. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2022.104628

Eskerod, P., Hollensen, S., Morales-Contreras, M. F., & Arteaga-Ortiz, J. (2019). Drivers for pursuing sustainability through IoT technology within high-end hotels—An exploratory study. *Sustainability, 11*(19), 5372. https://doi.org/10.3390/su11195372

Esparza, L. T. (2024). *La lucha por la competitividad en las ciudades turísticas ¿Y la apuesta a la accesibilidad qué? URBS Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, *14*(1). https://urbs.xoc.uam.mx/index.php/urbs/article/view/13

Farkas, J., Raffay, Z., & Petykó, C. (2022). A new approach to accessibility, disability, and sustainability in tourism – Multidisciplinary and philosophical dimensions. *GeoJournal of Tourism and Geosites, 40*(1), 319–326. https://doi.org/10.30892/gtg.40138-834

Femenia-Serra, F, Alzua-Sorzabal, A., & Xiang, Z. (2022). Transitioning towards the future of tourism destinations: resiliento, smart, and green development. *Aranzadi/Civitas*. https://www.aranzadilaley.es/tienda/transitioning-towards-the-future-of-tourism-destinations-resilient-smart-and-green-development?srsltid=AfmBOopm9Cnf1n0G9bokxvjLrKaG-7gCb8xs0vK8NSYk9Afv38jvbb_74

Fernández, A. J., & Túa Ollarves, J. J. (2025). Innovaciones Sostenibles: dinámicas de investigación, formación y prácticas emergentes en los guías de turismo agroecológico: Innovaciones Sostenibles: dinámicas de investigación, formación y prácticas emergentes en los guías de turismo agroecológico. *HOLOPRAXIS. Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, *9*(2), 25–56. https://doi.org/10.61154/holopraxis.v9i2.4128

Finocchiaro, F. N. (2024). Marketing y discapacidad sensorial: accesibilidad en productos y publicidades. *Revista de marketing y publicidad* (10), 73-96. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/7013

Gallego Gómez, C., & Vaquero Frías, L. (2022). Artificial Intelligence and Sustainable Tourism Development: the Value of Partnerships. *ESIC Market*, *53*(3), e281. https://doi.org/10.7200/esicm.53.281

Gajdošík, T. (2018). Smart Tourism: Concepts and Insights from Central Europe. *Czech Journal of Tourism*, 7(1), 25-44.

Go, H., & Kang, M. (2023). Metaverse tourism for sustainable tourism development: Tourism agenda 2030. *Tourism Review*, *78*(2), 381-394. https://doi.org/10.1108/TR-02-2022-0102

Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2–24. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203

Hau Coronado, P., Segrado Pavón, R., & Bojórquez Vargas, A. (2023). Percepciones sobre el turismo accesible. Caso: Isla Cozumel, México. *SUMMA. Revista disciplinaria en ciencias económicas y sociales*, *5*(1), 1-13. https://doi.org/10.47666/summa.5.1.4

Herrera-Prado, A. L., Velarde-Valdez, M., & Olmos-Martínez, E. (2024). Participación de las TIC en los modelos de Destinos Turísticos Inteligentes. *Investigaciones Turísticas,* (27), 1-28. https://doi.org/10.14198/INTURI.20111

Heo, G., Kim, H., Hong, S., & Lim, Y. (2024). Blockchain and differential privacy-based data processing for secure urban computing in smart cities. *Telematics and Informatics*, *103*, Article 102039.

Horng, J.-S., Liu, C.-H., Chou, S.-F., Tsai, C.-Y., & Chung, Y.-C. (2017). From innovation to sustainability: Sustainability innovations of eco-friendly hotels in Taiwan. *International Journal of Hospitality Management, 63*, 44-52. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.02.005

Hruby, R. L. (2024). *Innovación en turismo: reflexiones en torno al paradigma regenerativo*. *El Periplo Sustentable, (46),* 27–49. https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i46.20496

Lamas, S. A., Nascimento, E. D., & Mazaro, R. M. (2019). Gobernanza y sustentabilidad en destinos turísticos: Un análisis del discurso académico. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, *28*, 1002-1020. https://www.scielo.org.ar/pdf/eypt/v28n4/v28n4a08.pdf

Landero Hernández, L., Pérez Chacón, J. L., & Carvajal Hernández, C. I. (2025). Paisajes bioculturales: La construcción de un paradigma para la conservación. *Interconectando Saberes*, (19), 181–190. https://doi.org/10.25009/is.v0i19.2895

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Liburd, J. J. (Ed.), Carlsen, J., Edwards, D., & Forde, P. (2007). *Innovation for Sustainable Tourism: International Case Studies*. (1 ed.) BEST Education Network. http://www.besteducationnetwork.org/books/pdf/2007/Case%20Study%20Publication%20full.pdf

Lojano Chapa, P. M., Benenaula Lojano, J. F., & Gómez Ceballos, G. P. (2023). Tecnología e innovación en destinos turísticos inteligentes: Caso Cuenca, Ecuador. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, *21*(1), 195–212. https://doi.org/10.25145/j.pasos.2023.21.013

López de Ávila Muñoz, A., & García Sánchez, S. (2015). *Destinos turísticos inteligentes. Economía Industrial*, (395), 61–69. https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/395/LOPEZ%20DE%20AVILA%20y%20GARCIA.pdfmintur.gob.es+5

López de Ávila, A., Lancis, E., García, S., Alcantud, A., García, B., & Muñoz, N. (2015). *Libro blanco de destinos turísticos inteligentes: Construyendo el futuro.* Sociedad Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas, S.A. (SEGITTUR). https://www.segittur.es/wp-content/uploads/2019/11/Libro-Blanco-Destinos-Tursticos-Inteligentes.pdf

Matute, S. de J. (2025). Metaverso: Estrategia didáctica en el proceso educativo. *Revista Crítica con Ciencia*, *3*(5), 625-202401050305725. https://uptvallesdeltuy.com/ojs/index.php/revista_criticaconciencia/article/view/427/210

Molina Azorín, J. F., Tarí, J. J., López Gamero, M. D., Pereira Moliner, J., Pertusa Ortega, E. M., & Antón López, A. I. (2022). Los destinos turísticos inteligentes y la sostenibilidad. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda época*, (2), 51-71. https://doi.org/10.17561/ree.n2.2022.7041

Naranjo Kean Chong, M. K., Soriano Gonzabay, F. H., De La A Domínguez, L. F., & Cevallos Pionce, G. M. (2025). *El impacto de la tecnología en el turismo: un estudio bibliométrico de tendencias digitales*. *Ciencia y Educación, 6*(3), 220–228. https://doi.org/10.1002/smj.447

Párraga Basurto, Y. B., & Cevallos Morales, M. E. (2025). Estrategias de sostenibilidad de la guía turística virtual en Calceta - Manabí. *Revista Científica Multidisciplinaria SAPIENTIAE, 8*(17), 2–24. https://doi.org/10.56124/sapientiae.v8i17.001

Pedrero Muñoz, A., & Ramón Rodríguez, A. (2009). El turismo: globalización, competitividad y sostenibilidad. *Instituto Economia Internacional Universidad de Alicante*, 16, 227-256.

Perea-Medina, M. J., & Navarro-Jurado, E. (2020). *Valoración de las políticas en España: Destinos turísticos inteligentes.* In XX Congreso de la Asociación Española de Expertos Científicos en Turismo (AECIT). https://aecit.org/files/congress/20/papers/378.pdf

Puig-Cabrera, M., & Foronda-Robles, C. (2025). Multi-level evolutionary model for smart tourism transition: A pilot test in the Andalusian region (Spain). *European Journal of Tourism Research*, *41*, 4118-4118. https://doi.org/10.54055/ejtr.v41i.4126

Queiroz, F., & Rastrollo-Horrillo, M.-Á. (2015). *El estado del arte en gobernanza de destinos turísticos. Tourism & Management Studies, 11*(2), 47–55. https://doi.org/10.18089/tms.2015.11206

Ringle, C. M., Wende, S., & Will, A. (2009). Finite mixture partial least squares analysis: Methodology and numericalexamples. In *Handbook of partial least squares: Concepts, methods and applications* (pp. 195–218). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8_9

Rodríguez Zambrano, A. D., Zambrano Solórzano , M. E., & Aragonés Nuela , A. A. (2024). Una revisión sistemática sobre el turismo accesible en el Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria SAPIENTIAE*, *7(*14), 21–34. https://doi.org/10.56124/sapientiae.v7i14.0002

Romero Dexeus, C., García Moreno, B., & Fernández Alcantud, A. (2025). El modelo "destinos turísticos inteligentes": herramienta de competitividad y sostenibilidad turística. Aproximación a casos de éxito conseguidos. *Economía Industrial*, (436), 27-39. https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/436/06ROMERO_EI436.pdf

Rucci, A. C., Isoardi, A. E., & Viletto, P. (2025). Expansión del modelo español de Destinos Turísticos Inteligentes hacia ciudades y destinos de América Latina. *ICE, Revista De Economía*, (938). https://doi.org/10.32796/ice.2025.938.7888

Samancioglu, E., Kumlu, S., & Ozkul, E. (2024). Smart tourism destinations and sustainability: Evidence from the tourism industry. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes, 15*(5), 468-475. https://doi.org/10.1108/WHATT-07-2024-0167

Sánchez Suárez, Y., Santa Cruz, S. R., Enríquez Paz, D., Santos Pérez, O., & Marqués León, M. (2022). Contribución a la gestión de accesibilidad y movilidad en servicios asociados al turismo. *Revista San Gregorio*, (50), 183–200. https://doi.org/10.36097/rsan.v0i50.1977

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Santos, V., Sousa, M. J., Costa, C., & Au-Yong-Oliveira, M. (2021). Tourism towards sustainability and innovation: A systematic literature review. *Sustainability, 13*(20), 11440. https://doi.org/10.3390/su132011440

Son, J. Y., & Benbasat, I. (2007). Organizational buyers' adoption and Use of B2B electronic marketplaces: Efficiency-and legitimacy-oriented perspectives. *Journal of Management Information Systems*, *24*(1), 55–99. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240102

Sosa González, W. E., Bautista Ortega, J., Canto de Gante, Á. G., Escobar Castillo, J., & Santillán Fernández, A. (2020). *Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. Revista de la Alta Tecnología y Sociedad, 12*(1), 38–45. https://www.researchgate.net/publication/361533522

Sulaiman, H., & Oga Martínez, L. (2025). Ahorro y eficiencia energética en el sector turístico: soluciones técnicas, arquitectónicas y urbanas sustentables para Miramar de Ansenuza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, *28*, 20-32. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/179257

Torres-Penalva, A., & Moreno-Izquierdo, L. (2025). La inteligencia artificial como motor de innovación en el turismo: startups, capital riesgo y transformación digital. *ICE, Revista de Economía*, (938). https://doi.org/10.32796/ice.2025.938.7886

Torres Cadena, J. P., Sánchez Velastegui, V. S., Sánchez Chávez, G. P., & Arcos Bósquez, V. M. (2025). *Gobernanza y participación comunitaria en la gestión del turismo.* Religación Press. https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.302

Vargas-Leira, F. J., & Albán Sierra, C. L. (2025). Accesibilidad para personas con discapacidad en atractivos turísticos. Caso de estudio: Santa Marta, Colombia. *Equidad y Desarrollo*, (46). https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss46.525

Velázquez-Castro, J. A., Cruz-Coria, E., & Briones-Juárez, A. (2020). Consumo sustentable e innovación en turismo. Una revisión sobre el estado actual. *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas, 21*, 142-163. http://hdl.handle.net/10201/96812

Zhang, Y., & Zhang, Y. (2023). A review of virtual reality applications in digital tourism. *Tourism Management*, *98*, 104878. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104878

Zunino, H., & Vera, B. (2012). La sociedad post-industrial, crisis y migraciones por estilo de vida entre el paraíso buscado y el paraíso encontrado. In *Springer Nature* (pp. 61–88). https://doi.org/10.1007/s11205-017-1627-z

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionario: Concepción del proyecto de Destino Turístico Inteligente en Donostia/ San Sebastián

SECCIÓN 1: INFORMACIÓN PERSONAL

Pregunta	Respuesta
1. Correo *	
2. Género *: Masculino / Femenino	
3. Edad *: 18 años o menos / 19-25 / 26-34 / 35-44 / 45-54 / 55-64 / 65 o más	
4. Estado de los encuestados *: Profesional o estudiante de turismo / Población en general	
5. Nacionalidad *: Española / Otra	
6. Residencia *: Donostia-San Sebastián / Otra población de la CAPV / Otra población de España	

SECCIÓN 2: SOBRE EL PROYECTO DE DESTINO TURÍSTICO INTELIGENTE

Pregunta	Respuesta 1 2 3 4 5
SOS01 Sé que es un Destino Turístico Inteligente (DTI) *	
SOS02 Conozco el concepto de sostenibilidad turística *	
SOS03 La sostenibilidad es un elemento a tener en cuenta en el sector turístico *	
SOS04 La sostenibilidad debe de ser uno de los elementos a tener en cuenta con el fin de satisfacer las necesidades tanto del turista como del residente en un DTI *	
SOS05 Las instituciones públicas y privadas deben de impulsar la sostenibilidad económica, medioambiental y social en el destino turístico *	
SOS06 ¿Qué tan importante consideras involucrarse en temas de sostenibilidad para mejorar el DTI? *	
SOS07 ¿Has estado/estás/vas a estar involucrad@ en un proyecto de sostenibilidad turística? *	
SOS08 Conozco proyectos relacionados con la sostenibilidad turística en Donostia/San Sebastián *	
ACC01 Cuando me hablan de accesibilidad sé a qué se refieren *	
ACC02 La accesibilidad es importante en el sector turístico *	

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Pregunta	Respuesta 1 2 3 4 5
ACC03 Los DTI deben impulsar la accesibilidad universal y la inclusión *	
ACC04 Los DTI tienen que impulsar la accesibilidad digital con la finalidad de lograr que toda la información en línea sobre el destino pueda ser utilizada sin problemas *	
ACC05 Es considerable invertir en la accesibilidad física u online del destino *	
ACC06 ¿Has estado/estás/vas a estar involucrad@ en un proyecto de accesibilidad turística? *	
ACC07 Conozco proyectos relacionados con la accesibilidad física/online turística en la capital guipuzcoana *	
TEC01 Cuando escucho la palabra tecnología sé qué es *	
TEC02 La tecnología es una herramienta importante en el sector turístico *	
TEC03 La tecnología es el elemento principal en un modelo de Destino Turístico Inteligente *	
TEC04 Sin la tecnología que nos da acceso a la recopilación, monitorización y análisis de datos no sería posible desarrollar un modelo de DTI *	
TEC05 ¿Qué tan importante consideras involucrarse en temas de tecnología para mejorar el DTI? *	
TEC06 ¿Has estado/estás/vas a estar involucrad@ en un proyecto de desarrollo o implementación de tecnología en el sector turístico? *	
TEC07 Estoy al corriente de proyectos relacionados con la tecnología en materia turística *	
INN01 Cuando me hablan de innovación sé qué es *	
INN02 La innovación es fundamental en el sector turístico *	
INN03 La innovación junto con la tecnología deberían de ser los principales componentes estratégicos de un DTI *	
INN04 Gracias al impulso de la innovación se consigue mejorar la experiencia al viajero y la convivencia de la población local junto con los turistas *	
INN05 La población debe implicarse en temas de innovación para mejorar el destino inteligente *	
INN06 ¿Has estado/estás/vas a estar involucrad@ en un proyecto de innovación turística? *	
INN07 Tengo conocimiento de proyectos relacionados con la innovación en la ciudad vasca *	
GOB01 Sé de qué se trata la gobernanza *	
GOB02 Pienso que la gobernanza es un elemento importante en el sector turístico *	

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Pregunta	Respuesta 1 2 3 4 5
GOB03 Las instituciones encargadas del DTI deben tener la capacidad de asociacionismo y colaboración entre instituciones públicas y privadas *	
GOB04 Las instituciones encargadas del DTI deben ser capaces de impulsar estrategias que vinculen las redes de actores sociales locales y residentes *	
GOB05 ¿Qué tan importante consideras involucrarse en temas de gobernanza para mejorar el DTI? *	
GOB06 ¿Has estado/estás/vas a estar involucrad@ en un proyecto de gobernanza turística? *	
GOB07 Evalúa la gobernanza del DTI en Donostia-San Sebastián *	

Fuente: elaboración propia.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA)

Análisis de la eficiencia de la pesca en estanques en el norte de Bengala Occidental, India: evidencia del análisis de datos DEA

Tonmoy Chatterjee
tonmoychatterjee.economics@gmail.com 0000-0001-9666-479X
Department of Economics, Bhairab Ganguly College, Belgharia. Kolkata 700056, India.

Kishan Agarwalla
agarwalkishan896@gmail.com 0009-0000-5950-1262
Department of Economics, St. Joseph's College, North Point. Darjeeling 734104, India.

Shrinwantu Raha
shrinwanturaha1@gmail 0000-0003-4883-8657
Department of Geography, Bhairab Ganguly College, Belgharia. Kolkata 700056, India.

INFO ARTÍCULO

Received: 22-07-2025
Revised: 30-10-2025
Accepted: 11-11-2025

KEYWORDS

Technical efficiency
Sustainability fisheries
Data Envelopment Analysis
Principal Component Analysis
t-SNE
Pond aquaculture
North Bengal

ABSTRACT

North Bengal, a region in the Indian state of West Bengal, possesses abundant water resources and a growing pond-based fishery sector that plays a vital role in rural livelihoods and food security. Despite its potential, disparities in production performance and limited adoption of scientific practices have raised concerns about efficiency. In this study, the technical efficiency of pond fisheries in two districts of North Bengal has been assessed using the Charnes–Cooper–Rhodes (CCR) and Banker–Charnes–Cooper (BCC) DEA models. Findings reveal that the average technical efficiency of the sampled ponds is 74% under the BCC model, indicating a potential 27% improvement in technical efficiency if fish farming operates under variable returns to scale (VRS). Furthermore, over one-third (35.38%) of pond fishery farmers are classified as fully technically efficient within the BCC model, underscoring that a significant portion already operates at optimal efficiency. To validate the robustness of these findings, advanced machine learning techniques, Principal Component Analysis (PCA) and t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE), have also been employed, confirming the consistency and reliability of the results. This suggests a pressing need for governmental intervention, particularly from the Department of Fisheries, to implement targeted measures aimed at enhancing productivity and boosting technical efficiency among pond fishery farmers.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia técnica
Sostenibilidad pesquerías
Análisis Envolvente de Datos
Análisis de Componentes Principales
t-SNE
Acuicultura en estanques
Norte de Bengala

RESUMEN

El norte de Bengala, una región del estado indio de Bengala Occidental, posee abundantes recursos hídricos y un sector creciente de piscicultura en estanques que desempeña un papel vital en los medios de vida rurales y en la seguridad alimentaria. A pesar de su potencial, las disparidades en el rendimiento productivo y la limitada adopción de prácticas científicas han generado preocupaciones sobre la eficiencia. En este estudio se evalúa la eficiencia técnica de las pesquerías en estanques en dos distritos del norte de Bengala, utilizando los modelos DEA de Charnes–Cooper–Rhodes (CCR) y Banker–Charnes–Cooper (BCC). Los resultados revelan que la eficiencia técnica promedio de los estanques analizados es del 74% según el modelo BCC, lo que indica un margen potencial de mejora del 27% si la piscicultura operara bajo rendimientos variables a escala (VRS). Además, más de un tercio (35,38%) de los acuicultores en estanques fueron clasificados como plenamente eficientes en términos

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09
Formato de cita / Citation: Chatterjee, T., Agarwalla, K., & Raha, S. (2026). Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA). Revista de Estudios Andaluces (51), 187-206. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09
Correspondencia autores: tonmoychatterjee.economics@gmail.com (Tonmoy Chatterjee)

técnicos dentro del modelo BCC, lo que resalta que una proporción significativa ya opera a un nivel óptimo. Para validar la solidez de estos hallazgos, también se han empleado técnicas avanzadas de aprendizaje automático, como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y la Integración Estocástica de Vecinos Distribuidos según t (t-SNE), confirmando la consistencia y fiabilidad de los resultados. Esto sugiere una necesidad urgente de intervención gubernamental, en particular por parte del Departamento de Pesca, para implementar medidas específicas orientadas a mejorar la productividad y aumentar la eficiencia técnica entre los acuicultores en estanques.

1. INTRODUCTION

A vital strategy for enhancing inland fish production to meet the rising domestic demand for fish in India is the widespread adoption of pisciculture. This approach not only supports the sustainable utilization of water resources but also holds promise for improving rural livelihoods and significantly boosting fish output. Recognizing the transformative potential of pisciculture as a driver of economic development, the Government of India initiated a beneficiary-oriented scheme during the 5th Five-Year Plan. This pilot initiative, known as the Fish Farmers Development Agency (FFDA), was designed to promote self-employment and provide financial, technical, and extension support to rural fish farmers (Bairagya, 2011). Since its inception, FFDA has evolved into a centrally sponsored flagship program, expanding its reach and impact across the country.

India's fisheries sector benefits from its vast and diverse aquatic resources, encompassing both inland and marine ecosystems that stretch from the Himalayan rivers to the coastal waters of the Indian Ocean. This ecological richness supports a thriving fisheries industry that includes both capture and culture fisheries (Aigner & Chu, 1968; Alam *et al*., 2005; Anand, 2013). The sector plays a crucial role in sustaining millions of livelihoods, particularly in rural areas, by contributing to food security, employment, and income generation. As population growth continues to drive up the demand for fish protein, the sustainable development of aquatic resources has become an urgent national priority (Anjani *et al*., 2005).

Fisheries in India are not only a source of nutrition but also a cornerstone of rural economies. More than 16 million individuals are directly engaged as fishers and farmers, with many more employed in ancillary industries such as processing, transportation, and marketing (Anon. Handbook of Fisheries, 2013–14, 2014–15, 2015–16, 2017–18). Over the years, the sector has transitioned from traditional subsistence practices to a more commercialized enterprise, aligning with government goals to double the incomes of those involved (Banerjee, 2018; Barman, 2014). Despite impressive growth in fish production—from 7.54 lakh tonnes in 1950–51 to 95.79 lakh tonnes in 2013–14—challenges persist, especially in maintaining a balance between marine and inland fisheries (Anon. Handbook of Fisheries, 2013–14, 2014–15, 2015–16, 2017–18).

Inland fisheries, in particular, have experienced a decline in their share of total national fish production. This trend is attributed to factors such as habitat degradation, overexploitation, and inefficient resource management. To counter these issues, the Indian government has launched several initiatives, including the Pradhan Mantri Matsya Sampada Yojana (PMMSY). This scheme aims to modernize the fisheries sector by upgrading infrastructure, encouraging sustainable practices, and enhancing value chains (Cooper & Brand, 2007; Department of Animal Husbandry, Dairying, & Fisheries, 2018–19). Ensuring the long-term sustainability of fisheries requires effective governance, which involves coordination between central and state authorities and active participation from local communities. This is especially critical in the context of climate change and increasing environmental pressures (Clark, 1973; Coelli *et al*., 1997; Nayak & Kumar, 2019; Das *et al*., 2021).

In North Bengal, the expansion of pisciculture has been relatively slow for decades. However, recent years have witnessed a notable surge in fish farming activities across the region, leading to a structural transformation of inland fisheries toward commercialization. This shift began in the 1980s, with privately

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

owned pond fisheries emerging as the dominant form of pisciculture. Today, pond-based fish farming is a rapidly growing enterprise in districts such as Uttar Dinajpur, Dakshin Dinajpur, Malda, Jalpaiguri, Coochbehar, and parts of Darjeeling (Agarwalla & Chatterjee, 2024). These areas are naturally endowed with extensive water bodies, making them well-suited for pisciculture development.

The increasing consumer preference for fresh fish in regional markets has further fueled the growth of pond fisheries. Nevertheless, merely expanding the number of fish ponds is insufficient to meet the escalating demand for fish. It is imperative to enhance the efficiency of fish production to maximize output. This can be achieved either by adopting advanced technologies that elevate the production possibility frontier or by optimizing the use of existing technologies to their full potential (Kumar *et al*., 2005; Katiha *et al*., 2005). The latter approach emphasizes improving resource use efficiency, which is crucial for achieving the highest possible yield and addressing future demand challenges (Mishra & Mishra, 2014; Chatterjee & Agarwalla, 2024).

1.1. Background of the study

Fisheries are a vital component of rural economies worldwide, offering food security, employment, and income to millions, especially in agrarian societies. In India, the fisheries sector is deeply embedded within the agricultural framework, with smallholder farmers forming its backbone. West Bengal stands out for its abundant water resources, positioning it as a key center for inland fisheries (Kundu, 2011). Despite this prominence, regions like North Bengal suffer from limited scholarly attention regarding the operational and efficiency dimensions of pond fisheries. Existing studies highlight that inefficiencies in fish production often stem from constraints such as small farm sizes, outdated practices, and inadequate access to extension services (Alam *et al*., 2005; Olaniyi, 2012; Sathiadhas *et al*., 2011). Addressing these gaps is essential for fostering sustainable growth and optimizing economic returns from small-scale aquaculture.

This research focuses on pond-fishery systems in North Bengal, India, but draws parallels with similar aquaculture models in Mediterranean regions like the Albufera lagoon in Valencia and the Doñana wetlands in Andalucía, Spain. These semi-intensive, family-run pond systems face comparable challenges, including inefficient input use, fragmented institutional support, and technical limitations (Pérez-Ruiz, 2021; De-los-Ríos-Mérida *et al*., 2017). In both Spanish regions, overdependence on organic fertilization and poor stocking strategies have undermined ecological balance and production efficiency, despite favorable natural conditions (Pérez-Ruiz, 2021). By juxtaposing Indian and Mediterranean experiences, this study underscores that inefficiencies in smallholder pond aquaculture are not region-specific but reflect broader systemic issues in resource-sensitive fisheries (Avnimelech, 2011).

To evaluate performance and identify areas for improvement, Data Envelopment Analysis (DEA hereafter) has emerged as a robust tool in fisheries research. Misra & Misra (2014) applied DEA to assess technical efficiency across fish farms and revealed significant disparities linked to farm size, ownership, and regional characteristics. These insights suggest that DEA could be effectively employed in North Bengal, where smallholders face persistent challenges such as overfishing, environmental stress, and market limitations (Roy, 2008). The present study aims to bridge the research gap by analyzing efficiency patterns in pond fisheries, thereby informing policy interventions for sustainable development.

Although North Bengal is primarily agricultural, its extensive land and water resources offer considerable scope for pisciculture expansion. The State Government has introduced training programs to promote scientific fish farming, yet overall production remains modest. Only select areas have adopted intensive practices with high efficiency, while others lag behind, indicating significant variation in yield and operational success across the region.

Two key factors could be contributing to the suboptimal growth in fish output: an inter-regional efficiency gap, where some regions excel while others lag, and an intra-regional efficiency gap, where variations in specialization and intensive practices exist within the same area. In this context, an essential area of study is to study the resource-use efficiency of fish farmers across different pisciculture zones. Such an analysis

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

would reveal the extent to which fish farmers have benefited from government schemes aimed at expanding pisciculture. This paper seeks to estimate pond-level technical efficiency (TE) concerning the use of inputs like land, labor, and other resources to maximize potential output. This assessment is crucial to determine whether fish farms are operating at their full productive capacity or if resources are being underutilized, as well as to identify inefficiencies and opportunities for improving individual farm performance.

It deserves to be mentioned that the adaptation of the DEA for the estimation of Technical Efficiency (TE) in the pisciculture sector of North Bengal is still unfolded in the existing literature. Hence, a rising need for conducting a DEA augmented study to investigate the TE in the above-mentioned context, and also to see whether the potential realization of efficiency gain is fundamentally region-specific or region-neutral.

This paper is organized in the following way. Section 2 revisits the existing literature, While Section 3 and 4 describes Data and methodology, and its outcomes respectively. Finally, concluding remarks along with policy prescription has been mentioned in Section 5.

2. LITERATURE REVIEW

India, endowed with extensive inland and marine water resources, engages in both capture and culture fisheries, benefiting from diverse ecosystems ranging from the Himalayas to the Indian Ocean (Aigner & Chu, 1968; Alam *et al*., 2005; Anand, 2013). This biodiversity sustains millions of livelihoods, and as population growth fuels rising need for fish protein, the requirement for sustainable aquatic resource management becomes increasingly urgent (Anjani *et al*., 2005; Das *et al*., 2019). Fisheries play a critical role in India's economy, contributing to nutrition, employment, and income for approximately 16 million fishers and farmers, with millions more involved along the value chain (Anon. Handbook of Fisheries, 2013–14, 2014–15, 2015–16, 2017–18). Over the decades, fish production has risen significantly, transforming the sector into a key contributor to foreign exchange earnings and solidifying India's position as a leading seafood exporter. In 2018–19 alone, marine exports reached 13,92,559 metric tonnes, valued at Rs. 46,589 crore (USD 6.73 billion), largely due to brackish water aquaculture (Anon. Handbook of Fisheries, 2013–14, 2014–15, 2015–16, 2017–18). To address sustainability challenges, initiatives like the Pradhan Mantri Matsya Sampada Yojana (PMMSY) focus on modernizing the sector, improving infrastructure, and encouraging sustainable fishing practices (Cooper & Brand, 2007; Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries, Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, Government of India, 2018–19). Governance of the fisheries sector, characterized by a cooperative federalism approach, involves both central and state governments, with states managing inland fisheries and the central government regulating marine fisheries within the Exclusive Economic Zone (Kirkley *et al*., 1999; Nobuyuki *et al*., 2008; Karthikeyan *et al*., 2019; Nayak & Kumar, 2019). Close collaboration between these entities, alongside active participation from local communities, is essential for ensuring sustainable and responsible fisheries management (Neogi *et al*., 2016).

The available literature on fisheries in North Bengal is quite limited, necessitating the inclusion of studies from broader West Bengal, India, and international sources to understand the region's fisheries sector better. A focused study on the pond fishery in North Bengal is needed to analyze its various operational aspects, such as the economic rationale for the rise of smallholder fish farmers and the effects on the local economy. An essential aspect of this inquiry would be evaluating efficiency, as it is critical to assessing the performance of production units like pond fisheries. Studies on efficiency help to identify the causes of inefficiency, however limited empirical research has been conducted on this topic in North Bengal. For instance, Roy (2008) examined fish fingerling markets in Dakshin Dinajpur, identifying challenges and emphasizing the need for environmental awareness and collective efforts for sustainable fish production and marketing. Saha (2016) highlighted the sustainability challenges in the coastal fisheries sector of West Bengal. Similar studies outside India, like Alam *et al*. (2005) in Bangladesh, showed how age, experience, and farm size influenced economic efficiency in fish farming. Misra & Misra (2014) further applied meta-frontier DEA to fish farms in West Bengal, revealing that farm size, ownership, and experience significantly impacted technical efficiency. Their findings suggested that targeted development strategies could improve overall efficiency in fish farming.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

Other studies contribute to this body of knowledge by highlighting efficiency in agriculture and fisheries management across regions. Kundu (2011) focused on the growth of inland fisheries in Dakshin Dinajpur, West Bengal, and suggested measures to address local challenges. Olaniyi (2012) studied fish production in Nigeria, finding that efficient use of labor and fingerlings increased productivity. Hossain *et al*. (2015) analyzed banana farming efficiency in Bangladesh, stressing the importance of education and modern cultivation techniques. Ekramuddin (2017) explored the socio-economic impact of small-scale fish farming in Birbhum, West Bengal, and Majumder (2017) investigated tea-growing efficiency in the region, showing how smallholders could improve their productivity. Similarly, Moges *et al*. (2018) analyzed teff farming efficiency in Ethiopia, finding potential for improvement through better resource use, while Singh & Devi (2020) emphasized the role of investments, education, and credit access in improving carp production efficiency in Manipur. These studies underline the critical importance of efficiency in fisheries and agriculture, making a compelling case for further research on pond fisheries in North Bengal to fill existing knowledge gaps and promote sustainable growth in the region.

While DEA has been extensively adopted to evaluate the technical efficiency of fish farms in other regions (e.g., Alam *et al*., 2005; Misra & Misra, 2014; Moges *et al*., 2018; Chatterjee & Agarwalla, 2024), its application in the context of North Bengal's pond fisheries is scarce. There is a gap in empirical studies that use DEA to analyze the efficiency of pond fisheries in this specific region. This limits the understanding of how efficiently resources like land, labor, and feed are utilized in these smallholder fisheries. Existing DEA studies, such as those by Misra & Misra (2014), focus on broader regional or national scales, but they do not provide insights into the unique socio-economic and ecological characteristics of North Bengal. There is a need for location-specific DEA models that account for the particular environmental and economic conditions of North Bengal's pond fisheries. This would help to develop tailored strategies for improving efficiency in the region.

In conclusion, these studies underscore the economic importance of fisheries, the key factors affecting production efficiency, and the pressing need for sustainable development strategies, particularly in regions such as North Bengal. The proposed research seeks to address existing gaps by investigating the operational dynamics and efficiency of pond fisheries, with the goal of providing valuable insights to guide policy-making and development efforts.

3. DATA AND METHODOLOGY

3.1. Data collection

The present study is based on the primary data composed through a field survey in the districts of Uttar Dinajpur and Dakshin Dinajpur in 2023. Next, two blocks, namely, Raiganj and Hemtabad are selected from Uttar Dinajpur while Balurghat and Gangarampur are selected from Dakshin Dinajpur.

In the next stage, two villages are selected from each of the four blocks chosen in the first stage. The villages, namely, Kantore and Goalpara are selected from Raignaj Block, and the villages, namely, Chainpara and Kothagaram are selected from Hemtabad Block. The villages Ajodhya and Kothagaram are selected from Balurghat block and the villages Kathalhat Hosenpur and Narayanpur are selected from Gangarampur block). The detailed scheme of data collection can be seen from the following figures 1 and 2.

As shown in figure 1 above, from the Raiganj block of Uttar Dinajpur, a total of fifteen samples are collected, a total of seven samples from Kantore village and another eight samples from Goalpara village. From the Hemtabad block of Uttar Dinajpur, a total of fifteen samples were collected of which seven samples were collected from Chainpara village and eight samples were selected from Kothagaram village. Thus, a total of thirty samples were collected from the district of Uttar Dinajpur.

It can also be observed from the above figure that from the Balurghat block of Dakshin Dinajpur, a total of fifteen samples are collected, out of the total, seven samples from Ajodhya village, and the remaining eight samples from Kothagaram village are collected. From the Gangarampur block of Dakshin Dinajpur, a total

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

of twenty samples were collected, out of which ten samples were collected from Kathalhat Hosenpur village, and the rest of the ten samples were selected from Narayanpur village. In this way, data were collected from a total of sixty-five pond-owner households residing in eight villages in the two districts under study. The data are collected using a pre-designed structured questionnaire.

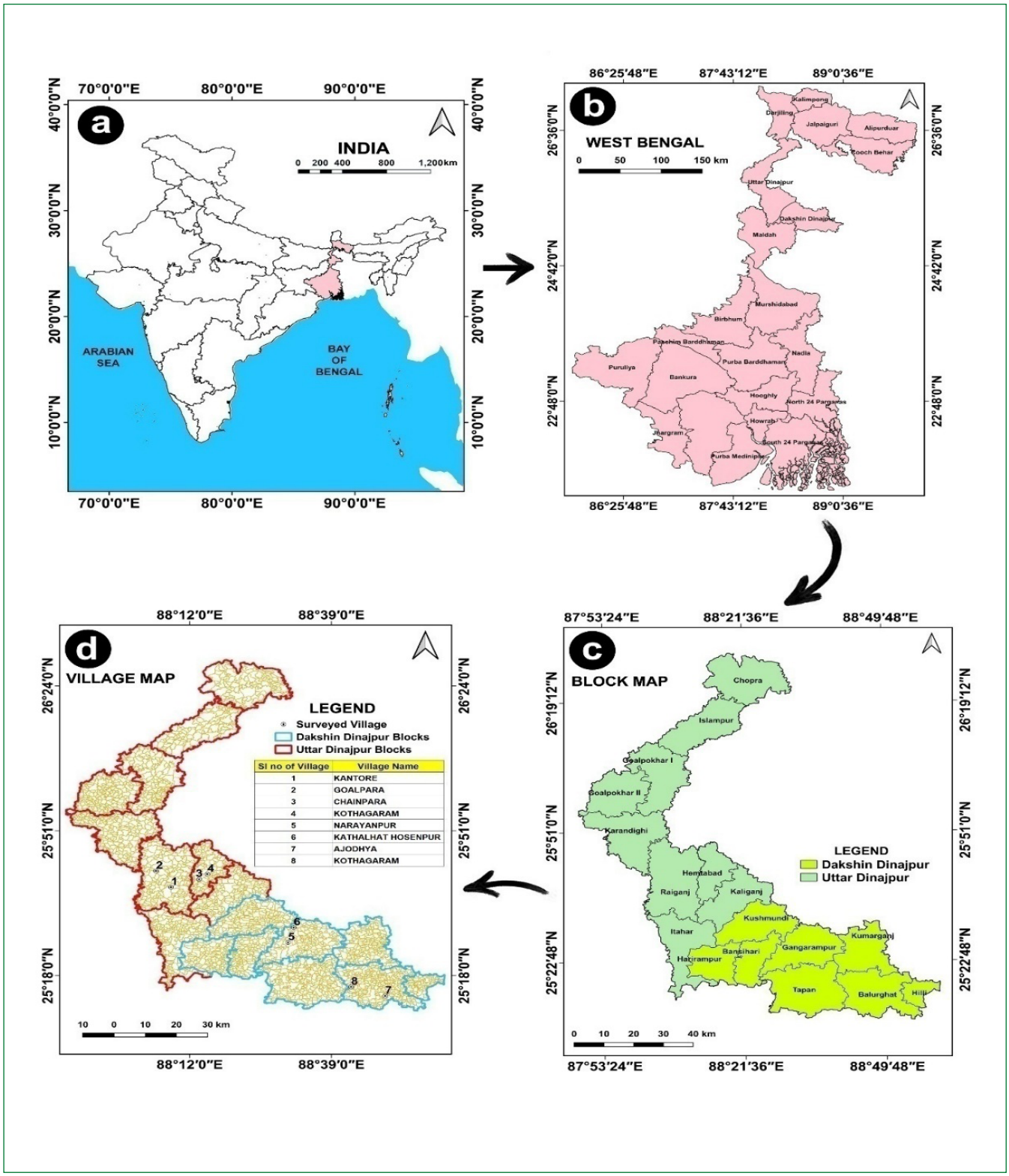


Figure 1. Illustration of Districts and Blocks selection a) India b) West Bengal c) Selection of C.D. blocks d) Selection of villages. Source: author's own elaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

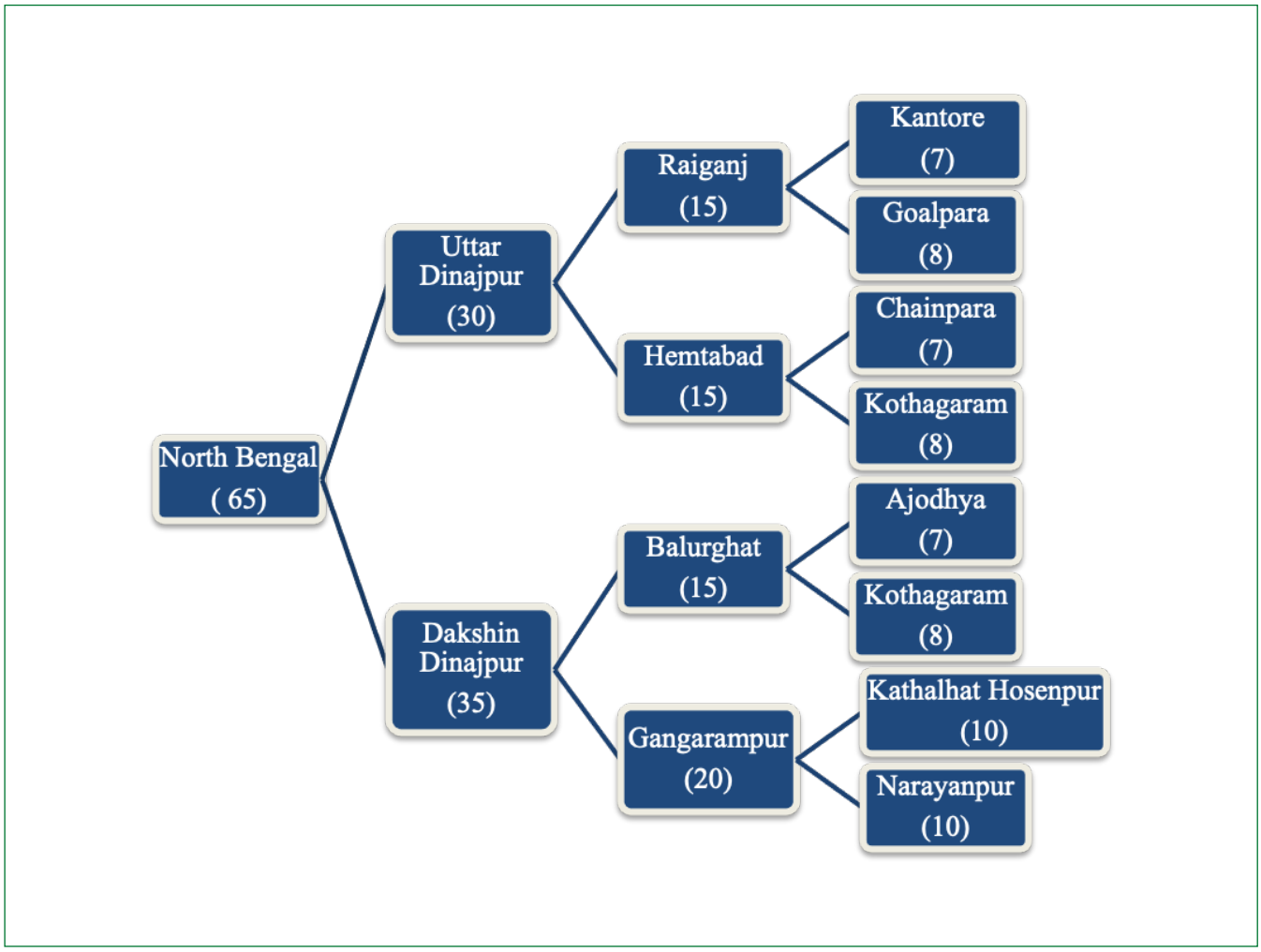


Figure 2. Schematic presentation of data collection. Source: author's own elaboration.

In the selection of districts, the following factors are prioritized:

1. Both districts encompass extensive water bodies, representing nearly half of North Bengal's total impounded water area.
2. Each district has a high density of tanks and ponds.
3. They share a unified agro-climatic zone due to similar soil types, climate conditions, and other environmental features. Their adjacency further facilitates a meaningful comparative analysis.

Fish farmers in these districts cultivate various species, sourced either from fish seeds or fingerlings purchased from the market. Production output is measured as the combined real value of all fish species, rather than individually, due to farmers' general reluctance or limitations in providing species-specific data on seed use or fish composition.

3.2. Analytical framework

This study employs the traditional framework of Data Envelopment Analysis (DEA), specifically using the CCR and BCC models. DEA calculates the production frontier for a group of decision-making units (DMUs) and assesses each unit's relative technical efficiency, differentiating efficient from inefficient DMUs. The

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

'best practice units,' or those that define the frontier, receive a score of one, while the technical inefficiency of other DMUs is determined by the Euclidean distance of their input-output ratio from this frontier (Charnes *et al*., 1978).

Technical Efficiency (TE) indicates a DMU's capability to maximize output given certain inputs and technology, or to achieve optimal reductions in input quantities with existing input prices and outputs (Farrell, 1957). A high TE score reflects effective resource use, yielding maximum output, whereas a low score implies that resource utilization could be optimized to increase output without additional resources. In this analysis, an input-oriented DEA model is deemed appropriate, as aquaculture farms generally have greater control over inputs than outputs (Sharma *et al*., 1999; Kumar *et al*., 2010). Notably, most previous studies have used an input-oriented DEA to assess the technical efficiency of aquaculture farms. Since input- and output-oriented measures yield identical TE scores, the interpretation remains consistent regardless of the chosen approach (Färe *et al*., 1994; Kumar *et al*., 2004).

The selection of inputs for the DEA model was guided by both theoretical considerations and practical constraints from field data collection. The four inputs, namely, fingerlings, land area, organic manure (cow dung), and labor, represent the most direct, commonly used, and consistently measurable production factors across all sampled pond fisheries. These inputs reflect essential operational components in smallholder aquaculture where formal record-keeping is limited (Agarwalla & Chatterjee, 2024). While variables like feed and veterinary costs are indeed important in commercial aquaculture, their exclusion was based on two key reasons: first, inconsistent reporting and lack of standardized measurement among fish farmers made the data unreliable; and second, many respondents either did not use commercial feed or veterinary services at all, relying instead on organic practices and household labor. Thus, including these variables would have introduced bias or measurement error (Chatterjee & Agarwalla, 2024; Agarwalla & Chatterjee, 2024). The chosen inputs, by contrast, are uniformly used and offer a reliable basis for technical efficiency analysis using DEA.

3.3. Model specification

Consider a scenario where n decision-making units (DMUs) or firms generate m distinct outputs using h various inputs. In this context, Y represents a ($m \times n$) matrix of outputs, while X is an $(h \times n)$ matrix of inputs. Both matrices collectively encapsulate data for all n firms. The input-oriented Data Envelopment Analysis (DEA) model, employed to determine technical efficiency (TE) under the assumption of constant returns to scale (CRS), can be structured as follows (Esmaeili & Omrani, 2007):

$$\begin{cases} Min\ \theta \\ \text{Subject to } y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{cases}$$

This model is applied to each decision-making unit (DMU) or firm within the sample. The term θ_i represents the technical efficiency index of firm i relative to the other firms in the sample, with values ranging from 0 to 1. Here, y_i and x_i denote the output and input vectors of firm i, respectively, while λ is an ($n \times 1$) vector of constants (or weights). The terms ($Y\lambda$) and ($X\lambda$) correspond to the efficient projections onto the frontier. It is to be noted that here a value of θ, that is, $\theta = 1$ signifies that the firm is fully technically efficient. Consequently, (1 - θ_i) quantifies the proportional reduction in inputs possible for firm without compromising output levels. However, the constant returns to scale (CRS) assumption holds only when firms operate at optimal scale (Coelli *et al*., 2002). If firms are not at optimal scale, using the CRS input-oriented DEA model could lead to technical efficiency (TE) measurements affected by scale efficiencies, thus resulting in inaccurate TE estimates. To address this, Banker *et al*. (1984) proposed the variable returns to scale (VRS) DEA model, which incorporates a convexity constraint into the original model, forming what is known as the BCC model, specified as follows:

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

$$\begin{cases} Min\ \theta \\ \text{Subject to}, y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ NI'\lambda = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{cases}$$

The newly introduced constraint $NI'\lambda = 1$ represents the variable returns to scale (VRS) condition, where NI is a $(n \times 1)$ vector consisting entirely of ones. This constraint facilitates the comparison of DMUs of similar scale by constructing a convex hull of intersecting planes, allowing for a more precise envelopment of the data. Technical efficiency measures are thereby refined. To estimate three efficiency measures, CRS Technical Efficiency, VRS Technical Efficiency, and Scale Efficiency, the DEAP software package version 2.1 (Coelli, 1997) is employed.

4. RESULTS

4.1. DEA results

We present below an analysis of DEA results by considering a single data set being consisted of the DMUs of both districts of Uttar Dinajpur and Dakshin Dinajpur. Table 1 illustrates the summary statistics of variables of our interest.

Table 1. Descriptive Statistics of Inputs and Output variables (Uttar Dinajpur + Dakshin Dinajpur).

Variables	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Variable Output (Y)	170.00	74000.00	10031.11	14205.52
Variable Input				
x_1	50.00	375.00	127.54	78.17
x_2	3.00	50.00	9.98	7.53
x_3	500.00	8000.00	2077.47	1171.18
x_4	1.00	7.00	2.94	1.14

Source: author's own derivation based on primary survey.

The descriptive statistics for TE scores for an inputs-oriented BCC-I model are presented below in table 2.

Table 2. Descriptive Statistics for TE Scores.

Statistics (%)	CRS Value (%)	VRS Value (%)	Scale (%)
Minimum TE	1.10	25.00	1.10
Maximum TE	100.00	100.00	100.00
Mean TE	30.39	73.75	37.73
Std. Deviation	37.53	23.42	41.77
Range	98.90	75.00	98.90

Source: author's own derivation based on primary survey.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

The analysis reveals a broad range in technical efficiency (TE) scores, with a minimum of 25 percent and a maximum of 100 per cent. The average TE of the decision-making units (DMUs) is estimated at approximately 74 per cent, reflecting a moderate level of efficiency across the sector. This mean TE score of 74 per cent suggests that, on average, fish farms could reduce input usage by about 27 per cent while maintaining the same level of output. This finding also implies a potential 27 per cent improvement in yield within the sector. In other words, inefficient fish farms could increase their yield by this margin to match the performance of "best practice" farms. The frequency distribution of TE scores is presented in table 3 and figure 3 below.

Table 3. Distribution of Efficiency Score of Fish Farms in North Bengal.

Efficiency Range (%)	Percentage of Fishing Farms		
	Technical Efficiency CRS	Technical Efficiency VRS	Scale Efficiency
Less than 20	58.47	0	58.47
20-40	7.79	9.23	1.54
40-70	4.72	20	3.08
70-80	15.38	27.79	10.77
80-100	4.72	7.79	17.92
"Best Practice farm" (TE/ SE=1)	9.23	35.38	9.23
Total	100	100	100

Source: author's own elaboration.

An analysis of table 3 reveals that approximately 35.38 per cent of fish farms in the sample operate with optimal efficiency, indicating that a significant portion of farms are performing below potential. This presents considerable opportunities to enhance the technical efficiency (TE) levels among fish producers. The table also shows that around 71 percent of decision-making units (DMUs) achieve efficiency scores between 70 and 100 per cent, demonstrating that the expansion of aquaculture in the study area has been largely motivated by substantial efficiency gains and the profit potential this emerging sector offers.

Further examination of table 3 highlights that best practices in aquaculture have not been widely adopted across the sample, resulting in notable variations in TE scores. Discussions with the sample farmers indicated that many were not following recommended schedules for fish farming practices, with a significant number unaware of specific scientific methods. Therefore, to address technical inefficiency in North Bengal's fish farming sector, it is crucial to implement optimal farming practices and effective input management based on the methods of the most efficient farms.

A DMU is considered scale efficient when its operational size is optimal, as any changes in scale would reduce its efficiency. Scale efficiency is determined by dividing overall efficiency by pure technical efficiency. In this study, nine percent of the fish farms are identified as scale-efficient, with a scale efficiency score of one, indicating no further room for improvement in scale efficiency. Seventeen percent of DMUs are close to achieving efficient operation, with efficiency scores of 80 per cent or higher, suggesting they have the potential to reach top efficiency levels. However, 62 per cent of DMUs exhibit scale efficiency below 60 per cent, and 59 per cent operate with scale efficiency under 20 per cent, signaling significant room for improvement.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

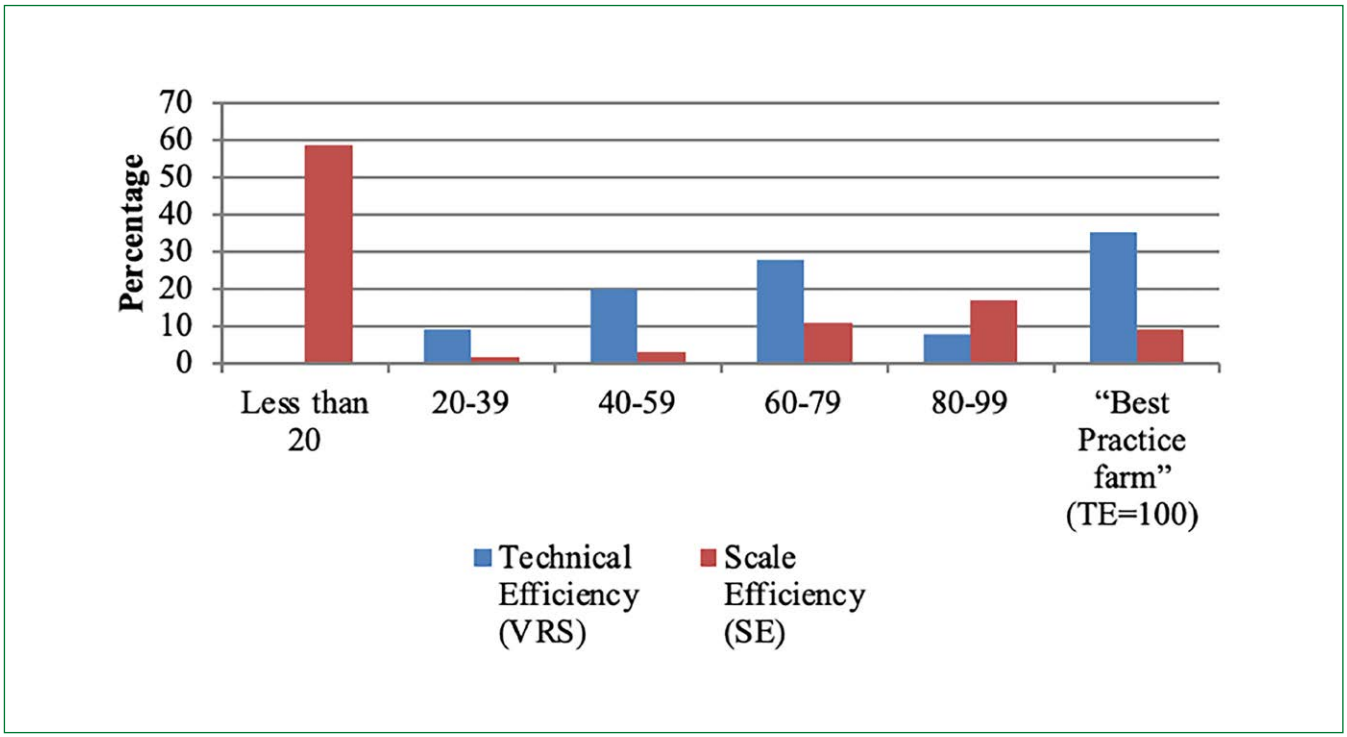


Figure 3. Technical Efficiency (VRS) & Scale Efficiency (SE). Source: drawn by author(s) based primary survey.

4.2. Source of technical inefficiency

The DEA mechanism provides us crucial information on how inefficient DMUs can be made efficient by diminishing inputs and/or rising outputs. The table 4 provides figures on such input excesses and output shortfalls.

Table 4. Input Excesses and Output Shortfalls of Dinajpur.

DMUs	Inputs				Output Surplus/ Deficit (%)
	Fingerling Surplus/ Deficit (%)	Land Area Surplus/ Deficit (%)	Cow-dung Surplus/ Deficit (%)	Labour Surplus/ Deficit (%)	
1	53.21	47.59	35.54	57.73	0.00
2	47.34	48.23	72.87	70.00	0.00
3	37.79	37.79	47.37	37.70	0.00
4	30.04	30.04	41.89	55.00	0.00
5	21.37	21.37	21.37	34.05	0.00
7	78.94	37.20	37.20	49.17	0.00
7	0.00	35.79	71.32	75.70	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	17.77	79.38	0.00	-242.72
10	0.00	70.00	59.58	48.35	0.00

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

DMUs	Inputs				Output Surplus/ Deficit (%)
	Fingerling Surplus/ Deficit (%)	Land Area Surplus/ Deficit (%)	Cow-dung Surplus/ Deficit (%)	Labour Surplus/ Deficit (%)	
11	52.41	22.75	22.75	42.82	0.00
12	9.09	9.09	12.30	24.53	0.00
13	57.87	37.39	37.39	37.40	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	27.57	17.43	20.73	17.45	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	77.77	77.89	77.77	77.75	0.00
18	33.33	70.00	17.77	50.00	-1090.48
19	50.00	28.58	28.57	38.10	-1199.89
20	77.77	53.77	53.78	75.70	0.00
21	49.21	39.78	50.84	75.70	0.00
22	0.00	58.49	59.25	47.18	0.00
23	50.00	75.87	75.87	75.87	0.00
24	77.05	49.78	70.45	74.08	0.00
25	77.77	71.13	73.23	77.75	-12.97
27	0.00	29.17	11.50	0.00	-279.41
27	75.00	75.00	87.33	77.10	0.00
28	75.79	72.14	70.23	74.73	0.00
29	77.74	54.77	49.72	49.70	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	50.00	70.00	17.77	50.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	47.22	33.50	-448.15
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	74.17	37.34	37.35	49.43	0.00
37	20.78	53.01	20.78	20.70	0.00
37	48.44	74.37	48.44	58.37	0.00
38	30.79	53.75	34.98	30.80	0.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	52.99	57.78	40.15	40.15	0.00
41	42.40	19.27	19.27	19.25	0.00

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

DMUs	Inputs				Output Surplus/ Deficit (%)
	Fingerling Surplus/ Deficit (%)	Land Area Surplus/ Deficit (%)	Cow-dung Surplus/ Deficit (%)	Labour Surplus/ Deficit (%)	
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	70.54	71.93	49.77	49.75	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	25.25	-77.97
47	0.00	29.17	79.27	0.00	-330.00
47	33.33	50.00	0.00	33.33	-1438.47
48	0.00	0.00	47.92	50.00	-218.75
49	77.41	49.80	78.27	49.80	0.00
50	50.00	79.25	73.80	75.83	0.00
51	77.78	48.70	47.92	73.70	0.00
52	49.95	59.78	85.01	49.95	0.00
53	77.78	77.19	77.19	77.20	0.00
54	0.00	55.71	70.22	47.00	0.00
55	33.33	75.80	80.98	33.50	0.00
57	50.00	39.13	39.13	75.43	0.00
57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	33.33	33.33	77.14	33.50	0.00
60	77.40	49.80	73.48	49.80	0.00
61	77.24	77.24	72.72	77.23	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	73.77	54.77	50.00	50.00	0.00
64	33.33	70.72	33.33	33.50	-297.03
65	28.55	28.55	28.55	53.53	0.00

Source: author's own elaboration.

In table 4, there is a total of sixty-five DMUs and among them twelve (i.e., nineteen percent of the total DMUs) are referred to as efficient DMUs, as they lie on the efficient frontier line with zero input excesses and zero output shortfall, and the rest eighty-one percent need to bring close to this efficient frontier line through decreasing inputs and/or increasing outputs. Consider, for example, DMU numbered 45 in the above table. For it, output could be increased by 78 per cent without altering the level of inputs. On the contrary, the input of labour could be reduced by 25 per cent without changing the level of output. Notice that, unlike the input of labour, there is neither any deficit nor any surplus in the utilization of the other three inputs, namely, fingerling, land area, and organic manure. This indicates that there is an optimal utilization of this input by the concerned DMU.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

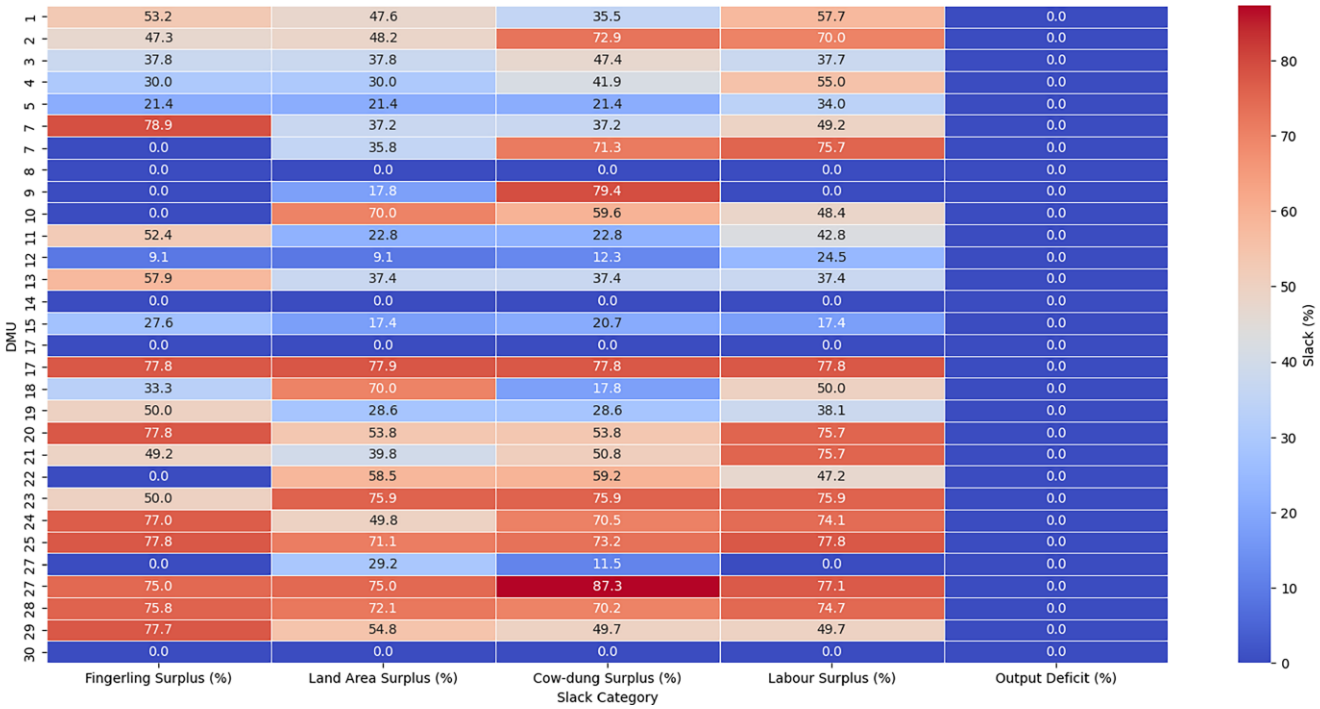


Figure 4. Slack Analysis Heatmap for Uttar Dinajpur District. Source: author's own elaboration.

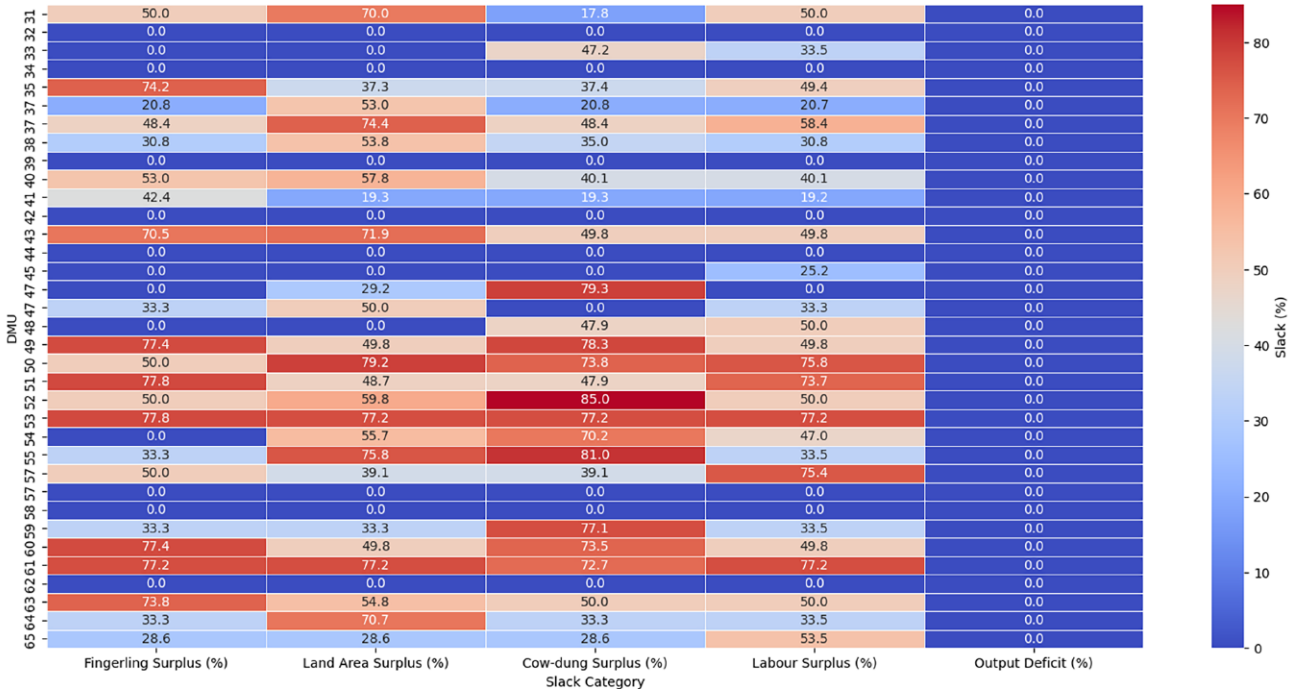


Figure 5. Slack Analysis Heatmap for Dakhsin Dinajpur District. Source: author's own elaboration.

Figures 4 and 5 present heatmaps illustrating the slack values for each decision-making unit (DMU) across the four input categories, namely, fingerlings, land area, cow dung, and labor, as well as the output slack for the districts of Uttar Dinajpur and Dakshin Dinajpur, respectively. These heatmaps help visually identify areas where inefficiencies are concentrated by showing the magnitude of excess input use and shortfall in

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

output across DMUs. In Uttar Dinajpur (figure 4), noticeable inefficiencies are observed particularly in the use of cow dung and fingerlings, with several DMUs displaying slack values exceeding 70 per cent, indicating considerable scope for input optimization. Conversely, Dakshin Dinajpur (figure 5) exhibits a more dispersed pattern of inefficiency, with multiple DMUs showing both moderate and high levels of slack across all input categories. The spatial variation of slack across both districts suggests the presence of intra-regional differences in resource-use efficiency, highlighting the need for targeted technical interventions tailored to local input use patterns.

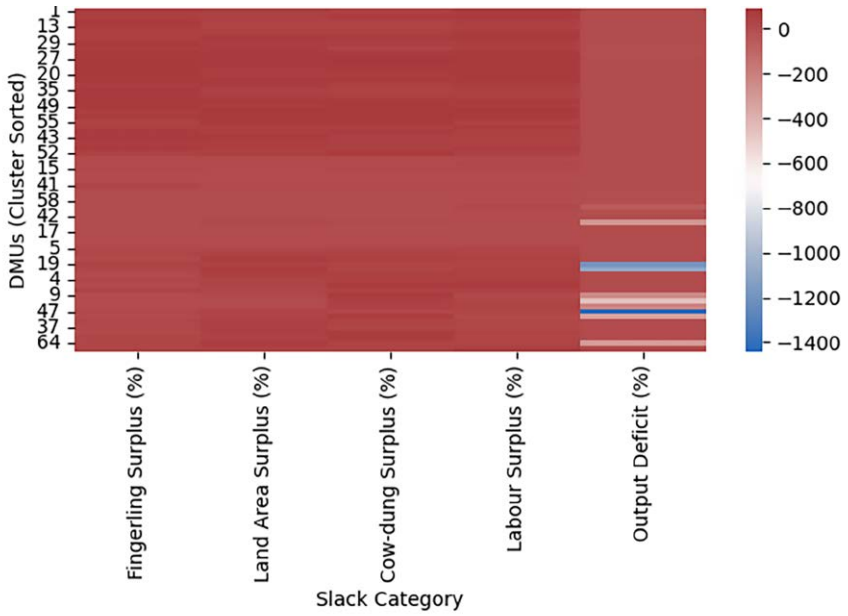


Figure 6. DMU Slack Patterns Clustered. Source: author's own elaboration.

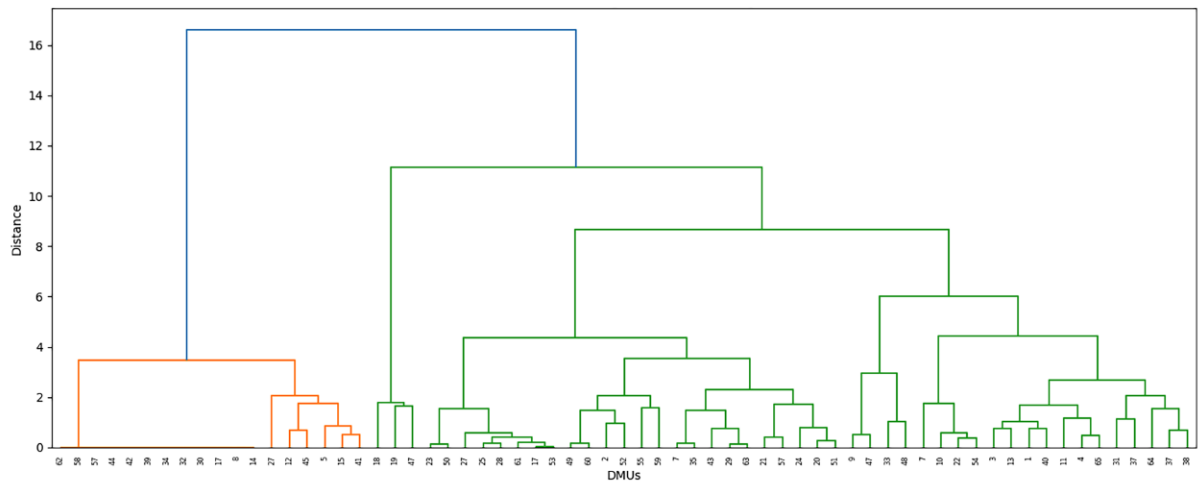


Figure 7. Hierarchical Clustering of DMUs. Source: author's own elaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

Figures 6 and 7 explore the grouping of DMUs based on their slack characteristics using clustering techniques. Figure 6 presents a cluster heatmap derived from K-Means clustering, showing how DMUs with similar slack profiles are grouped into distinct clusters. This analysis reveals that certain DMUs systematically underperform due to overuse of specific inputs like organic manure or labor, while others demonstrate near-optimal efficiency. Figure 7 complements this with a hierarchical clustering dendrogram, which provides a tree-like visual of the similarity structure among DMUs. It identifies clusters not only by input inefficiency but also by the degree of deviation from best practices. The hierarchical arrangement shows nested relationships and distances between clusters, revealing which DMUs are closer in performance and which are outliers. Together, these figures help in classifying fish farms into meaningful categories, such as high-potential improvers or consistently efficient operators, and can inform location-specific policy measures or training programs.

Here, table 5 shows the potential average saving of inputs along with the potential average improvement in output.

Table 5. Output Slack and Inputs Slack of Combined Dataset.

Variables	Mean of Combined Dataset
Output slack	542.102
Input Slack	
x_1	12.587
x_2	1.187
x_3	291.722
x_4	0.4

Source: author's own elaboration.

In the above table, the output slack refers to a shortfall of production of output relative to the efficient level and input slack means the excess use of an input relative to the best practice level. The output slack figure in the above table indicates that the average increase in output required for a DMU to become efficient is to the tune of nearly five hundred and fifty percent given the input levels. The inefficient DMUs can also be made efficient through reductions in the usage of inputs while keeping the output level constant. For example, fish fingerling could be reduced by twelve percent to produce the given output level. This input reduction level could be said to be of moderate magnitude. It can be noticed next that there is almost an efficient utilization of input x2 which represents the land area. This seems to indicate the land size neutrality of pond fish farming. However, there seems to be excessive utilization of organic fertilizer (i.e. cow dung) which could be reduced by nearly three hundred percent. Finally, the average reduction in labour input is almost insignificant being less than one percent.

4.3. Robustness checks

Figures 8 and 9 provide a dimensionality-reduced visualization of DMU clustering using two advanced machine learning techniques: Principal Component Analysis (PCA) and t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE), respectively. Figure 8 employs PCA to reduce the multidimensional slack data into two principal components, enabling a clear 2D visualization of the relative positioning of DMUs in terms of their inefficiency profiles. Clusters here are more linearly separable, and DMUs within the same cluster demonstrate similar slack magnitudes and structures. Figure 9, using t-SNE, captures more complex, non-linear relationships in the data and reveals more nuanced local clustering patterns. The tighter and more

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

irregular groupings visible in this figure highlight DMUs with shared inefficiency traits, even if they are less distinguishable through linear methods. These visualizations strengthen the analytical framework by reinforcing the consistency of DMU classification across both linear and non-linear lustering strategies and further validate the robustness of the DEA-based efficiency segmentation.

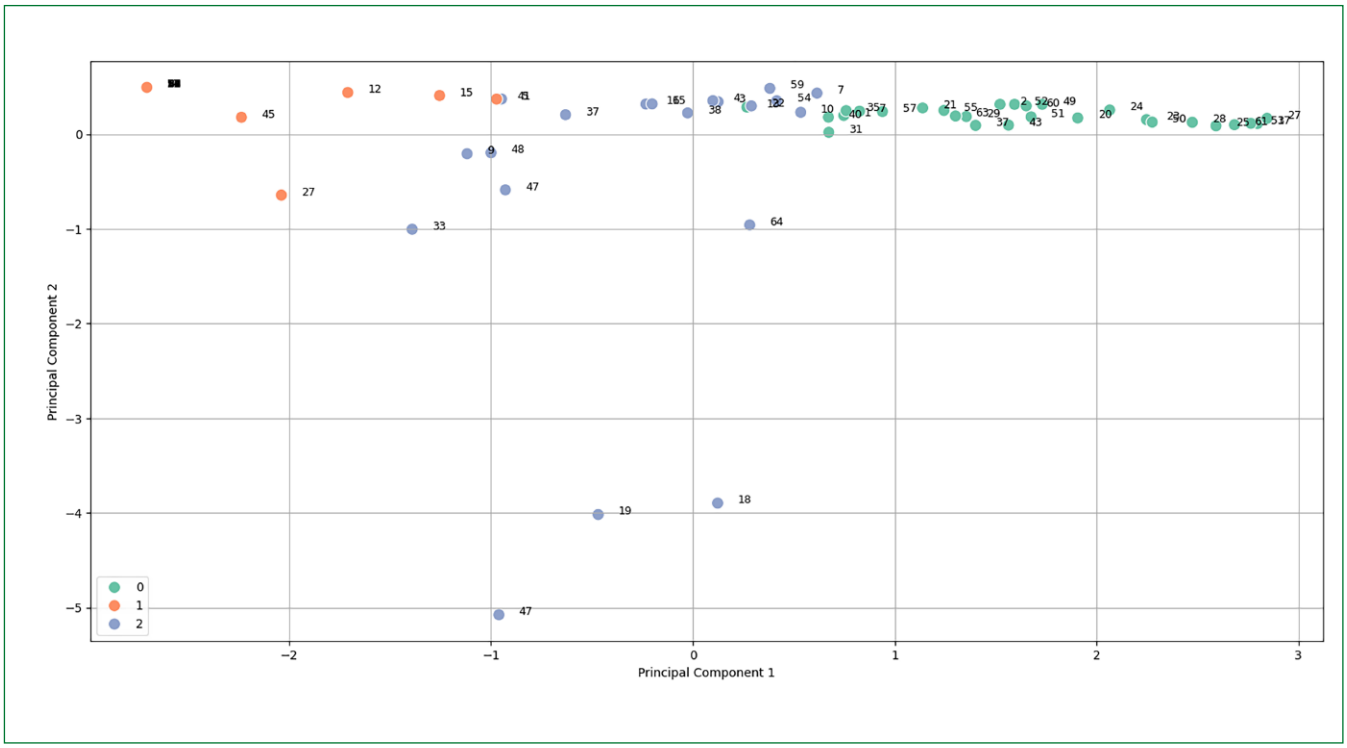


Figure 8. DMU Clustering using Principal Component Analysis. Source: author's own elaboration.

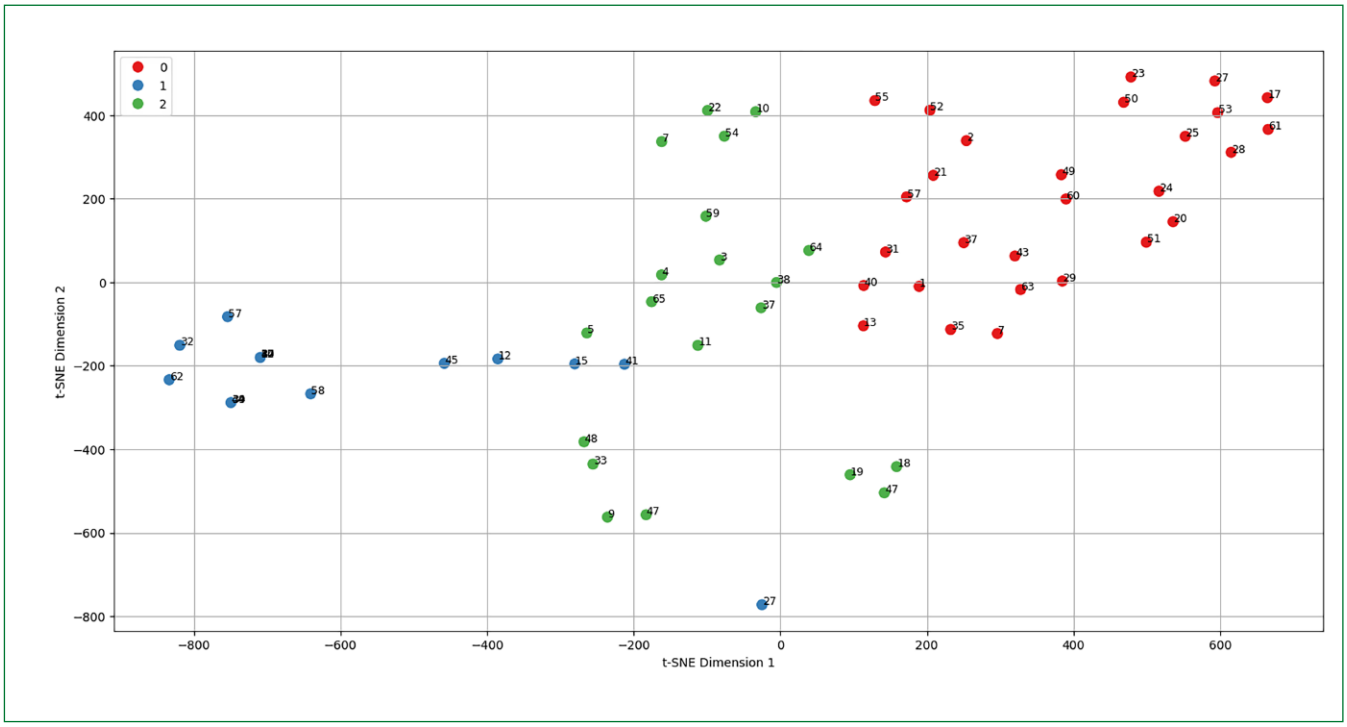


Figure 9. DMU clustering by t-distributed Stochastic Neighbor Embedding. Source: author's own elaboration.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

5.1. Summary of findings and discussions

The study highlights that North Bengal, while endowed with rich natural water resources and a substantial base of traditional expertise in aquaculture, has yet to fully realize its potential in pond-based fish farming (Agarwalla & Chatterjee, 2024). Despite the physical and human capital present, aquaculture growth in the region has been hindered by suboptimal productivity and inefficient input use. This discrepancy between actual and potential output reflects both technical gaps and systemic challenges—ranging from lack of scientific training and poor-quality fingerlings to the underutilization of water resources and limited access to institutional support (Chatterjee & Agarwalla, 2024). The evidence suggests that the performance gap is not due to ecological limitations, but rather rooted in the inefficient management of available resources and the absence of coordinated policy action.

The DEA results point to an average technical efficiency of 74% under the BCC model, indicating a potential for 27% improvement in input usage while maintaining current output levels. Over one-third (35.38%) of the fish farms were identified as fully technically efficient, which shows that efficiency gains are possible even within existing environmental and economic constraints. This reinforces the idea that targeted improvements in management practices could significantly raise overall sector productivity. These findings resonate with global trends in semi-intensive aquaculture, especially in Mediterranean contexts. For example, in the Albufera region of Spain, Pérez-Ruiz *et al*. (2021) identified similar inefficiencies due to outdated fertilization methods and suboptimal stocking, despite the presence of suitable ecological conditions. Likewise, De-los-Ríos-Mérida *et al*. (2017) noted that aquaculture systems in Fuente de Piedra suffered from overuse of nutrients and fragmented institutional oversight, which mirrors the issues found in North Bengal's pond systems.

Such cross-regional parallels reinforce the argument that technical inefficiencies in pond culture are not geographically isolated but part of a broader structural pattern in smallholder aquaculture, often tied to dependency on organic inputs, poor integration with extension services, and risk-averse behavior among farmers. Thus, the insights generated from North Bengal are not only locally actionable but also globally relevant. As Sicuro (2024) and Avnimelech (2011) suggest, transitions to sustainable and efficient aquaculture require integrated strategies that combine technical training, input regulation, insurance mechanisms, and capacity-building among producers.

5.2. Policy caveats and recommendations

The implications for policy are immediate and substantial. First, government agencies, particularly the Department of Fisheries, must prioritize region-specific extension services that translate "best practices" from fully efficient farms to those lagging behind. Demonstration farms could serve as knowledge hubs, offering peer-based training and mentorship. Second, input markets, especially those for fingerlings and organic fertilizers, must be regulated to ensure quality and optimize usage. Third, creating insurance mechanisms tailored for small aquaculture units could reduce farmers' risk aversion and encourage innovation and investment in improved techniques. In addition, collaborative public-private partnerships should be explored to facilitate access to affordable technology and capital.

5.3. Study limitations

This study is limited to pond aquaculture systems and does not account for other forms such as cage culture, flow-through systems, or integrated farming. The geographic focus on two districts, namely, Uttar and Dakshin Dinajpur, further narrows the generalizability of the findings to the broader aquaculture

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

landscape of West Bengal or India. Moreover, while DEA captures technical inefficiency, it does not account for allocative or cost efficiency, which are equally important for commercial viability. Future studies could integrate socio-economic dimensions, cost structures, and longitudinal data to capture dynamic changes in efficiency and productivity.

Acknowledgement

The author(s) express sincere gratitude to Prof. Enrico Ivaldi for his constructive feedback on an earlier draft of this manuscript. We also acknowledge the valuable comments provided by the editor and anonymous reviewers, which have significantly contributed to enhancing the analytical depth of the study. The usual disclaimer applies.

Responsibilities and conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the research, authorship, or publication of this article. Author 1 and Author 2 contributed to the conceptualization of the study, literature review, data curation, empirical analysis, and manuscript preparation, while Author 3 was responsible for preparing and analyzing the maps and supporting the interpretation of spatial patterns. All authors reviewed and approved the final manuscript and take full responsibility for its content.

REFERENCES

Agarwalla, K., & Chatterjee, T. (2024). Technical Efficiency, Small Pond Fishery and Sustainability: Evidence from a Stochastic Frontier Regression Approach with Reference to West Bengal, India. In R.C. Das (Ed.), *Sustainable Agricultural Practices: Economic and Environmental Implications* (pp. 223-236). Emerald Publishing Limited, Leeds. https://doi.org/10.1108/978-1-83608-336-820241015

Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *American Economic Review*, *58*(4), 826–839. https://www.jstor.org/stable/1815535

Alam, M. A., Rahman, K. M. M., & Quddus, M. A. (2005). Measurement of economic efficiency of production fish in Bangladesh with translog stochastic cost frontier. *Bangladesh Journal of Agricultural Economics*, *28*(1–2), 1–16. https://ideas.repec.org/a/ags/bdbjaf/200219.html

Anand, P. S. S. (2013). *Sustainability of aquaculture in India*. Central Marine Fisheries Research Institute Newsletter.

Anjani, K., Katiha, P. K., & Kumar, P. (2005). Technical efficiency in freshwater aquaculture in Uttar Pradesh. *The Indian Journal of Economics*, *86*(341), 185–187.

Anon. (2013–2018). *Handbook of Fisheries Statistics* (various years). Government of India, Department of Fisheries. https://dof.gov.in/statistics/handbook-fisheries-statistics

Avnimelech, Y. (2011). Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science*, *139*(1–2), 58–68. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.017

Banerjee, R. (2018). Sustainable livelihood through aquaculture in India. *Journal of Rural Development*, *37*(4), 723–739.

Barman, B. K. (2014). Institutional support to aquaculture in India. *Journal of Aquaculture*, *22*(2), 34–42.

Bairagya, R. (2011). Sustainable use of water resources in the form of pisciculture to generate income in West Bengal: A study report. *Journal of Economics and Sustainable Development*, *2*(6), 101–108.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, *30*(9), 1078–1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

Chatterjee, T., & Agarwalla, K. (2024). Fisheries production, growth and good governance: A panel data analysis with reference to India. In R. Das (Ed.), *Good Governance and Economic Growth: Complimentary or Problematic?* Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003530688

Clark, C. W. (1973). *The economics of overexploitation*. Science, *181*(4100), 630–634. https://doi.org/10.1126/science.181.4100.630

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (2nd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/b136381

Coelli, T. J. (1997). *A guide to DEAP Version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program*. CEPA Working Paper No. 96/08. University of New England.

Cooper, M., & Brand, D. (2007). Non-salmonids in a salmonid fishway: What do 50 years of data tell us about past and future fish passage? *Fisheries Management and Ecology*, *14*(5), 319–332. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00557.x

Das, R. C., Ray, K., Das, U., & Ghosh, B. C. (2019). Convergence Anatomization of Aquaculture Production in Leading Fish-Producing Countries During the Period of 1997-2013. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD), 10*(1), 1-15. https://doi.org/10.4018/IJSESD.2019010101

Das, R. C., Chatterjee, T., & Ivaldi, E. (2021). Sustainability of Urbanization, Non-Agricultural Output and Air Pollution in the World's Top 20 Polluting Countries. *Data*, *6*(6), 65. https://doi.org/10.3390/data6060065

De-los-Ríos-Mérida, J., Reul, A., Muñoz, M., Arijo, S., TapiaPaniagua, S., RendónMartos, M., & Guerrero, F. (2017). How efficient are seminatural ponds in assimilating wastewater effluents? Application to Fuente de Piedra Ramsar, Mediterranean salt lake (South of Spain). *Water*, *9*(8), 600. https://doi.org/10.3390/w9080600

Färe, R & Grosskopf, S (1994). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis: A comment. *European Journal of Operational Research*, *79*(2), 379-382.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, *120*(3), 253–281. https://doi.org/10.2307/2343100

Katiha, P. K., Jena, J. K., Pillai, N. G. K., Chakraborty, C., Dey, M. M., & Ravichandran, P. (2005). Inland aquaculture in India: Past trend, present status and future prospects. *Aquaculture Economics & Management*, *9*(1–2), 237–264. https://doi.org/10.1080/13657300590961588

Kirkley, J., Squires, D., & Strand, I. (1999). Assessing technical efficiency and capacity in fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *56*(11), 2089–2097. https://doi.org/10.1139/f99-174

Kumar, A., Dey, M. M., & Paraguas, F. J. (2005). Technical efficiency of freshwater aquaculture and its determinants in Tripura, India. *Indian Journal of Agricultural Economics*, *60*(3), 328–340.

Mishra, J., & Mishra, S. (2014). Technical efficiency of fish farms in West Bengal: Nature, extent and implications. *Agricultural Economics Research Review*, *27*(2), 221–232. https://doi.org/10.22004/ag.econ.211183

Nayak, C., & Kumar, C. N. (2019). Crop diversification in Odisha: An analysis based on panel data. *Agricultural Economics Research Review*, *32*(1), 67–80. https://doi.org/10.5958/0974-0279.2019.00009.3

Pérez-Ruiz, C. (2021). Technical efficiency of seminatural ponds in Mediterranean regions—The case of Albufera and Doñana wetlands. *Water*, *9*(8), 600. https://doi.org/10.3390/w9080600

Roy, T. N. (2008). Analysis of Marketing of Fish Fingerlings and Environmental Awareness Level of Fishermen in Dakshin Dinajpur District of West Bengal. *Agricultural Economics Research Review,* 21 (Conference Number), 425-432. https://ageconsearch.umn.edu/record/47893/files/14-TN-Roy.pdf

Sathiadhas, R., Narayanakumar, R., & Aswathy, N. (2011). Efficiency of domestic marine fish marketing in India: A macro analysis. *Indian Journal of Fisheries*, *58*(4), 125–131. https://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJF/article/view/13790

Sharma, K. R., Leung, P., & Zaleski, H. M. (1999). Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: A comparison of parametric and nonparametric approaches. *Agricultural Economics*, *20*(1), 23–35. https://doi.org/10.1016/S0169-5150(98)00043-7

Sicuro, B. (2024). The evolution of aquaculture in the Mediterranean region: An anthropogenic climax stage? *PLOS ONE, 19*(8), e0290870. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290870

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Patrimonio en disputa: políticas de preservación y valorización urbana contemporánea en Ciudad Jardín Lomas del Palomar, provincia de Buenos Aires, Argentina

Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina

Bárbara Teresa Romano
bromano@untref.edu.ar 0000-0002-2393-6106
CONICET. Universidad Nacional de Tres de Febrero. Viamonte 525, 3er. Piso, C1053, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

INFO ARTÍCULO

Recibido: 25-07-2025
Revisado: 30-10-2025
Aceptado: 18-11-2025

PALABRAS CLAVE

Patrimonio histórico arquitectónico
Política de Centro Comercial a Cielo Abierto
Ciudad Jardín
Identidad barrial

RESUMEN

El artículo analiza las transformaciones recientes en Ciudad Jardín Lomas del Palomar, municipio de Tres de Febrero, a partir de su declaración como Área de Protección Urbana. Se examinan las tensiones entre las políticas de preservación del patrimonio y la implementación de los Centros Comerciales a Cielo Abierto, impulsados como estrategias de dinamización económica local. El trabajo se apoya en aportes teóricos sobre urbanismo proempresarial, consumo e identidad barrial, para interpretar cómo estas políticas, aunque promueven la preservación, también pueden actuar como mecanismos de valorización inmobiliaria. Se concluye que el patrimonio, lejos de ser una categoría neutral, está en disputa, y su mercantilización tensiona los objetivos de sostenibilidad, preservación y calidad de vida local.

KEYWORDS

Architectural historical heritage
Open-Air Shopping Center Policy
Garden City
Neighborhood identity

ABSTRACT

This article analyzes the recent transformations in Ciudad Jardín Lomas del Palomar, in the municipality of Tres de Febrero, following its declaration as an Urban Protection Area. It examines the tensions between heritage preservation policies and the implementation of open-air shopping centers, promoted as strategies for local economic revitalization. The article draws on theoretical insights into pro-business urban planning, consumption, and neighborhood identity to interpret how these policies, while promoting preservation, can also act as mechanisms for real estate valuation. It concludes that heritage, far from being a neutral category, is contested, and its commodification strains the goals of sustainability, preservation, and local quality of life.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10
Formato de cita / Citation: Romano, B.T. (2026). Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina. Revista de Estudios Andaluces (51), 207-223. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10
Correspondencia autora: bromano@untref.edu.ar (Bárbara Teresa Romano)

1. INTRODUCCIÓN

Desde fines del siglo XX, las ciudades que integran los partidos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA)[1] atraviesan procesos de revalorización urbana que se expresan en la competencia intermunicipal por atraer inversiones y captar flujos de capital. En este contexto, se implementan políticas urbanas orientadas a mejorar la imagen de las ciudades, reconfigurando tanto sus funciones como sus estructuras espaciales. Esta tendencia, está alineada con un modelo de desarrollo urbano selectivo, que promueve la inclusión de ciertos territorios al circuito de valorización capitalista mientras desplaza o desatiende a otros (Ciccolella, 1999; Álvarez & Iulita, 2013; Di Virgilio & Guevara, 2014; Goicoechea & Abba, 2020, Galgano & Zapata, 2024; Arqueros Mejica *et al*., 2024).

En este sentido, Harvey (2007) argumenta que los gobiernos de las ciudades, bajo la lógica del urbanismo proempresarial; actúan como agentes promotores del crecimiento económico mediante la atracción de inversiones, la generación de ventajas competitivas territoriales y la alianza con actores privados. Este urbanismo proempresarial, también estudiado por Theodore *et al*., (2009), López-Morales (2012), se manifiesta a través de políticas que valorizan el entorno construido mediante la renovación de espacios públicos, la promoción del consumo y el turismo, la flexibilización de las regulaciones del uso del suelo y la implementación de dispositivos normativos que favorecen el desarrollo inmobiliario. Desde esta perspectiva, el espacio urbano se convierte en un activo a explotar económicamente, y su planificación se subordina a las lógicas del mercado. Este tipo de políticas, son acompañadas por una narrativa que combina discursos de "modernización", "seguridad" o "puesta en valor del patrimonio", que funcionan como legitimadores del avance del capital sobre territorios hasta entonces protegidos o de uso público.

En este trabajo, interesa analizar a la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, que se ubica en el municipio de Tres de Febrero; en el corredor noroeste de la Región Metropolitana de Buenos Aires[2]. Esta ciudad, inaugurada en el año 1944, ha sido clasificada como Área de Protección Urbana (APU) en el año 2018, en consonancia con la sanción del nuevo Código de Ordenamiento Urbano del municipio. Las Áreas de Protección Urbana se las define como el resultado de la combinación de estrategias de preservación, conservación, valorización y recuperación del patrimonio tangible e intangible, con el objetivo de otorgar valor a valor a los elementos naturales y culturales que forman parte de la memoria colectiva3.

El objetivo de la investigación consiste en presentar una caracterización del proceso de creación de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar y su valorización como Área de Protección Urbana, en consonancia con la aplicación de la política de los Centros Comerciales a Cielo Abierto. Para concretar este objetivo, el artículo avanza primeramente en una caracterización de la suburbanización de Buenos Aires, en el contexto del modelo Industrial Sustitutivo de Importaciones, como representación del ámbito en el cual aparece y se desarrolla el modelo de la Ciudad Jardín en Buenos Aires; particularmente en la localidad de las Lomas del Palomar. Después, y sobre la base de la argumentación anterior, se identifican las tesis que llevaron a que los vecinos se organicen para promover la preservación de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar y las tensiones derivadas de la aplicación de la política de los Centros Comerciales a Cielo Abierto.

En términos de su aporte a la literatura científica, este trabajo busca contribuir a la comprensión de las tensiones contemporáneas entre las políticas de preservación patrimonial y las estrategias de valorización urbana, impulsadas bajo el paradigma del urbanismo proempresarial. A partir del estudio de caso de Ciudad Jardín Lomas del Palomar, se propone examinar cómo las políticas locales reconfiguran los enfoques del

1. Las provincias argentinas se dividen en departamentos. Pero, en el caso de la provincia de Buenos Aires está dividida administrativamente en 135 municipios que, constitucionalmente, se llaman partidos o municipios. La Región Metropolitana de Buenos Aires está compuesta por 40 municipios o partidos.

2. La Región Metropolitana de Buenos Aires abarca a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los siguientes partidos: Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, General Las Heras, General Rodríguez, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, La Plata, Lanús, Luján, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Marcos Paz, Merlo, Moreno, Morón, Pilar, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, San Vicente, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López, Zárate.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

patrimonio y del espacio público en el marco de la competencia intermunicipal por atraer inversiones. En este contexto, la investigación introduce una perspectiva poco explorada: la de un barrio históricamente planificado bajo ideales de ciudad-jardín, donde las disputas actuales por la preservación revelan no solo conflictos materiales sobre el uso del suelo, sino también sobre la identidad urbana y la memoria colectiva.

2. ANTECEDENTES

2.1. La suburbanización de Buenos Aires entre 1940 y 1950: contexto y pretexto

A partir de la década de 1940, las ciudades en Argentina cobran un renovado protagonismo con el afianzamiento del modelo de desarrollo Industrial Sustitutivo de Importaciones (ISI), y la consolidación del Estado de Bienestar, encarnado en la figura de Perón, en la producción y los servicios sociales. En ese contexto, Buenos Aires refuerza su hegemonía como el centro político-administrativo y productivo del país.

El Gran Buenos Aires fue creado como unidad administrativa en 1948, bajo el decreto 70, y fue el territorio que experimentó la mayor expansión demográfica como fruto de las migraciones internas y el cambio hacia el modelo ISI. Bajo esa norma, se delimitó un área geográfica de 14 municipios, compuestos por áreas rurales y urbanas, que limitan con la capital federal[3]. El objetivo del Decreto 70/48 era convertir el Gran Buenos Aires en campo de aplicación de políticas específicas de salud, educación, vivienda y obras públicas de equipamiento; bajo el gobierno peronista (Aboy, 2022).

Autores como Torres (1978); Gutman & Hardoy (2007), Di Virgilio & Vio (2009) aseguran que los tres vectores que van a guiar el proceso de suburbanización en el Gran Buenos Aires son a) el acceso a la tierra urbana y a la vivienda: la cuestión de la vivienda era un eje de la política peronista y constituía parte del "Derecho al Bienestar de los trabajadores y sus familias" (Ballent, 1997; Aboy, 2003 y 2022), siendo que la cuestión de la vivienda excede a lo exclusivamente material, y se vincula también a la promoción de la sociabilidad. b) la radicación de industrias, aprovechando la oportunidad que generó la Segunda Guerra Mundial, comenzó a producirse en el país los productos que antes se importaban.

Para ello, se aplicaron medidas como aranceles a la importación, tipos elevados de cambio, subsidios y apoyos para los productos locales, con la intención de independizar el consumo local de la industria internacional (Rougier, 2023). Y c) el desarrollo de la red de transporte: en estos tiempos se realizaron acciones de gran envergadura como la nacionalización del sistema ferroviario, que originó la creación de la empresa Ferrocarriles Argentinos en 1948, la gestación de la empresa nacional de aviación comercial Aerolíneas Argentinas, las inversiones en rutas y los fondos provinciales y municipales para caminos (Zunino & Velázquez, 2020) que permitieron incorporar nuevas tierras al entramado urbano y productivo. Los tres vectores mencionados, van a explicar la forma adoptada por la expansión metropolitana, en donde una de las características sobresalientes es el desarrollo de los centros entorno de las estaciones ferroviarias; configurando lo que posteriormente constituirán los centros tradicionales bonaerenses (Abba, 2005; Romano, 2019).

En Buenos Aires, se consolida el crecimiento de la mancha urbana[4] hacia los ejes norte, oeste y sur, siguiendo la orientación del tendido del ferrocarril. Durante los años cuarenta y cincuenta, la industria reforzó

3. "Según lo establecía el Decreto 70/48, integraban el Gran Buenos Aires catorce partidos cercanos a la ciudad de Buenos Aires: Lanús (anteriormente 4 de Junio), Avellaneda, Esteban Echeverría, Florencio Varela, General San Martín (dividido en 1959 en dos, con la creación del Partido de Tres de Febrero), General Sarmiento (que desapareció como denominación al dividirse en tres, en 1995, con la creación de San Miguel, Malvinas Argentinas y José C. Paz), La Matanza, Las Conchas (renombrado como Tigre desde 1954), Lomas de Zamora, Morón (subdividido en tres municipios en 1995: Morón, Ituzaingó y Hurlingham), Quilmes (en 1960 se dividió Berazategui), San Fernando, San Isidro y Vicente López." Tomado de Aboy, 2022, p. 204

4. La mancha urbana o expansión urbana, se refiere a la expansión de las ciudades y sus suburbios hacia las zonas rurales. "La expansión es definida como el proceso de crecimiento urbano por extensión con modalidades específicas históricamente determinadas por el contexto social, económico y político en que se materializa. Modalidades que se expresan territorialmente en la estructura del territorio, al interior de la ciudad, así como en las nuevas relaciones entre la ciudad y su entorno, entre distintas ciudades, y el territorio en sus diferentes escalas" (Lancioni *et al*., 2012: 4).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

su marcha hacia los bordes de la Capital Federal siendo los partidos de San Martín, Avellaneda y Lanús quienes lideran el ranking de concentración industrial (Azpiazu *et al*., 2001; Briano *et al*., 2003; Rougier 2023). Así, comenzó el desarrollo de los asentamientos industriales y de viviendas en zonas distantes de las estaciones ferroviarias de los municipios bonaerenses. Esta situación, es alentada por la acción de un Estado social de carácter distributivo que impulsa la expansión de las infraestructuras y los equipamientos colectivos y promueve el desplazamiento residencial de la población hacia los suburbios de Buenos Aires. Es lo que muchos autores, como Torres, (1978), denominan el "Segundo proceso de suburbanización 1943 – 1947 – 1960".

En aquella época, los centros bonaerenses se consolidaron en sus funciones comerciales, de servicios y administrativas, sin llegar a cuestionar el predominio del centro principal nucleado en la Ciudad de Buenos Aires. Se asienta, de esta forma, el modelo del "centro y los barrios" (Scobie, 1977), a la vez que se fortalece un sistema de centros metropolitano. Los protagonistas de la expansión de los suburbios bonaerenses fueron, por una parte, los sectores medios – bajos (Dalle, 2010)[5] que, en general, practicaron la autoconstrucción de sus viviendas, lo que dio como resultado un tejido urbano disperso con una dotación mínima de servicios. Y, por otra parte, se asistió al crecimiento de un tipo particular de suburbio habitado por sectores medios y medios altos que perseguían el sueño de una vida tranquila: "el hombre en comunión con la naturaleza" (Gómez, 2011 y 2016; Soldano & Perret, 2017). Estas urbanizaciones, surgidas de operaciones inmobiliarias que trataron de condensar la imagen del barrio jardín de matriz anglosajona (Gómez Pintus, 2016), seguían la pauta introducida en Argentina por los integrantes de la comunidad británica llegados al país entre mediados y fines del siglo XIX (Gómez, 2016; Romano, 2019), y actualizada a comienzos del siglo XX a partir de la difusión de la ciudad jardín y el carácter pintoresquista de su arquitectura:

Con esta definición (pintoresquista) pretendemos designar a aquellos núcleos que nacieron originalmente aislados del centro urbano, relacionados a la expansión que posibilitaba el ferrocarril buscaron generar centros cualificados, caracterizados por un trazado urbano informal, con lotes amplios que garantizarían la construcción de viviendas aisladas, la baja densidad y el predominio de áreas verdes libres por sobre la superficie construida. De esta manera, se diferenciaban de los procesos de expansión de carácter espontáneo que por esos años comenzaban a materializarse a través de la extensión de la grilla urbana (Gómez, 2011, p. 17).

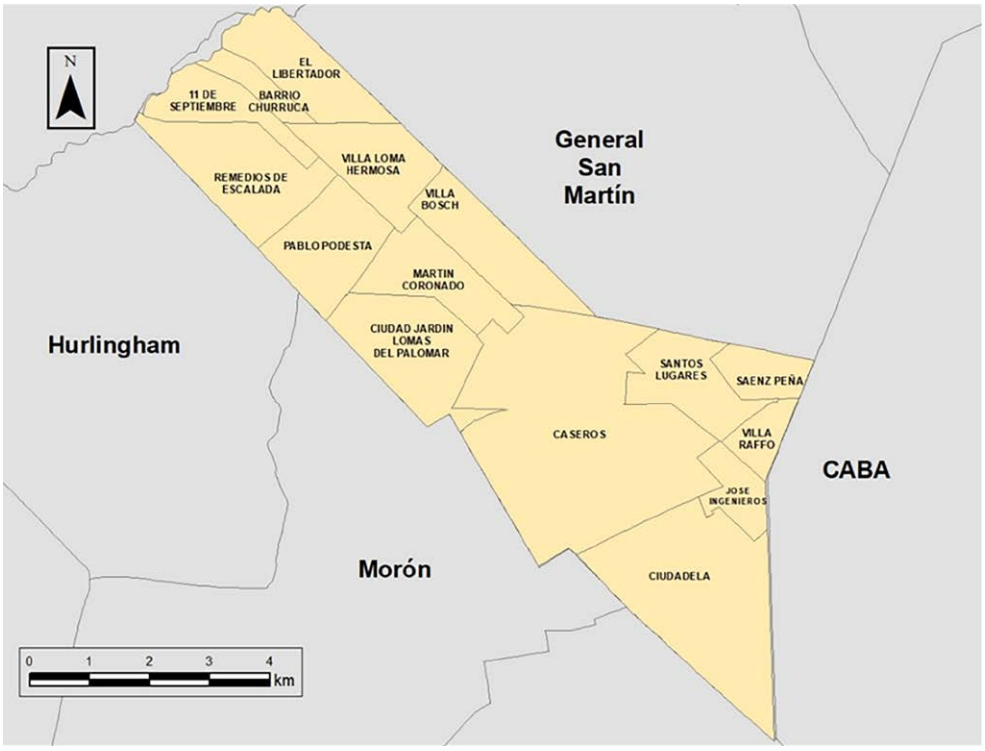
En este contexto de expansión y desarrollo, el Gran Buenos Aires fue el escenario privilegiado para el asiento de muchos emprendimientos productivos, de vivienda y de reproducción social. El modelo de la ciudad jardín estaba en el discurso peronista porque se conectaba con el ideario del "sueño de la casa propia" para los sectores medios (Ballent, 1997) e incorporaba pautas de sociabilidad vinculadas al sport, al tiempo libre, al mejoramiento de la calidad de vida; que compensaba la vida "agitada" de la metrópolis con el refugio en sitios aislados y en contacto con la naturaleza. Así, se funda la primera Ciudad Jardín planificada en Latinoamérica, en el año 1944, en la localidad de Lomas del Palomar perteneciente, en aquellos tiempos, al municipio de San Martín.

En este punto, conviene aclarar que la Ciudad Jardín Lomas del Palomar surge ubicada en el municipio de San Martín (año 1944). Cuando ese municipio se divide, se crea el municipio de Tres de Febrero en el año 1959, bajo la ley 6065/59[6] (Romano *et al*., 2024). Así, entonces, la Ciudad Jardín Lomas del Palomar pasa a formar parte del municipio de Tres de Febrero (mapa 1).

5. El modelo económico Industrial Sustitutivo de Importaciones, potenció el crecimiento de la llamada "clase media" puesto que abrió canales de movilidad intra e intergeneracional en la estructura social siendo que produjo una expansión de la fuerza de trabajo asalariada manual, que condujo a la creación de una clase trabajadora consolidada, con acceso a amplios derechos sociales; en un contexto de aplicación de políticas de corte keynesiano para expandir la capacidad de consumo de la población (Dalle, 2010).

6. Hasta 1959, el actual municipio de Tres de Febrero constituía la segunda sección electoral del municipio de General San Martín. De acuerdo a Callegari (1993) los primeros intentos autonomistas comenzaron en la década de 1920, a raíz de que los pobladores peticionaron ante las autoridades municipales de General San Martín obras que hicieran mejorar sus condiciones de vida (como la provisión de energía eléctrica, la implementación de servicios de correos, policía y recolección de residuos, pavimentos, entre otros). Después de varios intentos, se sanciona la ley 6065 promulgada por el decreto 14.539, el 15 de octubre de 1959. El municipio de Tres de Febrero se constituye con las localidades de Caseros (la ciudad cabecera), Churruca, Ciudad Jardín Lomas del Palomar, Ciudadela, El libertador, José Ingenieros, Lomas Hermosa, Martín Coronado, Once de septiembre, Pablo Podestá, Remedios de Escalada, Sáenz Peña, Santos Lugares, Villa Bosch, Villa Raffo.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10



Mapa 1. Localidades del municipio de Tres de Febrero. 2024.
Fuente: elaboración propia a partir de información del Centro de Investigaciones Geográficas y Geotecnológicas (CIGG). UNTREF.

3. METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque cualitativo, exploratorio y analítico, centrado en el caso de Ciudad Jardín Lomas del Palomar. La investigación articula una perspectiva histórica y otra contemporánea, con el propósito de comprender tanto las lógicas fundacionales del proyecto urbano como las disputas actuales en torno a su patrimonialización y valorización.

En una primera etapa, se reconstruyó el proceso de creación de Ciudad Jardín, con énfasis en el rol de la empresa constructora y financiera F.I.N.C.A. (Financiera Industrial Nacional Construcciones y Anexos S.A.) como promotora del emprendimiento urbano. Para ello se consultaron artículos académicos y también fuentes documentales primarias, entre ellas la obra fundacional escrita por el director de la empresa Erich Zeyen —traducida del alemán al castellano por su hija Adelaida Zeyen—, ejemplar recuperado, editado y digitalizado por el Museo-Taller La Montaña en 2018.

Asimismo, desde dicho Museo-Taller se accedió a las revistas producidas por F.I.N.C.A., las cuales permiten contextualizar el ideario urbanístico, el modelo de financiamiento y las estrategias de difusión del proyecto. Esta aproximación se inscribe en una mirada de largo plazo, que vincula el surgimiento de Ciudad Jardín con el contexto socioeconómico de expansión urbana hacia los municipios limítrofes a la Capital Federal, y permite recuperar los rasgos morfológicos y simbólicos que otorgaron singularidad al barrio en el entramado metropolitano.

En una segunda etapa, se abordó el proceso reciente de valorización simbólica, patrimonial y comercial del área. Se analizó el papel de políticas públicas, instrumentos urbanísticos y actores sociales locales —especialmente asociaciones vecinales— en la construcción de narrativas y estrategias orientadas al reconocimiento del barrio como Área de Protección Urbana. Para ello se analizaron instrumentos normativos y de gestión urbana, tales como el Código de Ordenamiento Urbano, el Plan Urbano Estratégico, la Política

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

de Centros Comerciales a Cielo Abierto y la Ordenanza 3.388/18, que declara a Ciudad Jardín como Área de Protección Urbana.

El análisis se complementó con relevamiento fotográfico en campo, revisión bibliográfica especializada y estudio de materiales producidos por el gobierno local y por organizaciones vecinales: proyectos de ordenanza, comunicados municipales, notas periodísticas y publicaciones en redes sociales. Esta selección de fuentes permitió examinar los discursos y estrategias de legitimación que buscan consolidar la catalogación patrimonial del área, así como sus tensiones con la valorización comercial promovida bajo el modelo de Centro Comercial a Cielo Abierto.

4. RESULTADOS

4.1. El modelo de la Ciudad Jardín en las Lomas del Palomar

Durante las primeras décadas del siglo XX, y antes de la intervención estatal promovida por el peronismo, el financiamiento de viviendas en Argentina se resolvía con el desarrollo de distintas iniciativas de crédito hipotecario a bajo interés y por fuera del sistema bancario. En esa lógica, se inscribe la emergencia de las compañías de crédito recíproco a fines de la década de 1930 (Gómez, 2012). Según ese autor, las empresas de crédito recíproco se desarrollaron entre los años 1935 y 1949, cuando esas empresas fueron intervenidas por el gobierno peronista y liquidadas por el Banco Central y su cartera de clientes se transfirió al Banco Hipotecario Nacional.

El sistema de crédito recíproco se introdujo como una forma de reunir recursos financieros para la adquisición de viviendas en un mercado con una gran demanda, en pleno proceso de expansión urbana de los partidos que componen el Gran Buenos Aires, y marcado por la escasez de crédito (Gómez, 2012). En ese contexto, surgieron varias compañías de crédito, entre ellas F.I.N.C.A. (Financiera Industrial Nacional Construcciones y Anexos S.A) en el año 1935. Como constructora y compañía de crédito recíproco, FI.N.C.A. fue fundada por empresarios alemanes y trabajó otorgando créditos sin interés hasta el año 1943. Uno de sus proyectos más emblemáticos fue la creación de la primera Ciudad Jardín de Sudamérica en las Lomas del Palomar. F.I.N.C.A. se encargó de financiar, planificar, diseñar y vender ese barrio, con más de 3400 viviendas construidas entre 1943 y 1956 (Soldano & Perret, 2017).

El director de la empresa, Erich Zeyen y su socio Germán Wernicke, conocían la propuesta del modelo de la ciudad jardín que se había implantado en países como Alemania e Inglaterra. Pensaron que sería un gran negocio traer las ideas de las ciudades jardín de Ebenezer Howard porque habían representado para la época un modelo que había logrado paliar algunos problemas ambientales derivados de la contaminación, la generalización de las paupérrimas condiciones de vida de la población y la densificación de las ciudades, producidos por la revolución industrial.

La propuesta de Ebenezer Howard, el creador y principal promotor del modelo de las ciudades jardín, se encuentra en su libro “Las ciudades jardín del mañana” (1902). A modo referencial, y siguiendo a Hall (1996) y Contreras (2013) cabe mencionar que Howard proponía sustituir las ciudades industriales por otras más pequeñas y rodeadas de tierras agrícolas, mezclando la ciudad con el campo. En ese sentido, idealiza su modelo a través de lo que llama “la teoría de los tres imanes” (figura 1), una representación didáctica en donde el tercer imán (que llama campo-ciudad) es el resultado de la combinación de los otros dos imanes (el campo y la ciudad, respectivamente).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

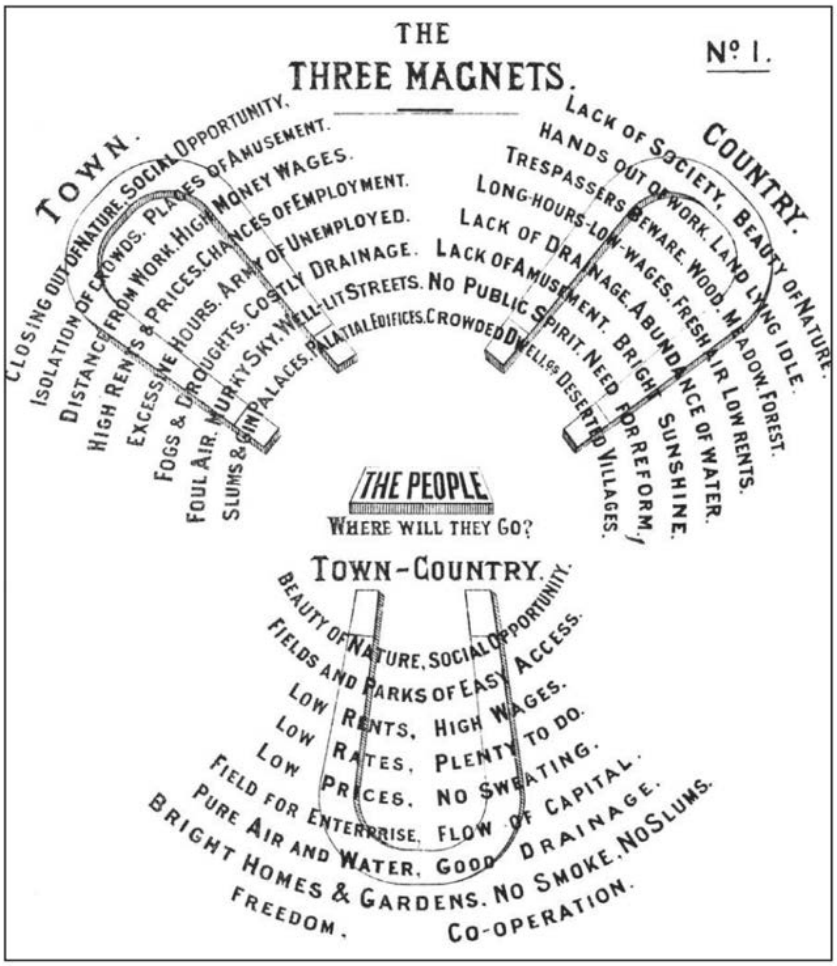


Figura 1. La teoría de los Tres imanes. Fuente: Contreras (2013).

El "campo-ciudad" sería el resultado de la combinación de las virtudes del campo y la ciudad, en donde la idea principal es llevar a la belleza y tranquilidad del campo la modernidad de la ciudad. En sus argumentos, sostiene que esta combinación es lo suficientemente atractiva como para lograr que la población se traslade a residir fuera de las grandes ciudades no solamente porque priman las ideas del colectivismo, la organización local y el autogobierno, sino también porque la ubicación es cuidadosamente elegida, puesto que esta nueva ciudad se integra a la gran ciudad desde las redes de transporte vial y ferroviario. En su modelo, Howard piensa a la ciudad-campo con dimensiones limitadas: para 32.000 personas en un área de 400 ha, y dentro de un entorno verde de 2000 ha. Todas las construcciones se desarrollarían bajo el ideario higienista: viviendas, edificios y negocios, se unirían con el campo mediante calles rectas, articuladas con otras sinuosas, que se trazarían en función de las características geomorfológicas del terreno. Las unidades de vivienda tendrían un pequeño jardín, y en ellas todas las habitaciones debían ventilar hacia el exterior, sin ser visualmente bloqueadas por casas vecinas.

Tal como Zeyen (2018)[7] señala su sueño era traer ese modelo de ciudad a Buenos Aires y ofrecer una alternativa a la autoconstrucción, y a la proliferación del tejido urbano disperso e inarmónico. En esos tiempos, en Buenos Aires no existía una regulación sobre los usos del suelo y las prácticas de la construcción, por lo

7. Erich Zeyen documenta el proceso de creación de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar entre 1933 y 1956. Esta obra es traducida del alemán al idioma español por su hija Adelaida Zeyen. Ese ejemplar es recuperado por el Museo-Taller La Montaña, quienes lo editan y digitalizan en el año 2018. La descarga del libro en forma gratuita se puede realizar desde https://ciudad-jardin.com.ar/ Consultado en julio/2025.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

que cada propietario de su lote construía como mejor le parecía y sin un plan urbanístico previo; generando un tejido urbano desequilibrado.

Para su cometido, y después de mucho investigar sobre posibles opciones de locación, fundamentalmente en los partidos del corredor norte del Gran Buenos Aires (porque era allí donde estaba el mayor dinamismo inmobiliario de la época) F.I.N.C.A. adquiere por remate, en el año 1942, los terrenos que la familia Pereyra Iraola tenía en las cercanías de la estación de tren El Palomar del Ferrocarril Buenos Aires al Pacífico[8]. Cabe señalar que aquella decisión de compra fue influenciada por la reciente inauguración de la avenida General Paz, construida entre los años 1937 y 1941, que fijó el límite entre la Capital federal y los partidos del Gran Buenos Aires. Esta circunstancia, sumada a las facilidades que ofrecía el ferrocarril y la localización de las fábricas favorecieron el asentamiento en los barrios periféricos a la Capital Federal.

En esas tierras de El Palomar, del entonces partido de San Martín, el reconocido paisajista Leonardo Pereyra Iraola había diseñado un paseo que llamaba "Parque Richmond", emulando al situado en Londres (Gómez & Domínguez, 2009). En ese espacio, había organizado un sistema de calles concéntricas (partiendo desde una plaza principal) atravesado por diagonales, que al mismo tiempo se distinguían por las diferentes especies de árboles que había plantado en cada una de ellas. Deslumbrado por ese atractivo, el Dr. Zeyen se propuso planificar su ciudad jardín sobre el Parque Richmond de Pereyra Iraola (Zeyen, 2018), a pesar de que la zona, en esos tiempos, no era muy dinámica en términos comerciales.

La compra del terreno se realizó en 1942 y la construcción de la Ciudad Jardín comenzó en el año 1943. Al respecto, Gómez & Domínguez (2009), Domínguez (2013) sintetizan en cinco puntos las condiciones "ideales" de esos terrenos de la zona oeste del Gran Buenos Aires, Las Lomas del Palomar, para la concreción de su proyecto de una ciudad jardín planificada: a) contaba con dos líneas ferroviarias que le acercaban a la capital (línea ferrocarril San Martín y línea ferrocarril Urquiza), b) en caso de desplazarse en automóvil, la cercanía a la General Paz les conectaba también rápidamente, c) la superficie de alrededor de 100 has. resultaba ideal; d) las calles en "cul de sac" permitirían un esquema armonioso, y finalmente, e) su estupenda arboleda conformaba el paisaje deseado.

Uno de los principales problemas para la concreción de la Ciudad Jardín en Lomas del Palomar, era el de atraer a compradores –y entonces residentes- dado que, en esos tiempos, la dinámica inmobiliaria se concentraba principalmente en la zona norte del Gran Buenos Aires. Por ello, los incentivos se agruparon no solamente en la estrategia de los créditos hipotecarios que proporcionaba la misma empresa a través de la creación del "Círculo F.I.N.C.A." (1937) sino también en la creación de la revista F.I.N.C.A. (1938)[9]. Con estas estrategias publicitarias, se construye no solamente una imagen del barrio sino también que se destacan sus atributos y su condición de "vanguardia" (Vargas, 2014) que trae, en este caso, vivir en un barrio moderno y provisto de servicios.

Las propagandas de la revista proponían "cambiar la dura vida de la metrópoli por una más sana y familiar", en un entorno verde y limpio, no contaminado, y muy cerca de la capital federal (figura 2). La revista funcionaba como estrategia para difundir los avances en la construcción del barrio, sus eventos y actividades. F.I.N.C.A presentaba a Ciudad Jardín como un barrio moderno, donde sus habitantes podrían disfrutar de todos los avances, en términos de confort, junto con las ventajas de la vida rural. Soldano & Perret (2017) estudian que las experiencias de las familias que se instalan en la Ciudad Jardín (una ciudad planificada y provista de servicios como asfalto, agua corriente, cloacas, escuelas) contrastan con las de aquellas familias que se mudan a lotes sin servicios donde deberán autoconstruir sus viviendas y reclamar, mediante

8. La estación de tren El Palomar del Buenos Aires al Pacífico fue inaugurada en 1908. Este ferrocarril nace en la primera mitad del siglo XX, como tren carguero, y con aporte financiero de capitales británicos. La estatización de la red ferroviaria argentina se realizó con la creación de la empresa Ferrocarriles Argentinos, en el año 1948. Con ello, el Ferrocarril Buenos Aires al Pacífico (BAP) pasó a llamarse Ferrocarril San Martín. Esta denominación se mantiene hasta la actualidad, y posee una red operativa de 2800 km.

9. La revista F.I.N.C.A. funcionó entre los años 1938 y 1955, y fue de tirada mensual. En el sitio web del grupo "La Montaña" Museo-Taller, de Ciudad Jardín se pueden encontrar algunos números de la revista F.I.N.C.A. digitalizados. https://lamontania.wixsite.com/pagina/revistas-f-i-n-c-a Consultado en julio/2025.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

las asociaciones de fomento, el desarrollo de sus barrios[10]. Esas condiciones de vida marcaron, de acuerdo a Soldano & Perret (2017), por un lado, la subjetividad de los residentes de Ciudad Jardín, sus prácticas de sociabilidad y de representación, su identidad territorial (figura 3). Y, por otro lado, el surgimiento de lo que llaman "el otro conurbano, el de las clases medias"; refiriendo a que la población que llegaba a la Ciudad Jardín era parte de la nueva clase media, como empleados, comerciantes y profesionales, a la que se sumaban militares, personas del servicio doméstico y parte de los mismos obreros que la construyeron.

Figura 2. Publicidad de la revista FINCA. Fuente: Revista F.I.N.C.A., n° 149, año XVIII, junio de 1952. Extraído de "La Montaña" Museo-Taller.

10. En el texto de Soldano & Perret (2017) "El otro conurbano. Experiencias y sociabilidades de las clases medias en la conformación de tres localidades del oeste del Gran Buenos Aires (1940-1960)", en Anales del IAA, 47(1), 125-146. Las autoras estudian el caso de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, en relación a las experiencias de Martín Coronado (partido de Tres de Febrero) y El Palomar (partido de Morón).

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Figura 3. Fotografías de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar. Fuente: fotografías de autor, 2021 y 2024.

Con escudo, himno, bandera, plazas y plazoletas, y monumentos a la vuelta de cada esquina, la empresa pretendió conservar esta "condición de lugar residencial ideal para gentes de todos los estratos de la sociedad (...) [que no pretende acentuar la] separación del pueblo en clases y en categorías y desea alcanzar, muy al contrario, la unión de los del músculo y de los del cerebro" (Guía de habitantes de Ciudad Jardín, 1955, p. 1). Para ello, F.I.N.C.A. se propone socializar a los residentes en un estilo de vida determinado para que la convivencia de esa "ancha clase media" fuera posible. La morfología de la ciudad y la tipología de las casas colaboraban con la construcción de este imaginario. (Soldano & Perret, 2017 p. 135).

La inauguración de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar se produce en el año 1944, cuando se muda la primera familia. Para asegurar la "convivencia de esa ancha clase media" se inaugura, en 1945, la Asociación de Fomentos Amigos de la Ciudad Jardín, el conocido club A.F.AL.P. que llevaba una agenda de actividades deportivas y recreativas y, además, colaboraba con la constructora para presionar al gobierno municipal en relación a la gestión de los servicios urbanos (Soldano & Perret, 2017). En el año 1951, se inaugura el Cine Teatro Helios y al año siguiente escuelas[11]. También se anuncia la construcción de la Plaza Plate y, posteriormente, en el año 1954, comienza a circular el primer colectivo de línea dentro del barrio y se promueve la inauguración de comercios para la venta de productos básicos. Con lo cual, comienza un sostenido fortalecimiento de las funciones de centro de la Ciudad Jardín en forma paralela a la consolidación de una identidad barrial que se nutre de un estilo de vida suburbano alejado de los ruidos y la contaminación de la ciudad.

11. En el año 1952 se inaugura el Jardín de Infantes Nº1, el Instituto Amelet, el Palomar Schule, el Instituto Martín Guemes y la Escuela Nº44 República del Perú. En 1956, se funda la escuela alemana (Gartenstadtshule). En 1962, se crea la escuela secundaria Nº2 Bernardino Rivadavia.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

4.2. El proceso de valorización de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar como Área de Protección Urbana

Existe consenso entre los investigadores en conceptualizar al patrimonio como un conjunto de bienes (naturales o culturales, materiales o inmateriales) acumulados por tradición o herencia y representan valores identitarios que la sociedad reconoce como propios. Para Delgadillo (2009) el patrimonio urbano (que alude al conjunto de inmuebles, calles y plazas, centros antiguos y barrios históricos) es una construcción social en la que tradicionalmente los grupos en el poder, desde un presente, seleccionan algunos de los múltiples inmuebles y partes de la ciudad del pasado. Así, la valoración de objetos producidos en el pasado "remite a las relaciones que los pueblos y sus elites tienen con su historia remota y reciente." (Delgadillo, 2009).

En el caso de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, el proceso de patrimonialización cobró énfasis cuando un grupo de vecinos "notó cómo se empezaba a perder la esencia de la localidad"[12] a raíz, fundamentalmente, de la construcción de muros frente a las casas, la poda indiscriminada, la acumulación de residuos domiciliarios, como así también la proliferación de construcciones que no iban con la estética de la ciudad[13].

A raíz de la exposición de la investigación sobre la historia y planificación de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, en Julio del año 2017, en el Centro de Jubilados y Pensionados barrial, llevada adelante por el arquitecto Hernán Haggermann, se elaboraron los petitorios para avanzar hacia la declaración de su protección. Y, además, el título de la presentación del arquitecto "Ciudad Jardín. Un patrimonio singular" pasó a constituirse en la denominación del grupo de trabajo, que terminó por conformarse como Asociación civil[14]. En agosto de ese mismo año, se avanzó hacia la presentación de la solicitud para declarar a la Ciudad Jardín como área patrimonial, en el Concejo deliberante del municipio de Tres de Febrero. La catalogación de Área de Protección Urbana de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar (ordenanza 3388/2018), entró en vigencia junto con el nuevo Código de Ordenamiento Urbano del partido (ordenanza 3441/2019) y el Plan Urbano Estratégico (2019). Asimismo, en el año 2018, se presentó un proyecto en la Comisión Nacional de Monumentos, Lugares y de Bienes Históricos[15], que culminó con la declaración de la zona como Área de Protección Histórica Nacional.

En el nuevo Código de Ordenamiento Urbano del partido se establece la delimitación de tres macrozonas de protección patrimonial: la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, Entorno de la Basílica Nuestra Señora de Luján y barrio Ferroviario Villa Risso.

Según el Código de ordenamiento local, el objetivo de la delimitación de la macrozona de la Ciudad Jardín es proteger la historia e identidad de la localidad, y estipula que se podrá reglamentar la realización de construcciones o modificaciones que fomenten su desarrollo sustentable. Las mismas deberán atender a: a) la preservación de las fachadas y los edificios con valor patrimonial, aceras y los arbolados, b) el diseño de obras nuevas consistentes con el estilo arquitectónico histórico de Ciudad Jardín Lomas del Palomar, c) la preservación de la cartelería comercial existente para preservar la imagen histórica de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, d) un diseño de las vías de acceso que fomente el uso peatonal y de bicicletas, e) un diseño de espacios públicos de escala humana. (Código de ordenamiento urbano de Tres de Febrero, 2019). En ese sentido, es que también se establece la prohibición de aplicar las normativas referentes a completamiento de tejido urbano o enrase en toda la Ciudad Jardín.

---

12. Diario Clarín. Nota del 12/01/2019. "El barrio del GBA que ideó un urbanista alemán hace 75 años y ahora declararon "área protegida". https://www.clarin.com/zonales/ciudad-jardin-patrimonio-historico_0_CcYSo5B74.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-8fu1BhBsEiwAwDrsjNBWkI-XwhEXhYySI2YicWD26wljhZ7E4ng2Vs1yQWkpEEqewkGx7BoC6rcQAvD_BwE Consultado en julio/2025.

13. Diario Popular. Nora del 20/03/2013. "Preocupa acumulación de residuos en Ciudad Jardín"

La situación se complicó en los últimos tiempos y constituye un problema ambiental. Los lugareños enviaron una carta al secretario de Obras y Servicios Públicos de Tres de Febrero para solucionar el problema. https://www.diariopopular.com.ar/noroeste/preocupa-acumulacion-residuos-ciudad-jardin-n150375 Consultado en julio/2025.

14. Sitio web de Ciudad Jardín. Patrimonio Singular.

15. La Comisión Nacional de Monumentos, de Lugares y de Bienes Históricos funciona como organismo desconcentrado de la Secretaría de Gobierno de Cultura de la Nación (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología). Fue creada en 1938, con el fin de unificar la administración y el control del patrimonio histórico-cultural de la Nación Argentina. https://www.argentina.gob.ar/cultura/monumentos/comision Consultado en julio/2025.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Por lo anterior, es posible afirmar que el proceso de valorización de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar como Área de Protección Urbana constituye una experiencia impulsada desde el ámbito comunitario, que logró institucionalizarse en normativas locales y nacionales. Sin embargo, esta declaración no solo implica un reconocimiento simbólico del valor histórico y urbano del barrio, sino que también opera como herramienta de planificación que orienta intervenciones futuras sobre el territorio. En este contexto, el desafío radica en garantizar que la protección patrimonial no se convierta en un recurso funcional a procesos de valorización inmobiliaria, sino que contribuya -efectivamente- a la construcción de un modelo urbano sostenible y coherente con las demandas de los habitantes que lo impulsaron.

5. DISCUSIÓN: LA VALORIZACIÓN URBANA EN CLAVE COMERCIAL CONSUMO, IDENTIDAD BARRIAL Y CENTROS COMERCIALES A CIELO ABIERTO

La declaración de Ciudad Jardín Lomas del Palomar como Área de Protección Urbana no fue el único instrumento que intervino en su proceso reciente de valorización. En paralelo, y como parte de una estrategia más amplia impulsada por el gobierno municipal, se implementaron políticas orientadas a fortalecer el comercio local a través de la creación de Centros Comerciales a Cielo Abierto. En Argentina, los Centros Comerciales a Cielo Abierto surgen de la alianza entre los gobiernos locales con la Confederación Argentina de la Mediana Empresa (CAME), con la finalidad de consensuar acciones comerciales de promoción conjuntas. Los Centros Comerciales a Cielo Abierto son corredores comerciales instalados en avenidas, y otras calles principales, que componen, en conjunto, una zona donde el comercio es la actividad principal. A diferencia de los shoppings o centros comerciales cerrados de gran escala, los Centros Comerciales a Cielo Abierto se insertan en tramas urbanas existentes, muchas veces con alto valor histórico y patrimonial, y se presentan como alternativas "autenticadas" frente al consumo masivo y deslocalizado (De Elizagarte, 2000).

En el municipio de Tres de Febrero se implementaron doce Centros Comerciales a Cielo Abierto, para las áreas de alta densidad comercial en los centros barriales del partido (PUE, 2019)[16], de los cuales tres se ubican en la localidad de la Ciudad Jardín Lomas del Palomar (figura 4).

Bajo la política de los Centros Comerciales a Cielo Abierto, los emprendimientos comerciales ponen en valor las estructuras de las edificaciones locales, otorgándoles un papel preponderante a la cultura local (De Elizagarte, 2000). De ese modo, la práctica del consumo coloca el acento en las prácticas sociales y en las representaciones simbólicas que distinguen un lugar de otro (Barata & Cachinho, 2009; Pintaudi, 2018; Sposito, 2022), y se focaliza en la dialéctica a través de la cual los objetos y los lugares de consumo producen los sujetos –su identidad- y viceversa. Esta política, intenta consolidar las áreas que tradicionalmente funcionaron como centros comerciales. Siguiendo a Vargas (2015), se podría decir que este tipo de iniciativa propone darle entidad, dinamismo, reconocimiento y atraer a más compradores; siendo que el flujo de consumidores, característico de esa zona, podría atraer a otros nuevos comercios.

Como parte de las estrategias de valorización del patrimonio local, por un lado, se creó la llamada Ruta del Rock, en 2019, bajo el lema "turismo musical en el conurbano bonaerense": se trata de un recorrido turístico autoguiado para "mostrar los lugares y momentos más emblemáticos del Rock Nacional"[17]. Por otro lado, y con motivo del 75° aniversario de la ciudad, se inauguró el "Museo histórico Ciudad Jardín Lomas del Palomar, Erich Zeyen", bajo la ordenanza municipal 3394/2019. Se trata de un museo colaborativo (gestionado entre el gobierno local y vecinos) que tiene por intención preservar, reunir y rescatar todo documento y objeto vinculado con la fundación, planificación y desarrollo de Ciudad Jardín.

16. Centros Comerciales a Cielo Abierto en el municipio de Tres de Febrero https://www.tresdefebrero.gov.ar/direccion-promocion-del-comercio/centros-comerciales-cielo-abierto/ Consultado en julio/2025.

17. Hay postas de la ruta del rock en los barrios con las historias de los personajes y bandas más emblemáticas de la escena argentina como Tanguito, Los Piojos, Santaolalla, Sandro y La Torre son algunos de los artistas que forman el recorrido. En la Ciudad Jardín hay 6 paradas. https://rutadelrock.com.ar/ Consultado en julio/2025.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

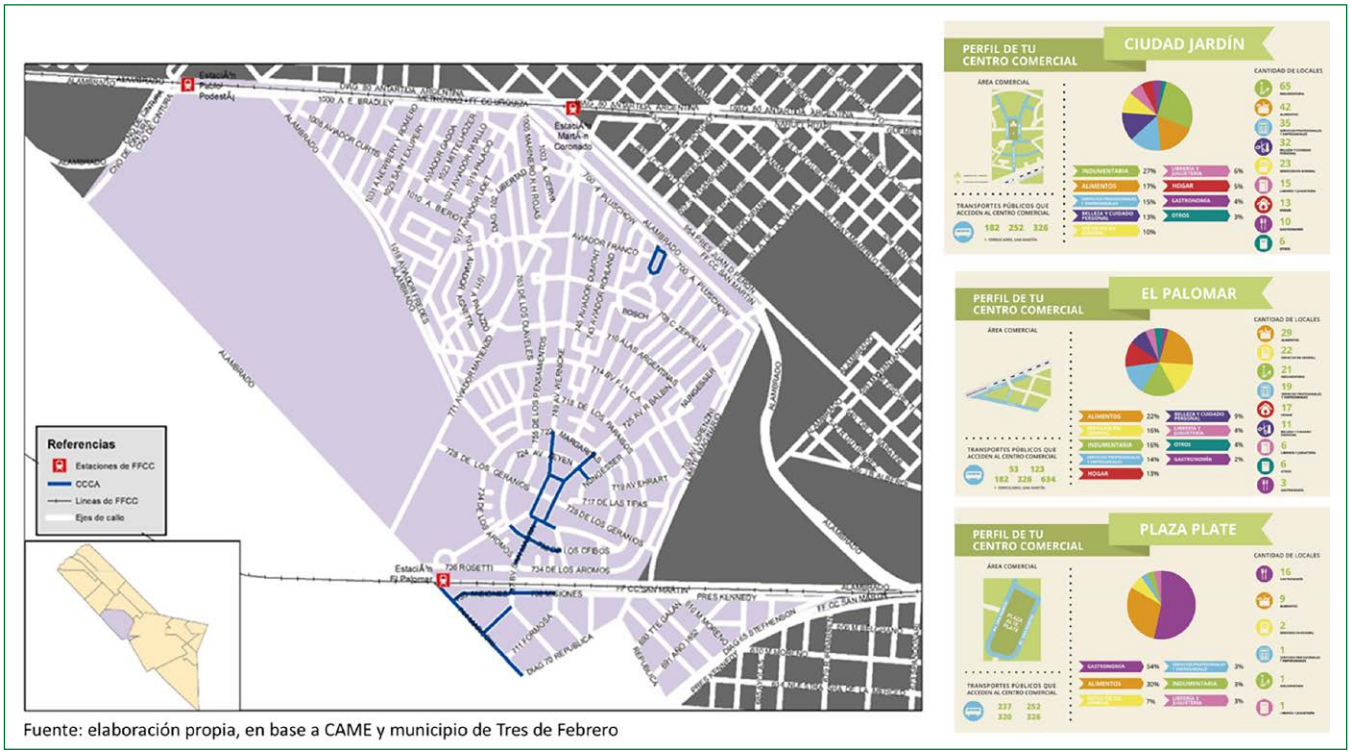


Figura 4. Centros Comerciales a Cielo Abierto en la Ciudad Jardín Lomas del Palomar, 2019. Fuente: elaboración propia en base a CAME y municipio de Tres de febrero.

En este marco, el consumo se transforma en un modo de habitar el espacio, de narrarlo y de apropiárselo desde las experiencias cotidianas, generando una práctica que excede la transacción comercial; y en donde los espacios comerciales no son meros soportes físicos de intercambio, sino escenarios que representan y reproducen relaciones sociales, memorias compartidas y formas de vida barriales. Es en ese entrecruzamiento entre práctica económica, experiencia de consumo y discurso territorial donde cobra sentido la implementación de políticas como la de los Centros Comerciales a Cielo Abierto.

En el caso de Ciudad Jardín, la política de los Centros Comerciales a Cielo Abierto no sólo busca mejorar la competitividad de los comercios mediante intervenciones urbanísticas —como el embellecimiento de fachadas, la mejora de la infraestructura o la señalética homogénea—, sino que también intenta consolidar una narrativa urbana basada en la autenticidad local, la preservación del paisaje urbano y el fomento de prácticas de consumo que se alineen con el estilo de vida y los valores comunitarios del barrio. Digamos que se privilegia la escala barrial, la cercanía, el trato personalizado, el reconocimiento del pasado común y la valorización de estéticas urbanas propias. La compra, en este contexto, se convierte en un acto relacional, donde el intercambio monetario se entrelaza con la construcción del reconocimiento mutuo entre vecinos y comerciantes, y la participación en una narrativa territorial que refuerza la identidad del barrio.

Por lo tanto, estos espacios comerciales se estructuran desde la reafirmación identitaria, donde el consumo no sólo reproduce relaciones económicas, sino también culturales y políticas. En este sentido, los Centros Comerciales a Cielo Abierto pueden entenderse como herramientas urbanas que, si bien surgen en el marco de políticas promercado, pueden ser apropiadas por las comunidades locales para defender sus formas de vida, su paisaje y su memoria frente a dinámicas de transformación acelerada. En el caso de Ciudad Jardín, este tipo de iniciativas adquiere especial relevancia frente a los intentos de desarticulación del tejido urbano tradicional mediante desarrollos inmobiliarios que contravienen la lógica fundacional y patrimonial del barrio.

En definitiva, el proceso de valorización de Ciudad Jardín como APU pone en evidencia que las políticas patrimoniales, comerciales y urbanísticas no deben analizarse de manera aislada, sino como parte de un entramado de sentidos y disputas en torno a la producción del espacio urbano. El consumo, en este contexto,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

funciona como un vector de apropiación simbólica del territorio, y al mismo tiempo, como una herramienta para la preservación activa de la memoria colectiva.

6. CONCLUSIONES PROVISORIAS Y LÍNEAS PARA SEGUIR AVANZANDO

La Ciudad Jardín Lomas del Palomar, fundada en 1944, surge en el marco de un proceso más amplio de expansión urbana metropolitana, en un momento de auge del mercado inmobiliario en los partidos del primer cordón del Gran Buenos Aires. El proyecto fue concebido, planificado y ejecutado por la empresa F.I.N.C.A., que importó los principios del modelo de ciudad jardín impulsado por Ebenezer Howard. En este sentido, Ciudad Jardín fue pensada como un espacio urbano intermedio que combina las cualidades del entorno natural —verde, abierto, saludable— con los servicios y accesos de la ciudad moderna. Su trazado reticulado curvo, combinado con la baja densidad, el protagonismo de las áreas verdes y la coexistencia entre viviendas, equipamientos y espacios públicos hacen de esta localidad un espacio único; y considerado por numerosos estudios como la primera ciudad jardín planificada de América Latina.

Las características actuales de Ciudad Jardín, junto con el deterioro progresivo de ciertos aspectos de su entorno urbano —como la contaminación visual, la deforestación, las construcciones disonantes o el abandono de espacios públicos—, generaron en los últimos años un proceso de patrimonialización impulsado desde abajo, motorizado por vecinos organizados en defensa del paisaje y la identidad barrial. Esta movilización culminó en la sanción de la Ordenanza 3388/2018, que declaró al área como Área de Protección Urbana, en concordancia con la aprobación del nuevo Código de Ordenamiento Urbano y el Plan Urbano Estratégico municipal.

El Área de Protección Urbana establece la delimitación de una macrozona de protección patrimonial, cuyo objetivo es preservar la historia y la identidad del barrio. En este marco, se regulan las nuevas construcciones, se protegen fachadas, cartelería, aceras y arbolado, y se prohíbe explícitamente el "completamiento de tejido" y otras normativas que habiliten la densificación urbana o el avance de la construcción en altura. Sin embargo, sobre ese mismo territorio, se han desarrollado otras políticas urbanas, entre ellas la implementación de tres Centros Comerciales a Cielo Abierto, el diseño de circuitos culturales como la Ruta del Rock, y la creación del Museo Histórico Erich Zeyen, todos ellos orientados a dinamizar la actividad comercial y poner en valor la historia local.

Estas iniciativas, si bien refuerzan elementos diferenciales del paisaje y la identidad barrial, también pueden leerse como parte de un proceso más amplio de valorización urbana, donde el patrimonio se convierte en un activo cultural y económico, capaz de atraer inversiones, mejorar la imagen del barrio y reposicionarlo en el mercado inmobiliario metropolitano. En este punto, se introducen tensiones entre la preservación del patrimonio y la promoción del consumo y la inversión. A partir de aquí, se abren nuevos interrogantes que orientan la continuidad de esta investigación:

- ¿La catalogación de Ciudad Jardín como Área de Protección Urbana se contradice —en términos normativos y simbólicos— con la superposición de políticas de dinamización comercial como los Centros Comerciales a Cielo Abierto?
- ¿En qué medida las estrategias de preservación del patrimonio no terminan funcionando como vehículos del negocio inmobiliario, incorporando exclusividad y distinción a la zona, con impacto directo sobre el valor del suelo?
- ¿Cómo transforman estas iniciativas la vida cotidiana de los residentes, las prácticas de consumo, la apropiación del espacio público y la percepción de la memoria barrial?
- ¿Qué alcance real tiene la normativa del Área de Protección Urbana frente a los proyectos de desarrollo urbano promovidos desde sectores públicos y privados?
- ¿Es posible una política urbana que articule consumo, patrimonio e identidad sin subordinarse a los imperativos del capital inmobiliario?

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Este artículo tuvo por objetivo presentar el proceso de configuración de Ciudad Jardín Lomas del Palomar y los fundamentos sobre los cuales se asienta su reciente valorización como Área de Protección Urbana. A partir de este recorrido, se proponen nuevas líneas de trabajo orientadas, por un lado, a profundizar el análisis de la política de Centros Comerciales a Cielo Abierto en el municipio de Tres de Febrero, con énfasis en su implementación concreta, impactos y discursos legitimadores; y, por otro lado, a explorar las relaciones entre actores públicos y privados, en torno al diseño de políticas urbanas orientadas a la valorización de barrios patrimoniales.

Si bien el comercio aparece como una herramienta de dinamización y cohesión territorial, es necesario problematizar su rol estructurador en la producción del espacio urbano, especialmente cuando su expansión se encuentra atravesada por intereses de mercado, con efectos no deseados sobre la calidad de vida, el ambiente, el tránsito o la fragmentación social. Tal como advierten Vargas (2015) y Barata (2019) el consumo puede convertirse en una fuente de identidad y de apropiación del territorio, pero también puede actuar como un factor de expulsión, exclusión o banalización de la experiencia urbana.

Financiación

Este artículo forma parte de la producción del proyecto “Renovación urbana en las localidades de Caseros y Ciudad Jardín Lomas del Palomar, en el partido de Tres de Febrero”. Código 80120240200054TF. Período 2023-2025. Centro de Investigaciones Geográficas y Geotecnológicas de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

Declaración responsable y conflicto de intereses

La autora declara que este trabajo no presenta ningún tipo de conflicto de interés con relación a su publicación.

REFERENCIAS

Abba, A. (2005). *Nuevas lógicas de centralidad urbana en el siglo XXI / Área Metropolitana de Buenos Aires*. *Documento de trabajo de CIHaM*. Buenos Aires. FADU-UBA**.** http://www.mundourbano.unq.edu.ar/index.php/ano-2006/24-numero-30/198-nueva-logica-de-centralidad-urbana-en-el-siglo-xxi-area-metropolitana-de-bs-as

Aboy, R. (2022). Vivienda estatal y organización territorial en el Gran Buenos Aires. Los casos de Avellaneda y Vicente López, 1946-1955. *Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad, 32*(32), 199-225. https://doi.org/10.30972/crn.32325959

Aboy, R. (2003). La vivienda social en Buenos Aires en la segunda posguerra (1946- 1955). *Scripta Nova,VII*(146), 031. https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(031).htm

Álvarez, G. & Iulita, A. (2013). Cambios en la división social del espacio metropolitano en el Área Metropolitana de Buenos Aires. República Argentina. Período 1980 – 2010. In *Actas del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina*, UGI-IGU. Lima, Perú

Arqueros Mejica, S. *et al.* (2024). Reflexiones sobre las antiguas áreas industriales: espacios del terciario y transformaciones territoriales en el Área Metropolitana de Buenos Aires. In M. C. Rodríguez, *Territorio Habitar en la postpandemia: transformaciones recientes de la Región Metropolitana de Buenos Aires* / 1a ed. Universidad de Buenos Aires. https://repositorio.sociales.uba.ar/items/show/4328

Azpiazu, D., Basualdo, E., & Schorr, M. (2001). *La industria argentina durante los años noventa: profundización y consolidación de los rasgos centrales de la dinámica sectorial post-sustitutiva*. FLACSO, Buenos Aires. https://ffyl.uncuyo.edu.ar/upload/13.pdf

Ballent, A. (1997). *Las huellas de la política. Arquitectura, vivienda y ciudad en las propuestas del peronismo. Buenos Aires 1946-1955*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Buenos Aires. http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/2760

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Barata Salgueiro, T., & Cachinho, E. (2009). As relações cidade – comércio dinâmicas de evolução e modelos interpretativos. In *Cidade e Comércio: a rua comercial na perspectiva internacional,* (pp. 9-39). Armazém das Letras. Rio de Janeiro. https://www.researchgate.net/publication/304751977_As_relacoes_cidade-comercio_Dinamicas_de_evolucao_e_modelos_interpretativos

Barata Salgueiro, T. (2019). Apoyo público al comercio. El programa "Tiendas con historia" en Lisboa. In M. L. Silveira, R. Bertoncello, & J. Nucci, *Ciudad, Comercio y Consumo: nuevas perspectivas para su estudio geográfico*. Ed. Café de las ciudades. Buenos Aires. https://repositorio.ulisboa.pt/jspui/handle/10451/45984

Briano, L., Fritzsche, F., & Vio, M. (2003). El lugar de la industria. Los parques industriales en la reestructuración productiva y territorial de la Región Metropolitana de Buenos Aires. *EURE, 29*(86). Santiago de Chile. https://doi.org/10.4067/S0250-71612003008600006

Callegari, H. (1993). *Historia del Partido de Tres de Febrero y sus localidades*. Fundación Banco Cooperativo de Caseros.

Ciccolella, P. (1999). Globalización y dualización en la Región Metropolitana de Buenos Aires. Grandes inversiones y reestructuración socio-territorial en los años noventa. *Revista EURE, XXV*(76), 5-27. Santiago de Chile. https://doi.org/10.4067/S0250-71611999007600001

Contreras, A. (2013). La Ciudad Jardín. Huellas Decimonónicas en el Urbanismo Moderno. In *Investigación y Diseño* 08. Biblioteca Digital. Universidad Autónoma Metropolitana. 1ª Ed. https://www.academia.edu/29257158/La_ciudad_jard%C3%ADn_Huellas_decimon%C3%B3nicas_en_el_urbanismo_moderno

Dalle, P. (2010). Estratificación social y movilidad en Argentina (1870-2010). Huellas de su conformación socio-histórica y significados de los cambios recientes. *Revista de trabajo*, (8), 59-82. Buenos Aires. https://socioturismo.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/07/dalle-p-2010-estratificacic3b3n-social-y-movilidad-en-argentina-1870-2010.pdf

Delgadillo, V. (2009). Patrimonio urbano y turismo cultural en la ciudad de México: las chinampas de Xochimilco y el centro histórico Andamios. *Revista de Investigación Social, 6*(12), 69-94. Universidad Autónoma de la Ciudad de México Distrito Federal, México. https://doi.org/10.29092/uacm.v6i12.135

Di Virgilio, M., & Vio, M. (2009). *La geografía del proceso de formación de la Región Metropolitana de Buenos Aires*. https://www.lahn.utexas.org/wp-content/uploads/2020/04/Buenos-Aires-UrbanizacionAMBA.pdf

Di Virgilio, M., & Guevara, T. (2014). Gentrificación liderada por el Estado y empresarialismo urbano en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Revista Estudios Sociales Contemporáneos,* (11), 12-23. https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/BDUNCU_cbce1db42cfb3812ce3f3393de033f6d

De Elizagarte, V. (2000). La ciudad centro comercial abierto: una estrategia para potenciar la competitividad de las ciudades. *Dirección y Administración de empresas*, (8), 219-233. IRAILA. https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/11751

Domínguez, E. (2013). Erich Zeyen: Alemanes, urbanismo y planes de vivienda durante el Peronismo. 1943 – 1955. In *XIV Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. https://cdsa.aacademica.org/000-010/688

Galgano, M., & Zapata, M. C. (2024). Renovación "surconurbanizada": transformaciones espacial-territoriales, continuidad pública-estatal. El caso del municipio de Quilmes. En M. C. Rodríguez, *Territorio, Habitar en la postpandemia: transformaciones recientes de la Región Metropolitana de Buenos Aires.* 1a ed. Universidad de Buenos Aires. https://repositorio.sociales.uba.ar/items/show/4328

Goicoechea, M. E., & Abba, A. (2020). Geografías de la desigualdad en el nuevo milenio: los mapas sociales de la Buenos Aires metropolitana. *Notas de Población,* (110), 213-242. https://doi.org/10.18356/33db6b8f-es

Gómez, J. L., & Domínguez, E. (2009). FINCA y Ciudad Jardín de El Palomar: iniciativa privada en la planificación urbana, 1943-1955. *XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Universidad Nacional del Comahue. https://cdsa.aacademica.org/000-008/562.pdf

Gómez Pintus, A. (2016). Del barrio al territorio. Castelar: el primer Barrio Parque del Oeste de GBA. 1929-1935. *Estudios del Hábitat*, *14*(2), 1-15. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/55219

Gómez Pintus, A. (2011). Suburbios residenciales. Modernización territorial, operaciones inmobiliarias e imágenes suburbanas, 1910-1940. *Revista Iberoamericana de Urbanismo,* (5), 15-30. Universidad Politécnica de Cataluña. https://www.fau.unlp.edu.ar/web2018/wp-content/uploads/2021/11/T5-SubB-1_-Suburbios-residenciales.pdf

Gutman, M., & Hardoy, J. (2007). *Buenos Aires 1536 – 2006. Historia urbana del Área Metropolitana.* Ed. Infinito.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Hall, P. (1996). *La Ciudad en el Jardín. Las Ciudades del Mañana. Historia del Urbanismo en el siglo XX.* (Trad. Consol Freixa). Ediciones Del Serbal. (Original en inglés, 1996).

Harvey, D. (2007). 'De la gestión al empresarialismo: la transformación de la gobernanza urbana en el capitalismo tardío. In *Espacios de Capital, hacia una geografía crítica.* Akal.

Pintaudi, S. (2018). O mundo da troca em movimiento. *Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, em parceria com o III Seminário Regional Comércio, Consumo e Cultura nas Cidades, 20*(1), 6-15. https://dialnet.unirioja.es/revista/12172/V/20?anualidad=2018

Romano, B. (2019). *Renovación urbana contemporánea en el centro de la ciudad de Lomas de Zamora: configuración de Las Lomitas, Buenos Aires, Argentina*. [Tesis de doctorado en Geografía]. Universidad de Buenos Aires. http://repositorio.filo.uba.ar/xmlui/handle/filodigital/12667

Romano B. (2024). *Me quedo al sur del conurbano bonaerense. La invención de Las Lomitas en la provincia de Buenos Aires*. Editorial Bisman. https://tejidourbano.net/wp-content/uploads/2023/10/baja_BAP_20x20-_BARBARA-ROMANO-1.pdf

Romano, B., Iulita, A., Pérez, G., & Álvarez, S. (2024). Configuración territorial, verticalización y expansión residencial en Tres de Febrero: El caso de la ciudad de Caseros. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía, 35*(2), 33-54. https://doi.org/10.37838/unicen/est.35-2-102

Rougier, M. (Coord.) (2023). *Escenarios de desarrollo industrial bonaerense (1810-2020).* Ediciones bonaerenses. https://edicionesbonaerenses.sg.gba.gob.ar/libro/escenarios-del-desarrollo-industrial-bonaerenses-1820-2020/

Scobie, J. (1977). *Buenos Aires. Del centro a los barrios*. Buenos Aires. Editorial Solar.

Soldano, D., & Perret Marino, G. (2017). El otro conurbano. Experiencias y sociabilidades de las clases medias en la conformación de tres localidades del oeste del Gran Buenos Aires (1940-1960). *Anales del IAA*, *47*(1), 125-146. https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/5-Perret-y-Soldano.pdf

Sposito, M. E. B. (2022). Fragmentação socioespacial e consumo na periferia de São Paulo. *Tlalli,* (8), 56-85. Universidad Autónoma de México. https://doi.org/10.22201/ffyl.26832275e.2022.8.1828

Theodore, Peck, J. & N. Brenner, N. (2009). Urbanismo neoliberal: La ciudad y el imperio de los mercados. *Temas sociales,* (66). http://barcelonacomuns.pbworks.com/w/file/fetch/64059073/2009_Urbanismo_neoliberal_brenner-peck-.pdf

Torres, H. (1978). El Mapa Social de Buenos Aires en 1943, 1947 y 1960. Buenos Aires y los Modelos urbanos. *Desarrollo Económico, XVIII*(70). México. https://doi.org/10.2307/3466549

Vargas, H. C. (2015). *A localização comercial não se define por "decreto"*. www.labcom.fau.usp.br

Vargas, H. C. (2014). Publicidade imobiliária. O que se está vendendo?. In H. C. Vargas & C. Pereira de Araujo, *Arquitetura e mercado imobiliário*. Ed. Manole.

Zeyen, E. (2018). *Así la levantamos. La Ciudad Jardín Lomas del Palomar*. Ediciones La Montaña. https://lamontania.wixsite.com/pagina/ediciones-la-montana

Zunino Singh, D., & Velázquez, M. (2020). Peronismo y transporte. Infraestructura, tecnología y política de la movilidad durante los gobiernos peronistas de 1946 a 1955. *Pasado Abierto, Revista de la Universidad Nacional de Mar del Plata,* (12), 1-6. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/172191

Documentos oficiales consultados:

Código de ordenamiento urbano del partido de Tres de Febrero. Ordenanza 3441/ 2019

Plan Urbano Estratégico del partido de Tres de Febrero. PUE. (2019)

Política de Centros Comerciales a Cielo Abierto del partido de Tres de Febrero. (2019)

Ciudad Jardín Lomas del Palomar como Área de Protección Urbana. Ordenanza 3.388/18

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Determinantes psicosociales de la participación cultural rural: un análisis cuantitativo con segmentación sociodemográfica en Santa Lucía (Ecuador)

Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador)

Fernando Chiriboga-Cisneros
edison.chiribogac@ug.edu.ec 0000-0002-5764-8065
Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad de Guayaquil. Avenida Delta, s/n y Avenida Kennedy, en la Ciudadela Universitaria "Universidad de Guayaquil". Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Mónica Pérez-Zulueta
mperez@ecotec.edu.ec 0000-0001-5597-0483
Universidad Tecnológica Ecotec, Guayaquil. Km. 13.5 Vía Samborondón, Samborondón, Guayas, Ecuador.

Soraya Triviño-Bloisse
soraya.trvinob@ug.edu.ec 0000-0003-3809-9539
Franklin Mora-Méndez
franklin.moram@ug.edu.ec 0000-0002-1618-898X

Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad de Guayaquil. Avenida Delta, s/n y Avenida Kennedy, en la Ciudadela Universitaria "Universidad de Guayaquil". Guayaquil, Guayas, Ecuador.

INFO ARTÍCULO

Recibido: 19-08- 2025
Revisado: 15-11-2025
Aceptado: 01-12-2025

PALABRAS CLAVE

Participación comunitaria
Cohesión social
Sentido de pertenencia
Identidad local

RESUMEN

En contextos rurales, la participación cultural comunitaria es clave para la sostenibilidad social y la preservación identitaria. Sin embargo, la evidencia empírica sobre el papel de factores psicosociales en territorios con baja infraestructura cultural es escasa. Este estudio examina la influencia de la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local en la participación cultural comunitaria en Santa Lucía, Ecuador. A partir de una encuesta estructurada a 160 residentes y un análisis cuantitativo correlacional, se evaluó la fiabilidad de las escalas (α = 0,86–0,98) y se aplicaron regresiones y modelos de moderación. Aunque el modelo general no mostró asociaciones estadísticamente significativas (R^2 = 0,017; $p > 0,05$). No obstante, el análisis por subgrupos reveló patrones diferenciados según edad y nivel educativo. Estos resultados evidencian que la participación cultural no responde de manera homogénea, sino segmentada. En conjunto, los hallazgos muestran la necesidad de considerar factores psicosociales y barreras estructurales para comprender la dinámica cultural en contextos rurales. El estudio aporta evidencia que cuestiona la universalidad de los modelos clásicos de capital social y destaca la importancia de diseñar estrategias culturales adaptadas a perfiles sociodemográficos específicos y a las condiciones del territorio.

KEYWORDS

Community participation
Social cohesion
Sense of belonging
Local identity

ABSTRACT

In rural contexts, community cultural participation is more than a recreational activity—it serves as a catalyst for social cohesion, identity formation, and a strengthened sense of belonging. Yet, empirical evidence on how these factors interact in territories with limited cultural infrastructure remains scarce. This study employs a quantitative and correlational approach to examine the influence of social cohesion, sense of belonging, and local identity on community cultural participation

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11
Formato de cita / Citation: Chiriboga-Cisneros, F., Pérez-Zuleta, M., Triviño-Bloisse, S., & Mora-Méndez, F. (2026). Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador). Revista de Estudios Andaluces (51), 224-240. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11
Correspondencia autores: edison.chiribogac@ug.edu.ec (Fernando Chiriboga-Cisneros)

in Santa Lucía, Ecuador. A structured survey was administered to 160 residents selected through non-probabilistic sampling, with composite indices demonstrating high internal consistency (α = 0.86–0.98). Regression and moderation analyses revealed that the psychosocial variables showed limited predictive power regarding cultural participation (R^2 = 0.017; p > 0.05). However, subgroup analysis revealed different patterns according to age and educational level. These results show that cultural participation is not homogeneous, but segmented. Overall, the findings show the need to consider psychosocial factors and structural barriers in order to understand cultural dynamics in rural contexts. The study provides evidence that questions the universality of classic models of social capital and highlights the importance of designing cultural strategies tailored to specific sociodemographic profiles and local conditions.

1. INTRODUCCIÓN

La participación cultural ha demostrado ser un catalizador para el desarrollo social, la integración comunitaria y la dinamización económica en contextos rurales e indígenas (Carrillo & Plazas, 2023; Adell & Ochoa, 2020). Más allá de sus beneficios inmediatos, esta forma de involucramiento refleja dimensiones profundas de empoderamiento social y político (Lager, 2024; Ortíz *et al*., 2016; Torres-Toukoumidis *et al*., 2022). En la última década, el reconocimiento del patrimonio cultural inmaterial ha cobrado relevancia, en paralelo a debates sobre identidad étnica, disputas territoriales y transformaciones comunitarias (Lager, 2019; Soares, 2022; Maldonado-Erazo *et al*., 2020).

Dentro del marco del turismo comunitario, diversos estudios lo consideran una herramienta eficaz para la preservación cultural y el desarrollo local sostenible (Dolezal & Ricaurte-Quijano, 2016; Hernández-Mogollón *et al*., 2019). La participación cultural también incide en estructuras de organización política, especialmente en procesos de liderazgo inclusivo y en la reivindicación del rol de la mujer (Ortega-García & García-Novoa, 2024). Por su carácter dinámico, el patrimonio cultural refleja los valores, símbolos y expresiones de cada comunidad, y se vincula directamente con iniciativas económicas locales (Navarro, 2022; Silvera & Fernández, 2024).

En el caso ecuatoriano, la literatura señala que la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local son pilares en la promoción de la participación cultural comunitaria, entrelazándose con temas como el empoderamiento colectivo, la preservación patrimonial y la gobernanza local (Soares, 2022; Siza *et al*., 2020; Adell & Ochoa, 2020). Sin embargo, en el cantón Santa Lucía, ubicado en la provincia del Guayas, se observa una baja participación en actividades culturales, lo cual revela una brecha de conocimiento respecto a los factores sociales que podrían explicar dicha dinámica.

A pesar de la creciente literatura sobre participación cultural y turismo comunitario, persiste una escasez de estudios empíricos que analicen el papel de variables psicosociales, tales como: la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local— en contextos rurales con baja infraestructura cultural. Esta ausencia limita la comprensión de los mecanismos que movilizan o inhiben la acción cultural colectiva en territorios periféricos.

Se explora en este artículo un marco conceptual que define la cohesión social como redes de confianza y reciprocidad en la comunidad (Perreault, 2003); el sentido de pertenencia como apego emocional al lugar y al grupo (Son & Krolikowski, 2024); y la identidad local como autodefinición colectiva enraizada en tradiciones culturales compartidas (Lager, 2024; Corr, 2002). Estos constructos, interrelacionados, influyen de forma conjunta en la participación comunitaria, la resiliencia social y el empoderamiento de los habitantes (Rop *et al*., 2023; Cahyaningrum *et al*., 2024).

El presente estudio se inscribe dentro de un proyecto colaborativo entre la Universidad de Guayaquil y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Lucía, desarrollado por docentes y estudiantes de la carrera de Turismo. Metodológicamente, se adopta un enfoque cuantitativo, no experimental y de tipo correlacional, orientado a analizar empíricamente la influencia de la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local sobre la participación cultural comunitaria en el cantón Santa Lucía, mediante la aplicación de una encuesta estructurada.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Esta investigación examina los mecanismos socioculturales que promueven o dificultan el involucramiento ciudadano en prácticas culturales. Su propósito final es informar de las estrategias de desarrollo comunitario, gestión turística y preservación patrimonial, tomando en cuenta las realidades sociales del cantón. A diferencia de otros estudios en zonas urbanas, este análisis aborda una comunidad con baja participación cultural, lo cual permite identificar dinámicas sociales poco exploradas hasta ahora.

A pesar de los avances en la comprensión de la participación cultural en contextos urbanos, en territorios rurales como Santa Lucía persisten vacíos sustantivos en torno a los factores que explican el limitado involucramiento ciudadano en actividades culturales. La baja oferta programática, las restricciones de infraestructura y las desigualdades territoriales sugieren que los modelos explicativos basados únicamente en variables psicosociales podrían ser insuficientes para captar la complejidad del fenómeno. Esta ausencia de evidencia empírica dificulta el diseño de políticas culturales efectivas y adaptadas a las necesidades reales de la población rural. Por ello, resulta necesario analizar simultáneamente las condiciones socio territoriales y los determinantes psicosociales de la participación, con el fin de identificar barreras específicas, comprender patrones diferenciales entre grupos sociales y aportar insumos para la formulación de estrategias culturales más inclusivas y contextualizadas.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Participación cultural comunitaria: fundamentos teóricos

La participación cultural comunitaria ha sido ampliamente reconocida como un motor de transformación social, especialmente en contextos rurales e indígenas. Desde la teoría de la cultura cívica, se plantea que el involucramiento ciudadano en actividades culturales no solo fortalece el tejido social, sino que también promueve el empoderamiento colectivo y la sostenibilidad territorial (Almond, s.f.; Verba, 2001). Esta perspectiva ha sido enriquecida por estudios que vinculan la participación con el desarrollo local, la gobernanza inclusiva y la revitalización del patrimonio cultural (Planchart-Romero & Pinho, 2019; Carrillo & Plazas, 2023).

Autores como Skórzyńska (2016) y John *et al*. (2011) destacan que la participación cultural está mediada por factores individuales, tales como: creencias, motivaciones y capital simbólico y como factores estructurales, la confianza institucional, el acceso a recursos y las condiciones socioeconómicas. En este sentido, la cultura participativa se configura como un espacio de negociación entre lo personal y lo colectivo, donde las prácticas culturales operan como vehículos de expresión, resistencia y cohesión.

En el caso de Ecuador, la participación cultural ha sido abordada desde el turismo comunitario, entendido como una estrategia para la preservación patrimonial y el desarrollo sostenible (Dolezal & Ricaurte-Quijano, 2016; Siza *et al*., 2020). Sin embargo, persisten brechas en la comprensión de los factores psicosociales que inciden en el involucramiento ciudadano, especialmente en territorios con baja infraestructura cultural.

2.2. Sentido de pertenencia y vinculación territorial

El sentido de pertenencia se refiere al vínculo emocional, simbólico y cognitivo que los individuos establecen con su comunidad y entorno geográfico. Este constructo ha sido asociado con el capital social, entendido como el conjunto de redes, normas y confianza que facilitan la cooperación y la participación (Putnam, 2000). Investigaciones recientes señalan que el sentido de pertenencia se fortalece mediante la participación en eventos culturales, la interacción con símbolos locales y la apropiación del espacio público (Son & Krolikowski, 2024; Abarca & Valdivieso, 2020).

No obstante, este vínculo puede verse debilitado por procesos de globalización, pérdida de patrimonio intangible y falta de estrategias educativas que promuevan la identidad local entre las nuevas generaciones (Zambrano & Calderón, 2023; Backlund, 2012). En este contexto, el sentido de pertenencia no solo representa

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

una experiencia subjetiva, sino también un recurso colectivo que puede ser movilizado para fortalecer la cohesión social y la participación cultural.

Hipótesis 1 (H1): A mayor sentido de pertenencia, mayor participación cultural comunitaria.

2.3. Identidad local como capital cultural

La identidad local constituye una dimensión estructural en los procesos de participación comunitaria, al articular los valores, símbolos y memorias compartidas que configuran el imaginario colectivo. Desde la perspectiva de Bourdieu (1986), esta identidad puede entenderse como capital cultural, transmitido a través de prácticas simbólicas, educación y participación en actividades culturales.

En territorios como Santa Lucía, la identidad se expresa mediante festivales, rituales, gastronomía y saberes ancestrales, que reflejan una hibridación entre herencias indígenas, afrodescendientes y mestizas (Basurto-Cedeño *et al*., 2023; Soto, 2019). Estas manifestaciones no solo refuerzan el sentido de pertenencia, sino que también operan como mecanismos de resistencia frente a la homogenización cultural.

El turismo comunitario, cuando se gestiona de forma participativa, puede fortalecer esta identidad; pero si se impone desde lógicas externas, corre el riesgo de mercantilizarla (Ruiz-Ballesteros & Hernández-Ramírez, 2010; Zambrano, 2021). Por ello, es fundamental considerar la identidad local como un recurso estratégico para el diseño de políticas culturales inclusivas.

Hipótesis 2 (H2): A mayor identidad local, mayor participación cultural comunitaria.

2.4. Cohesión social y sostenibilidad comunitaria

La cohesión social se refiere al grado de integración, reciprocidad y confianza entre los miembros de una comunidad. Diversos estudios han demostrado que esta cohesión se construye y reproduce a través de prácticas culturales compartidas, como festividades, rituales y procesos de planificación colaborativa (Soares, 2022; Perreault, 2003).

En contextos rurales, la cohesión social favorece la resiliencia comunitaria, la gobernanza desde abajo y la continuidad cultural (Hernández-Mogollón *et al*., 2019). Sin embargo, también enfrenta amenazas como la fragmentación intergeneracional, la mercantilización del territorio y la desafección juvenil (Adell & Ochoa, 2020; Lager, 2019).

Superar estos desafíos requiere estrategias que fortalezcan los vínculos comunitarios mediante enfoques participativos y democráticos. En este marco, la cohesión social se convierte en un engranaje vital para la sostenibilidad cultural y la participación.

Hipótesis 3 (H3): A mayor cohesión social, mayor participación cultural comunitaria.

2.5. Barreras percibidas y predisposición psicosocial

La predisposición psicosocial hacia la cultura participativa se refiere a las actitudes, creencias y motivaciones que impulsan el involucramiento en prácticas culturales. Sin embargo, esta predisposición puede verse obstaculizada por barreras contextuales como la falta de tiempo, recursos, información o espacios accesibles (Meyer, 2022; Ateca-Amestoy & Prieto-Rodríguez, 2023).

Estas barreras moderan la relación entre la intención de participar y la acción efectiva, generando una brecha entre el deseo simbólico y la implicación concreta. La literatura sugiere que, para captar adecuadamente este efecto moderador, es necesario utilizar escalas validadas y multidimensionales (Hayes, 2018).

Hipótesis 4 (H4): La percepción de barreras modera negativamente la relación entre predisposición psicosocial y participación cultural comunitaria.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

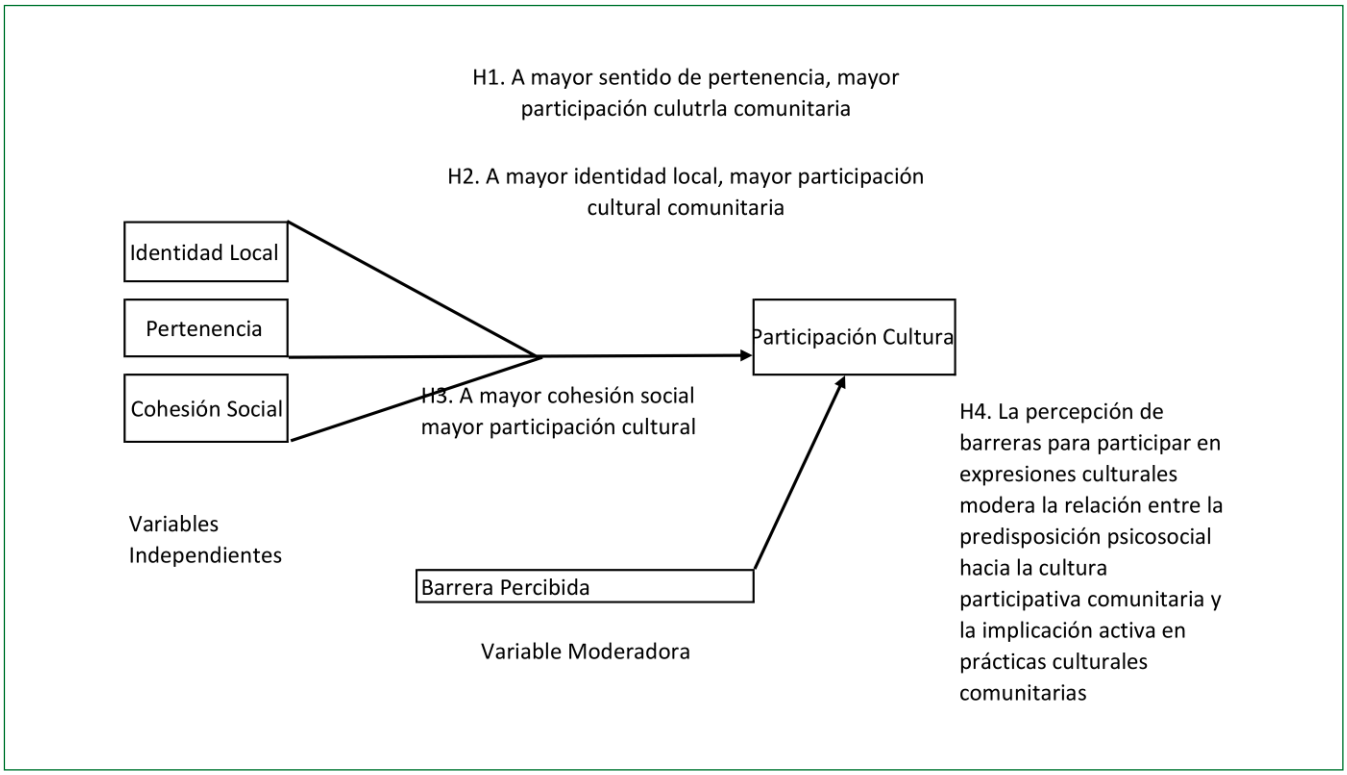


Figura 1. Modelo conceptual propuesto. Fuente: elaboración propia.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y correlacional, adoptando un diseño transversal. El objetivo fue analizar la influencia de tres variables psicosociales —cohesión social, identidad local y sentido de pertenencia— sobre la participación cultural comunitaria en el cantón Santa Lucía, Ecuador.

La unidad de análisis estuvo conformada por residentes del cantón, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta técnica respondió a criterios de accesibilidad y disponibilidad durante el trabajo de campo, reconociendo las limitaciones logísticas propias del contexto rural. Aunque no permite generalización estadística, se buscó una composición sociodemográfica diversa que reflejara distintas edades, niveles educativos y condiciones sociales.

La recolección de datos se realizó mediante una encuesta presencial estructurada, aplicada entre mayo y junio de 2024 por un equipo de dos encuestadores previamente capacitados. (Anexo 1) Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando participantes en espacios comunitarios, zonas residenciales y puntos de encuentro local, garantizando diversidad etaria y de nivel educativo. Antes del levantamiento, se efectuó una prueba piloto con 15 residentes para verificar claridad semántica, tiempo de aplicación y coherencia interna de los ítems, lo que permitió ajustar el orden y redacción de varias preguntas. La encuesta fue aplicada de manera individual, con un tiempo promedio de 10–12 minutos por persona. Para el análisis de datos, se realizó una limpieza inicial que incluyó detección de valores atípicos univariados, revisión de omisiones y verificación de consistencia de respuestas. Posteriormente, se calcularon estadísticos descriptivos, pruebas de normalidad, correlaciones de Pearson y Spearman, y modelos de regresión jerárquica con interacción utilizando IBM SPSS (v.26). Se empleó el procedimiento de centramiento de variables para reducir colinealidad en los términos de interacción y se verificaron los supuestos de homocedasticidad, independencia de errores y ausencia de multicolinealidad (VIF < 3). Este conjunto de procedimientos garantiza la transparencia analítica y permite la replicación del estudio en contextos similares

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

El instrumento aplicado fue un cuestionario estructurado (Anexo 1) dividido en dos secciones. La primera recopiló datos sociodemográficos; la segunda incluyó ítems diseñados para medir las variables centrales del estudio. La construcción de los ítems se basó en literatura especializada y adaptaciones contextuales validadas en estudios previos (Ateca-Amestoy & Prieto-Rodríguez, 2023; Soares, 2022; Meyer, 2022).

La distribución de ítems por dimensión fue la siguiente:

- Sentido de pertenencia: 3 ítems
- Identidad local: 4 ítems
- Cohesión social: 4 ítems
- Participación cultural comunitaria: 5 ítems

Para la variable dependiente, se construyó un índice compuesto a partir de tres ítems (PART1, PART3 y PART4), seleccionados por su coherencia teórica y alta correlación interna. El ítem PART2 fue excluido por presentar baja correlación ítem-total y escasa consistencia conceptual con el constructo. El ítem PART5, que evalúa barreras percibidas (falta de tiempo, información o recursos), fue tratado como variable moderadora y se incorporó en el análisis de regresión jerárquica para explorar efectos de interacción.

Aunque la literatura recomienda medir las barreras percibidas mediante escalas multidimensionales, en este estudio se optó por utilizar un ítem único debido a dos razones metodológicas y operativas. En primer lugar, durante la etapa piloto se identificó que los residentes tenían dificultades para diferenciar entre tipos de barreras (tiempo, acceso, información, costos), lo que generaba confusión y respuestas inconsistentes. El uso de un enunciado global permitió captar la percepción general del constructo sin incrementar la carga cognitiva de los participantes, un aspecto crítico en contextos rurales con heterogeneidad educativa. En segundo lugar, el cuestionario debía mantenerse breve para garantizar su aplicación en campo, dado que la inseguridad y las limitaciones logísticas reducían el tiempo efectivo de encuesta. Por ello, el ítem único actuó como un indicador parsimonioso y adecuado para explorar efectos moderadores preliminares, reconociéndose como una decisión metodológica contextual coherente con estudios en territorios rurales.

El índice de participación cultural comunitaria fue calculado mediante el promedio de los tres ítems seleccionados, utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = muy baja participación; 5 = muy alta participación). Este índice captó dimensiones como frecuencia, involucramiento, disposición futura y conexión emocional con las actividades culturales del entorno.

La fiabilidad interna de cada dimensión fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose valores entre 0.86 y 0.98, lo que indica una consistencia interna excelente. No se reportaron problemas de colinealidad ni autocorrelación en los residuos, y se verificó la robustez de los análisis frente a violaciones moderadas de normalidad.

4. RESULTADOS

Los resultados de la investigación muestran (tabla 1) que en el análisis de los pobladores del cantón Santa Lucía se identificó la existencia de una pequeña predominancia del género masculino (53,8%) con respecto al femenino (46,3%). Así mismo, el rango de edad demuestra que la mayoría de los participantes se localizan en el rango de 35 a 44 años con un 28.8%, seguido por personas de 45 a 54 años, con un 25,6%; y finalmente, los de 25 a 34 años, alcanzan un 16.3%; lo que representa casi el 70% de toda la muestra. Así mismo, destaca un elevado número de personas que han culminado el bachillerato (80%), esto indica que los participantes poseen un conocimiento sobre las manifestaciones culturales del cantón. Finalmente, el estado civil de la muestra señala que la mayoría de los encuestados (60%) son casados, lo que indica una influencia familiar importante al momento de transmisión de la herencia cultural.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Tabla 1. Análisis descriptivo de las variables sociodemográficas.

Variable	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Género	Hombre	86	53.7
	Mujer	74	46.3
Edad	18 a 24 años	16	10.0
	25 a 34 años	26	16.3
	35 a 44 años	46	28.8
	45 a 54 años	41	25.6
	55 a 64 años	22	13.8
	más de 65 años	9	5.6
Educación	Primaria	19	11.9
	Secundaria	136	85.0
	Superior	5	3.1
Estado civil	Soltero	58	36.3
	Casado	96	60
	Divorciado	6	3.8

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa SPSS v.25.

Por otra parte, el índice compuesto de la dimensión participación cultural comunitaria (tabla 2) señala que el promedio es de 2,87, lo que representa, un nivel medio alto de participación, es decir un nivel moderado de involucramiento de la muestra en las actividades culturales. La consistencia interna del índice fue excelente, con un alfa de Cronbach = 0.987, lo que sugiere una muy alta fiabilidad entre los ítems utilizados (PART1, PART3 Y PART4). El índice compuesto de participación cultural comunitaria se construyó a partir de los ítems PART1, PART3 y PART4, excluyendo PART2 por baja correlación y escasa coherencia teórica. El ítem PART5 fue tratado como variable moderadora en el análisis de regresión jerárquica.

Tabla 2. Nivel general de participación cultural comunitaria.

Dimensión	Mínimo	Máximo	Media	Desvest
Participación cultural comunitaria	1	5	2,87	1,35

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa SPSS v.25.

La tabla 3, muestra que la dimensión identidad local es la mejor valorada con una con una media de 4.33 y un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.86, seguida por las dimensiones cohesión social (M = 3.5; α = 0.94) y sentido de pertenencia (M = 3.47; α = 0.97). Sin embargo, la dimensión "participación comunitaria" posee un rango inferior (M = 2.87; α = 0.98) frente a las otras variables. En lo que respecta al análisis de confiabilidad interna todos los constructos poseen una fiabilidad de buena a excelente, es decir que los ítems de cada dimensión miden coherentemente una misma característica, por lo tanto, el cuestionario es confiable.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Tabla 3. Estadísticos descriptivos del cuestionario.

Dimensión	Ítems	Media	Desviación Estándar	Alfa de Cronbach
Sentido de pertinencia		3,47	1,11	0,97
	¿Con qué frecuencia se siente vinculado emocionalmente con los miembros de su comunidad?	3,41	1,2	
	¿En qué medida se siente identificado con las personas que viven en su comunidad?	3,6	1,02	
	¿Con qué frecuencia considera que su opinión es valorada en los asuntos importantes de la comunidad?	3,41	1,2	
Identidad local		4,33	0,49	0,86
	¿Qué tanto valora las tradiciones culturales y sociales de su comunidad?	4,11	0,723	
	¿Qué tan importante considera el patrimonio histórico de su comunidad?	4,34	0,538	
	¿En qué medida considera que la historia y tradiciones de su comunidad influyen en su identidad personal?	4,47	0,513	
	¿Participa en actividades que celebran la cultura y las tradiciones locales?	4,43	0,557	
Cohesión social		3,5	0,7	0,941
	¿Cómo describiría la calidad de las relaciones entre los miembros de su comunidad?	3,1	0,665	
	¿Con qué frecuencia los miembros de su comunidad se brindan apoyo mutuo?	3,55	0,815	
	¿Qué tanto confía en las personas de su comunidad para participar conjuntamente en iniciativas o actividades locales?	3,48	0,816	
	¿Qué tan cómodo se siente al solicitar apoyo a su comunidad cuando lo requiere?	3,61	0,761	
	¿En qué medida considera que su comunidad colabora de forma conjunta para resolver sus problemáticas?	3,78	0,837	
Participación comunitaria		2,87	1,35	0,987
	¿Ha participado alguna vez en alguna manifestación cultural de su comunidad?	2,97	1,416	
	¿Con qué frecuencia participa en eventos culturales o tradicionales de su comunidad (festivales, ferias, presentaciones artísticas, etc.)?	2,67	1,263	
	¿Qué tan dispuesto/a estaría usted a participar activamente en futuras actividades culturales comunitarias si se presentaran más oportunidades accesibles?	2,98	1,418	

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa spss v.25.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Con respecto al involucramiento de los residentes del cantón Santa Lucía posee una tendencia moderada, en este sentido, las personas asisten solamente a actividades turísticas específicas, por lo tanto, se limita su nivel de participación, su frecuencia y su intención futura. Sin embargo, el 70% de los residentes participan en estos eventos específicos, apoyan con los organizadores, la coordinación o liderazgo y participan de forma activa.

Debe señalarse, que el 70% de los residentes se sienten parte de la comunidad, lo que incrementa su vínculo emocional con su entorno, debido a que se identifican con creencias, tradiciones y costumbres compartidas. Sin embargo, consideran que en ciertas ocasiones sus opiniones no son valoradas. En definitiva, el constructo sentido de pertenencia explica una tendencia moderadamente alta de conexión emocional con la comunidad.

Los residentes reconocen la importancia que tiene la historia, cultura y tradiciones por ende valoran las características únicas que posee el cantón. Cabe destacar que la población solamente participa en actividades en el cual se identifican; por lo tanto, lo que se sugiere es identificar que actividades turísticas, culturales y civiles provocan este vínculo. En conclusión, este constructo se enfoca en que la percepción es muy favorable, aunque no tan alta como la dimensión identidad local.

Tabla 4. Pruebas de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMPERT	,169	160	,000	,922	160	,000
PROMCOHES	,113	160	,000	,967	160	,001
PROMIDENTL	,136	160	,000	,916	160	,000
PROPART	,147	160	,000	,911	160	,000
participacion comunitaria	,212	160	,000	,907	160	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa spss v.21.

Para analizar la relación significativa que tienen las variables, se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov & Shapiro-Wilk, tabla 4) sobre las variables del estudio. Los resultados indicaron que ninguna de las variables presenta distribución normal ($p < 0.05$). Sin embargo, dado el tamaño muestral ($n = 160$) y la escala tipo intervalo de las variables compuestas, se utilizó la correlación de Pearson, que se considera robusta frente a violaciones moderadas de normalidad. Adicionalmente, se realizaron correlaciones de Spearman para comprobar la consistencia de los resultados.

Aunque el coeficiente de Pearson es considerado robusto ante violaciones moderadas de normalidad en muestras superiores a 100 casos, se incluyeron también correlaciones de Spearman con el fin de ofrecer una estimación no paramétrica que no asume distribución normal. Esta decisión permite contrastar la estabilidad de los resultados entre ambos coeficientes y garantizar así mayor solidez analítica, especialmente considerando que todas las variables del estudio mostraron desviaciones significativas respecto a la normalidad.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Tabla 5. Correlación de variables.

Variables	PROPART	PROMPERT	PROMCOHES	PROMIDENTL
PROPART (Participación cultural)	1	0,059	0,114	0,021
PROMPERT (Pertenencia)	0,059	1	0,07	-0,14
PROMCOHES (Cohesión social)	0,114	0,07	1	-0,012
PROMIDENTL (Identidad local)	0,021	-0,14	-0,012	1

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa spss v.21.

La tabla 5, muestra la correlación de Spearman para explorar la relación entre las variables. Los resultados no mostraron correlaciones estadísticamente significativas entre las variables independientes y la participación cultural comunitaria ($p > .05$). En este sentido, las variables independientes (sentido de pertenencia, cohesión social, identidad local) y la variable dependiente (participación cultural comunitaria) no mostraron relaciones significativas. Ninguna de las correlaciones superó un valor de rho = 0,15, y todos los valores de p fueron mayores a 0,05.

El bajo impacto de las variables independientes puede reflejar que las actitudes y percepciones positivas hacia la comunidad (como la identidad local o el sentido de pertenencia) no siempre se traducen en acción participativa, especialmente si existen barreras prácticas y materiales que interfieren. Este hallazgo concuerda con lo señalado por autores como Putnam (2000) y Verba (2001), quienes advierten que la participación comunitaria es multifactorial y no puede explicarse únicamente por la motivación individual.

Tabla 6. Estadísticos del modelo de la regresión lineal predicción vs moderada.

Estadístico	Predicción normal	Valor moderado
R	0,129	0,15
R^2	0,017	0,022
R^2 ajustado	-0,002	-0,023
F (7,152)	0,873	0,498
p (significancia del modelo)	0,456	0,835
Error estándar de estimación	1,351	1,365

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa SPSS v.25.

Se realizó una regresión lineal múltiple (tabla 6) para examinar la influencia del sentido de pertenencia, cohesión social e identidad local en la participación cultural comunitaria. El modelo no fue estadísticamente significativo, $F(3,156) = 0,873$, $p = 0,456$, y explicó solo el 1,7% de la varianza en la participación ($R^2 = 0,017$). Ninguna de las variables independientes resultó ser un predictor significativo ($p > 0,05$). No se detectaron problemas de colinealidad ni autocorrelación en los residuos.

Por lo tanto, y al poseer una variable moderadora, se realizó un modelo de regresión moderada, con el fin de descubrir efectos condicionados entre las variables independientes y la participación cultural comunitaria. Sin embargo, el modelo general no fue estadísticamente significativo, $F(7,152) = 0,498$, $p = 0,835$, y explicó un bajo porcentaje de la varianza ($R^2 = 0,022$). Tampoco se encontraron efectos significativos en ninguna de las interacciones, lo que indica que las barreras percibidas no moderan significativamente las relaciones estudiadas. Asimismo, ninguna de las variables independientes tuvo un efecto directo significativo sobre la participación cultural comunitaria.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

La ausencia de efectos significativos en el modelo moderado debe interpretarse con cautela, ya que la variable "barreras percibidas" fue medida mediante un único ítem, lo cual puede reducir su fiabilidad y limitar su capacidad para capturar adecuadamente la variabilidad real del constructo. Esta medición simplificada puede haber atenuado la detección de interacciones, generando un posible sesgo por subestimación del efecto moderador. En consecuencia, los resultados no deben interpretarse como evidencia definitiva de la ausencia de moderación, sino como un indicador preliminar condicionado por la parsimonia de la medida y por las restricciones del levantamiento de datos en el contexto rural estudiado.

Por otra parte, la variable barrera percibida, incluida como moderadora, no mostró efectos significativos de interacción, lo cual puede explicarse por su medición mediante un único ítem. La literatura sugiere que las variables moderadoras deben ser captadas a través de escalas validadas de varios ítems para mejorar la fiabilidad y la potencia estadística (Hayes, 2018).

Además, se realizó el análisis por subgrupos sociodemográficos (sexo, edad y nivel educativo), lo que conlleva a identificar patrones diferenciales en la relación entre las dimensiones psicosociales y la participación comunitaria. Aunque el modelo general no mostró efectos significativos, los análisis estratificados revelaron asociaciones relevantes que habrían permanecido ocultas en un enfoque global.

Tabla 7. Correlaciones entre participación comunitaria y dimensiones psicosociales por subgrupo sociodemográfico.

Subgrupo	N	Dimensión correlacionada con PROPART	r de Spearman	p-valor	Significancia
Sexo: Femenino	74	Cohesión social	.092	.433	No
Sexo: Masculino	86	Sentido de pertenencia	.135	.215	No
Edad: 35–44	46	Sentido de pertenencia	**.350**	**.017**	**Sí**
Edad: 35–44	46	Pertenencia ↔ Identidad local	**-.310**	**.036**	**Sí**
Edad: 65+	9	Cohesión social	**-.682**	**.043**	**Sí**
Educación: Secundaria	136	Pertenencia ↔ Identidad local	**-.207**	**.016**	**Sí**

Fuente: elaboración propia; tarea realizada mediante el programa spss v.25.
Nota: Solo se muestran correlaciones significativas ($p < .05$). PROPART = Participación comunitaria.

En el grupo de edad 35–44 años, el sentido de pertenencia mostró una correlación positiva significativa con la participación ($r = .350$, $p < .05$), lo que sugiere que el vínculo emocional con la comunidad puede traducirse en acción participativa en esta etapa vital. Sin embargo, también se observó una correlación negativa significativa entre pertenencia e identidad local ($r = -.310$, $p < .05$), lo que podría reflejar tensiones entre el apego emocional y la valoración cultural de la comunidad. Este hallazgo apunta a una experiencia ambivalente, donde el compromiso emocional no necesariamente implica adhesión simbólica o histórica.

En adultos mayores (65+), la cohesión social se asoció negativamente con la participación ($r = -.682$, $p < .05$), lo que podría indicar que, a pesar de mantener vínculos comunitarios, existen barreras estructurales o percepciones de exclusión que limitan la participación. Este patrón sugiere que la participación no depende únicamente de la calidad de las relaciones sociales, sino también de factores como accesibilidad, salud, percepción de utilidad y reconocimiento.

Por nivel educativo, se identificó una correlación negativa significativa entre sentido de pertenencia e identidad local en el grupo con educación secundaria ($r = -.207$, $p < .05$), lo que sugiere una visión crítica o ambivalente hacia la comunidad en personas con escolaridad media, especialmente en contextos donde la escolaridad media se asocia con mayor exposición a discursos alternativos, movilidad social o cuestionamiento de estructuras tradicionales.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos revelan que la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local no presentaron relaciones estadísticamente significativas con la participación cultural comunitaria, y que el modelo de regresión explicó apenas el 1,7 % de la varianza (R^2 = 0,017; p > 0,05). Asimismo, el análisis de moderación mediante la variable "barreras percibidas" no arrojó efectos significativos. Si bien en investigaciones previas, especialmente en contextos urbanos o con mayor infraestructura cultural, estas dimensiones han mostrado asociaciones positivas (Putnam, 2000; Ursić, 2024; Soares, 2022), los hallazgos de este estudio sugieren que la dinámica en Santa Lucía responde a condicionantes diferentes.

En primer lugar, la composición de la muestra, mayoritariamente homogénea en términos educativos (85 % con secundaria completa) y etarios concentrados en el rango de 35 a 54 años, pudo haber reducido la variabilidad de las respuestas y, con ello, la capacidad estadística para detectar efectos pequeños o moderados. Adicionalmente, la variable moderadora "barreras percibidas" fue medida con un único ítem, lo que limita su fiabilidad y reduce la potencia estadística en el análisis de interacción (Hayes, 2018). Otro aspecto a considerar es que, aunque las pruebas de normalidad indicaron ausencia de distribución normal, se optó por utilizar correlaciones de Pearson; aunque este coeficiente es robusto a variaciones moderadas, pudo no captar plenamente relaciones no lineales.

El entorno socioeconómico y cultural de Santa Lucía presenta particularidades que pueden alterar el patrón teórico esperado. La inseguridad reportada durante la recolección de datos, la limitada oferta de eventos culturales y las restricciones de acceso físico o económico podrían actuar como barreras estructurales más determinantes que los factores psicosociales. En contextos rurales, la participación cultural no siempre se manifiesta en eventos organizados, sino en prácticas cotidianas informales (Carrillo & Plazas, 2023), lo que puede no haber sido plenamente captado por el instrumento.

Diversos estudios respaldan la importancia de estos factores estructurales en contextos similares. Carrillo & Plazas (2023) señalan que, en territorios rurales ecuatorianos, la escasa infraestructura cultural limita la frecuencia y diversidad de prácticas comunitarias, generando brechas de participación pese a la existencia de vínculos sociales sólidos. De manera similar, Soares (2022) evidencia que la oferta cultural limitada y las barreras logísticas reducen la implicación ciudadana incluso cuando existe interés comunitario. Asimismo, investigaciones sobre gobernanza rural y participación comunitaria indican que condiciones de inseguridad o precariedad territorial afectan la disponibilidad de espacios, la programación cultural y la percepción de riesgo, influyendo negativamente en la participación (Perreault, 2003; Siza *et al*., 2020). En conjunto, estos estudios refuerzan que, en contextos rurales como Santa Lucía, las restricciones estructurales pueden tener un peso mayor que los factores psicosociales en la decisión de participar.

La ausencia de significancia estadística no implica que las dimensiones analizadas carezcan de relevancia, sino que su influencia podría ser indirecta o estar mediada por otras variables no incluidas en el modelo, como la confianza institucional, la percepción de utilidad de las actividades culturales o la motivación personal (Merino *et al*., 2024). En este sentido, el marco conceptual que asume una relación directa entre capital social y participación cultural podría requerir adaptaciones específicas para entornos rurales con baja densidad de oferta cultural (Lager, 2019).

El análisis estratificado mostró asociaciones significativas en grupos específicos, como el vínculo positivo entre sentido de pertenencia y participación en personas de 35 a 44 años, y relaciones negativas en otros segmentos (p. ej., cohesión social en mayores de 65 años). Estos patrones sugieren que la relación entre variables psicosociales y participación cultural está modulada por factores generacionales y de trayectoria de vida, lo que coincide con planteamientos de Son & Krolikowski (2024) sobre la naturaleza segmentada de la implicación comunitaria.

Para la gestión cultural local, estos resultados indican que las estrategias genéricas podrían no ser efectivas. Es necesario diseñar intervenciones diferenciadas por segmento poblacional: fomentar el sentido de pertenencia en adultos jóvenes, reforzar redes de cohesión social en grupos intermedios y reducir barreras físicas y de accesibilidad para adultos mayores. Asimismo, la evidencia apunta a que en Santa Lucía la participación cultural no depende únicamente de factores psicosociales, por lo que resulta imprescindible abordar simultáneamente las limitaciones estructurales.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Metodológicamente, se recomienda ampliar la medición de variables moderadoras y considerar análisis longitudinales para captar cambios en el tiempo. Teóricamente, los hallazgos invitan a repensar los modelos de participación cultural en entornos rurales, integrando dimensiones como accesibilidad, seguridad, oferta cultural y confianza institucional como elementos centrales.

Tabla 8. Aportes teóricos y prácticos del estudio.

Tipo de aporte	Descripción
Aporte teórico 1	Evidencia empírica que cuestiona la aplicabilidad universal de los modelos de capital social en contextos rurales con baja infraestructura cultural.
Aporte teórico 2	Introduce el concepto de participación segmentada en comunidades rurales, mostrando que el efecto de variables psicosociales varía según edad y nivel educativo.
Aporte teórico 3	Propone integrar variables estructurales (accesibilidad, seguridad, oferta cultural) en los modelos explicativos, ampliando la perspectiva psicosocial tradicional.
Aporte práctico 1	Orienta la formulación de políticas culturales diferenciadas por grupo etario y nivel educativo, en lugar de estrategias homogéneas para toda la población.
Aporte práctico 2	Recomienda el diseño de microeventos culturales accesibles y adaptados a la realidad local, para reducir barreras de participación.
Aporte práctico 3	Sugiere la visibilización y fortalecimiento de prácticas culturales informales como herramienta para reforzar identidad y cohesión social en comunidades rurales.

Fuente: elaboración propia.

Más allá de la ausencia de asociaciones estadísticamente significativas en el modelo general, este estudio genera un aporte sustantivo al debate académico sobre la participación cultural rural. Al evidenciar que la relación entre variables psicosociales y acción cultural es segmentada por edad y nivel educativo, se desafía la visión homogénea propuesta por modelos clásicos de capital social. Asimismo, se propone un marco ampliado que incorpora barreras estructurales como elementos clave para comprender la dinámica comunitaria en territorios con baja infraestructura cultural. La tabla 8 sintetiza estos aportes teóricos y prácticos, orientando tanto la reflexión académica como el diseño de políticas públicas y estrategias culturales más contextualizadas.

Los resultados obtenidos cuestionan la premisa de que cohesión social, sentido de pertenencia e identidad local impulsan de forma directa y homogénea la participación cultural en contextos rurales. En Santa Lucía, estas variables explican solo un 1,7 % de la varianza, sugiriendo que las limitaciones estructurales, tales como: accesibilidad, seguridad y oferta cultural— tienen un peso mayor que los factores psicosociales en la decisión de participar. Este hallazgo no es una debilidad, sino un aporte, que invita a replantear los modelos explicativos del capital social, incorporando dimensiones contextuales y segmentadas.

Al desafiar la aplicabilidad universal de modelos teóricos basados únicamente en capital social, este trabajo aporta una visión más matizada: la relación entre variables psicosociales y participación no es homogénea, sino que varía según edad y nivel educativo. Por ejemplo, el vínculo afectivo con la comunidad impulsa la acción cultural en adultos de 35–44 años, mientras que en adultos mayores las barreras físicas y de reconocimiento pueden inhibirla. Este hallazgo refuerza la necesidad de diseñar estrategias segmentadas que atiendan las particularidades generacionales y formativas de cada grupo.

Desde una perspectiva de gestión cultural, los resultados invitan a priorizar intervenciones que reduzcan las barreras prácticas: promover microeventos vecinales, mejorar la señalización y ajustar horarios para facilitar la asistencia. Al mismo tiempo, es crucial reconocer y potenciar las formas informales de participación —rituales cotidianos, oficios tradicionales o encuentros espontáneos en plazas— para visibilizar prácticas culturales que escapan a la programación institucional.

Futuros estudios deberían considerar otros factores que no pudieron ser incorporados en el presente análisis debido a las características del levantamiento de datos y al alcance metodológico. En particular,

resulta pertinente incluir variables como la confianza institucional, entendida como la percepción de legitimidad y eficacia de los gobiernos locales y actores culturales, ya que esta puede incidir en la disposición a participar en actividades comunitarias. Asimismo, la participación informal en espacios comunitarios —como mingas, festividades religiosas, reuniones barriales u otras prácticas no institucionalizadas— permitiría capturar formas de participación cultural que suelen ser altamente significativas en contextos rurales y que podrían complementar la comprensión de la participación formal. Finalmente, la incorporación de indicadores relacionados con redes digitales y comunicación local, tales como el uso de grupos comunitarios en WhatsApp o la exposición a contenidos culturales en plataformas digitales, permitiría analizar cómo la circulación de información modela la accesibilidad y visibilidad de la oferta cultural. La integración de estas variables ampliaría la capacidad explicativa de futuros modelos y ofrecería una comprensión más completa y contemporánea de las dinámicas socioculturales en territorios rurales.

Declaración responsable y conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

Adell, M. J. B., & Ochoa, M. E. O. (2020). El turismo comunitario como herramienta de desarrollo de los pueblos indígenas: interrogantes en el caso del Shuar del Alto Nangaritza (Ecuador). *Hallazgos, 17*(34), 55–78. https://doi.org/10.15332/2422409X.5450

Almond, G. A. (n.d.). Civic culture. *Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*. https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01106-2

Aol, L. (2024). Role of arts and cultural events in community development and social cohesion. *International Journal of Humanity and Social Sciences, 3*(3), 39–51. https://doi.org/10.47941/ijars.1943

Ateca-Amestoy, V., & Prieto-Rodríguez, J. (2023). Whether live or online, participation is unequal: Exploring inequality in the cultural participation patterns in the United States. *American Behavioral Scientist, 68*(11), 1476-1495. https://doi.org/10.1177/00027642231177655

Cahyaningrum, D., Hasani, T. D., Asri, N. W. A. M., Safitri, D., & Ibrahim, I. D. K. (2024). The role of community participation toward economic empowerment in the tourism sector. *West Science Business and Management, 2*(4), 1,150–1,158. https://doi.org/10.58812/wsbm.v2i04.1403

Carrillo, D. F. R., & Plazas, J. A. (2023). Turismo comunitario y desarrollo local: El caso de Yunguilla en Ecuador. *SATHIRI, 18*(1), 200–218. https://doi.org/10.32645/13906925.1199

Cahyaningrum, D., Hasani, T. D., Asri, N. W. A. M., Safitri, D., & Ibrahim, I. D. K. (2024). The role of community participation toward economic empowerment in the tourism sector. *West Science Business and Management, 2*(4), 1,150–1,158. https://doi.org/10.58812/wsbm.v2i04.1403

Cordourier Real, C. R. (2016). Participación ciudadana e instituciones: Un análisis desde la teoría democrática de Robert A. Dahl. *Revista de Estudios Sociales, 33*(99), 579–605. https://doi.org/10.24201/ES.2015V33N99.1390

Corr, R. (2002). Ritual, knowledge, and the politics of identity in Andean festivities. *Ethnology, 42*(1), 39–54. https://doi.org/10.2307/3773808

Dolezal, C., & Ricaurte-Quijano, C. (2016). Ecuador's community-based tourism: Policies and practices on the ground. In S. R. Britton & M. Hall (Eds.), *Tourism and development in the global South* (pp. 125–146). Routledge.

Hernández, M. D. C. R. (2012). Identidad cultural y tradiciones populares. *Luz, 11*(2), 1–10.

Hernández-Mogollón, J. M., Pasaco-González, B. S., & Campón-Cerro, A. M. (2019). *Community-based tourism from the experiential approach: A way of tourist's participation with local communities*.

John, P., Fieldhouse, E., & Liu, H. (2011). How civic is the civic culture? Explaining community participation using the 2005 English Citizenship Survey. *Political Studies, 59*(2), 230–252. https://doi.org/10.1111/j.1467-9248.2011.00891.x

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Lager, M. (2019). Hegemonía y resistencia: Conflictos territoriales en el caso de las comunas étnicas de la costa ecuatoriana. *Perifèria: Revista de Recerca i Formació en Antropologia, 24*(1), 4–27. https://doi.org/10.5565/REV/PERIFERIA.660

Lager, M. (2024). Identidades fronterizas: Intersticios y pluralidades en la construcción identitaria de las comunas étnicas de Manglaralto, Ecuador. *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología, 57,* 23–46. https://doi.org/10.7440/antipoda57.2024.02

Maldonado-Erazo, C. P., Río-Rama, M. D. L. C. D., Noboa-Viñán, P., & Álvarez-García, J. (2020). Community-based tourism in Ecuador: Community ventures of the provincial and cantonal networks. *Sustainability, 12*(15). https://doi.org/10.3390/su12156256

Merino Orozco, A., Di Giusto Valle, C., & Sáez Velasco, S. (2024). *Social inclusion in cultural participation: A systematic review*. Universidad de Burgos. https://doi.org/10.36443/9788418465765

Meyer, A. E. (2022). Contributions to social sustainability through the sensuous multiculturalism and everyday place-making of multi-ethnic festivals. In C. Gibson (Ed.), *Routledge handbook of sustainable urban tourism* (pp. 287–305). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003249081

Navarro Hoyos, S. (2022). Identidad cultural en el Caribe colombiano: El caso del Carnaval de Barranquilla. *Memorias, 46*, 108–136. https://doi.org/10.14482/memor.46.394.25

Ortega-García, C. A., & García-Novoa, V. (2024). La memoria como antecedente para recuperar la identidad MISAK. *Prospectiva. Revista de Trabajo Social e Intervención Social, 37*, e20212827. https://doi.org/10.25100/prts.v0i37.12827

Ortíz, D. P. C., Salazar, S. P. M., Merino, C. P. A., & Pinos, L. L. U. (2016). El patrimonio cultural inmaterial para generar un espacio de reflexión social: Estudio de caso: Comunidad de Nizag, provincia de Chimborazo, Ecuador. *European Scientific Journal, ESJ, 12*(23), 184. https://doi.org/10.19044/ESJ.2016.V12N23P184

Planchart-Romero, M. G., & Pinho De Oliveira, M. F. (2019). Cultura, participación ciudadana y desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales, 5*(2), 20–39.

Perreault, T. (2003). Social capital, development, and indigenous politics in Ecuadorian Amazonia. *Geographical Review, 93*(3), 328–349. https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2003.tb00036.x

Rop, J. J., Manono, G., & Kiptanui, R. D. (2023). Building community cohesion for effective community participation in community-based tourism. *International Journal of Tourism and Hospitality Research.* https://doi.org/10.18510/ijthr.2023.1011

Silvera La Torre, H., & Fernández Fabián, L. (2024). Identidad cultural de los migrantes acorianos en Lima a través de la danza Los Negritos de Acoria. *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología*. https://doi.org/10.7440/antipoda54.2024.04

Soares, J. R. R. (2022). Innovations in community-based tourism: Social responsibility actions in the rural tourism in the province of Santa Elena–Ecuador. *Sustainability, 14*(20), 13 589. https://doi.org/10.3390/su142013589

Skórzyńska, A. (2016). Czy możliwe jest kulturoznawstwo aktywistyczne? Partycypacja w perspektywie filozofii praxis. *Kultura–Historia–Globalizacja, 19*, 15–40. https://doi.org/10.19195/0860-6668/19.2

Siza, L. B. P., Vásconez, E. A. C., & Quintana, Y. G. (2020). Turismo comunitario en la zona tres del Ecuador: Un análisis de la incidencia en el desarrollo local. *Explorador Digital, 4*(4). https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v4i4.1414

Son, I. S., & Krolikowski, C. (2025). Developing a sense of place through attendance and involvement in local events: the social sustainability perspective. *Tourism Recreation Research*, *50*(4), 715–726. https://doi.org/10.1080/02508281.2024.2335749

Suarez, V. (2024). Community engagement: Exploring participatory territorial approaches in municipal culture agendas. *Journal of Social Sciences and Humanities Research Fundamentals, 4*(4), 47–52. https://doi.org/10.55640/jsshrf-04-04-09

Taylor, E., & Kneafsey, M. (2016). The place of urban cultural heritage festivals: The case of London's Notting Hill Carnival. In S. M. (Ed.), *Urban cultural heritage festiva*ls (pp. 181–196). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29544-2_11

Torres-Toukoumidis, Á., Marín-Gutiérrez, I., & Hinojosa-Becerra, M. (2022). Ancestral rituals heritage as community-based tourism—case of the Ecuadorian Andes. *Sustainability, 14*(19), 12 679. https://doi.org/10.3390/su141912679

Ursić, S. (2024). Motivation, attitudes and habits in cultural participation among visitors to visual arts institutions. *Humanities.* https://doi.org/10.47960/2303-7431.18.30.2023.25

Verba, S. (2001). *Culture, calculation, and being a pretty good citizen: Alternative interpretations of civil engagement*. Center for the Study of Democracy. https://escholarship.org/content/qt03h5n0nb/qt03h5n0nb.pdf

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionario

Buenos días/tardes: Este estudio servirá para elaborar una investigación de tipo Académico sobre los factores determinantes (la influencia de la cohesión social, el sentido de pertenencia y la identidad local en la participación cultural comunitaria). Quisiéramos pedirle su ayuda para que contestase algunas preguntas que no tomarán mucho tiempo. Sus respuestas serán confidenciales y anónimas- No Hay preguntas delicadas

Instrucciones:
No hay respuestas correctas o incorrectas. Simplemente reflejan su opinión personal.
Las preguntas tienen varias opciones de respuestas. Elija la que mejor describa lo que piensa usted. Solamente una opción. Marque la opción elegida.

Variables Socio-Demográficas		
Género:	☐ Hombre	☐ Mujer
Edad:	☐ Entre 18 a 24 años	☐ Entre 25 a 34 años
	☐ Entre 35 a 44 años	☐ Entre 45 a 54 años
	☐ Entre 55 a 64 años	☐ más de 65 años
Educación:	☐ Pimaria	☐ Secundaria
	☐ Superior	☐
Estado civil:	☐ Soltero	☐ Casado
	☐ Divorciado	☐

Evaluar 15 ítems de los factores psicosociales y la participación cultural en una escala tipo Likert de 5 puntos, (1 = muy baja participación; 5 = muy alta participación).

Dimensión	**Ítems**	5	4	3	2	1
	Sentido de pertinencia					
	¿Con qué frecuencia se siente vinculado emocionalmente con los miembros de su comunidad?					
	¿En qué medida se siente identificado con las personas que viven en su comunidad?					
	¿Con qué frecuencia considera que su opinión es valorada en los asuntos importantes de la comunidad?					
	Identidad local					
	¿Qué tanto valora las tradiciones culturales y sociales de su comunidad?					
	¿Qué tan importante considera el patrimonio histórico de su comunidad?					
	¿En qué medida considera que la historia y tradiciones de su comunidad influyen en su identidad personal?					
	¿Participa en actividades que celebran la cultura y las tradiciones locales?					

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Cohesión social						
	¿Cómo describiría la calidad de las relaciones entre los miembros de su comunidad?					
	¿Con qué frecuencia los miembros de su comunidad se brindan apoyo mutuo?					
	¿Qué tanto confía en las personas de su comunidad para participar conjuntamente en iniciativas o actividades locales?					
	¿Qué tan cómodo se siente al solicitar apoyo a su comunidad cuando lo requiere?					
	¿En qué medida considera que su comunidad colabora de forma conjunta para resolver sus problemáticas?					
Participación comunitaria						
	¿Ha participado alguna vez en alguna manifestación cultural de su comunidad?					
	¿Con qué frecuencia participa en eventos culturales o tradicionales de su comunidad (festivales, ferias, presentaciones artísticas, etc.)?					
	¿Qué tan dispuesto/a estaría usted a participar activamente en futuras actividades culturales comunitarias si se presentaran más oportunidades accesibles?					

Fuente: elaboración propia.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries

Análisis de la Hipótesis de Mercados Eficientes y el impacto del COVID-19 en los países de América Latina y el Caribe

Manuel Adolfo Pérez-Priego
mppriego@uco.es 0000-0003-0155-5510
María de los Baños García-Moreno García
d52gagam@uco.es 0000-0002-7981-8846

Departamento de Estadística, Econometría, I.O., Organización de Empresas y Economía Aplicada. Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales. Puerta Nueva, s/n. 14071 Córdoba, España.

Lorena Caridad López del Río
icaridad@us.es 0000-0002-3406-9917
Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla. Avenida Ramón y Cajal, 1. 41018 Sevilla, España.

José Rafael Caro-Barrera
z52cabaj@uco.es 0000-0001-6154-2493
Departamento de Estadística, Econometría, I.O., Organización de Empresas y Economía Aplicada. Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales. Puerta Nueva, s/n. 14071 Córdoba, España.

INFO ARTÍCULO

Received: 29-05-2025
Revised: 20-11-2025
Accepted: 08-12-2025

KEYWORDS

Efficient Market Hypothesis
Weak Form
COVID-19
LAC Financial Markets
Random Walk

PALABRAS CLAVE

Hipótesis del Mercado Eficiente
Forma Débil
COVID-19
Mercados Financieros Latinoamericanos
Paseo Aleatorio

ABSTRACT

This study analyses the impact of the pandemic on the poor performance of stock markets in Latin America and the Caribbean (LAC) by examining the COLCAP, BOVESPA, IPSA, MERVAL and MEXBOL indices between January 2018 and March 2021, with a particular focus on the first half of 2020. The proposed methodology is relatively new and consists of a sequential combination of statistical tests designed to determine whether index returns follow a random walk, and if so, what type this is. Empirical evidence shows that sharp price declines and increased volatility associated with the pandemic generally favoured weak-form efficiency in these markets. This reduced short-term return predictability and reinforced the role of prices in processing available information quickly. Additionally, the results imply that the impact of the pandemic on LAC markets was not uniform, but it did lead to a faster and more consistent incorporation of global and local news into stock prices, with significant implications for investor risk management and policymakers responsible for financial stability.

RESUMEN

Este estudio analiza el impacto de la pandemia en el bajo rendimiento de los mercados bursátiles de América Latina y el Caribe (ALC) mediante el examen de los índices COLCAP, BOVESPA, IPSA, MERVAL y MEXBOL entre enero de 2018 y marzo de 2021, con especial atención al primer semestre de 2020. La metodología propuesta es relativamente nueva y consiste en una combinación secuencial de pruebas estadísticas diseñadas para determinar si los rendimientos de los índices siguen un paseo aleatorio y, en caso afirmativo, de qué tipo es. La evidencia empírica muestra que las fuertes caídas de los precios y el aumento de la volatilidad asociados a la pandemia favorecieron en general la eficiencia débil en estos mercados. Esto redujo la previsibilidad de los rendimientos a corto plazo y reforzó el papel de los precios en el

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12
Formato de cita / Citation: Pérez-Priego, M. A., García-Moreno García, M. B., Caridad López del Río, L., & Caro-Barrera, J.R. (2026). Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 241-267. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12
Correspondencia autores: mppriego@uco.es (Manuel Adolfo Pérez-Priego)

procesamiento rápido de la información disponible. Además, los resultados implican que el impacto de la pandemia en los mercados de América Latina y el Caribe no fue uniforme, pero sí condujo a una incorporación más rápida y consistente de las noticias globales y locales en los precios de las acciones, con importantes implicaciones para la gestión del riesgo de los inversores y los responsables políticos encargados de la estabilidad financiera.

1. INTRODUCTION

At the end of 2019, the SARS-Cov-2 virus and the disease caused by its infection, COVID-19, appeared in the Chinese city of Wuhan, and the World Health Organisation (WHO) declared it a global pandemic on 12 March 2020. World trade, social and cultural life, and structures of the most important sectors in all countries have been dramatically affected. The rapid transmission of the disease has also had a severe impact on financial markets, causing significant losses to investors in a very short time, slowing down the economies of the affected countries, delaying the growth of emerging countries, and accentuating the negative effects.

This systemic damage had a significant impact on the global economy and directly affected one of the fundamental components of the market system, the existence of an efficient capital market. Although Bachelier (1900) already characterised, in a certain way, the concept of an efficient market, Cowles (1933) was a later pioneer in the study of market efficiency with an empirical approach. He concluded that financial analysts' recommendations of his time did not regularly predict the market, thus demonstrating that the North American market was efficient at that time. Later, in the 1950s, Kendall (1953), Roberts (1959) and Osborne (1959) studied the behaviour of financial series and asset prices and detected random and seasonal patterns. However, it was not until the following decade that Mandelbrot (1963) and Samuelson (1965) used mathematical models to relate the stock series. Specifically, Samuelson challenged the idea that the competition of a speculative market was based on a random walk model, highlighting that this is not related particularly to perfect competition or market anticipation, and suggested replacing the random walk model with another stochastic process using Martingales. Thus, proposed the so-called mathematically excepted price formation (Samuelson, 1965). This axiom states that investors know and use the probability distribution defined by the relationship:

$$Yt,T = E[Pt_{+}T \mid It] \qquad (1)$$

Where the actual price, $Y_{t,T,}$ is conditioned on all information available at t, is the best predictor of future prices.

However, Fama (1965) compiled the empirical work conducted until then and laid the theoretical foundations, introducing one of the main theories of financial economics: the theory of capital market efficiency.

The term efficiency, when talking about financial markets, refers to the fact that a market is efficient when it comes to processing information; that is, the prices of the securities that make up that market, at any time, are based on a fair evaluation of all the information available at that precise moment. Thus, in an efficient market, asset prices fluctuate randomly around their fundamental values; therefore, on average, the current price is the best estimate of fundamental value, faithfully reflecting the information available to investors and agents that make up that market, and being precise signals for the placement of capital at that moment. With this assumption, in a general equilibrium context and in a market in which the agents that intervene are fully informed, Fama (1965) proposed three forms of efficiency that started the debate on efficiency:

- Weak form of efficiency: In this case, a technical analysis of the market is useless because it is impossible to increase performance using historical information on trends, indices, or prices. New information can affect only the market, and these changes are random because of their nature.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

- Semi-strong form of efficiency: Fundamental investment analysis is useless, as the investor cannot obtain extra return using public information about a particular security or company because the prices of the shares already reflect all available public information.
- Strong form of efficiency: Privileged or private information is useless, as all public or private information is already reflected in current share prices, and investors cannot obtain any additional returns using this type of information.

In this context, previous literature has highlighted the relevance of analysing the Efficient Market Hypothesis, with the weak form having been widely studied. However, it should be noted that the COVID-19 crisis had a profound global impact that could have affected the efficiency of Latin American capital markets in several ways:

1. *Increased Volatility:* The COVID-19 pandemic led to heightened uncertainty and volatility in global financial markets, including those in Latin America. Sharp fluctuations in asset prices and trading volumes may have affected market efficiency by making it more difficult for prices to accurately reflect underlying fundamentals and information; this is the central research of El-Khatib & Samet, (2021) where the authors explore the impact of COVID-19 in 45 emerging countries (including Argentina, Brazil, Chile, Colombia and Mexico) and track the performance of each of the markets during the outbreak using its major stock index computing the volatilities.
2. *Disruptions to Information Flow:* The pandemic disrupted economic activity, supply chains, and financial reporting processes in Latin American countries. This disruption may have affected the flow of information to market participants, leading to delays or inaccuracies in the incorporation of new information into asset prices (Beirne *et al*., 2021).
3. *Policy Responses:* Governments and central banks in Latin American countries implemented various fiscal and monetary policy measures in response to the COVID-19 crisis, including stimulus packages, interest rate cuts, and liquidity injections (Solorza, 2021). These policy interventions may have influenced market dynamics and investor behavior, potentially impacting market efficiency.
4. *Sectoral and Regional Variations:* The impact of the COVID-19 crisis varied across sectors and regions within Latin American countries. Some sectors, such as healthcare, technology, and e-commerce, experienced in-creased demand and resilience, while others, such as tourism, hospitality, and energy, were severely affected. These sectoral and regional variations may have influenced the efficiency of capital allocation and asset pricing in Latin American markets (Benítez *et al*., 2020; Ahumada *et al*., 2022)
5. *Behavioural Factors:* The COVID-19 crisis-induced fear, uncertainty, and herding behavior among investors, which may have led to deviations from rational decision-making and affected market efficiency. Behavioral biases, such as overreaction or underreaction to news and events, could have distorted asset prices and hindered market efficiency (Huynh, 2021).

Taking all of the above into account, the aim of this empirical study is to analyse the impact of the pandemic on weak efficiency in the five major financial markets of Latin America and the Caribbean (LAC).

To this end, the study considers the markets of Brazil, Argentina, Colombia, Mexico, and Chile are considered, establishing two study periods. The first, 'the global period' (January 2018-March 2021), will enable analysis of structural efficiency behaviour over a complete economic cycle. The sub-period, comprising data from the first half of 2020, will capture market behaviour during a period of high uncertainty and volatility. This will allow us to integrate the motivations of investors, regulators and economic policymakers within the same empirical framework, which is heavily influenced by the situation.

Testing the weak from of the Efficient Market Hypothesis (EMH) in these countries, especially in the context of the COVID-19 pandemic, may therefore have several practical implications with a social impact on the various market participants.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

From an investment decision-making perspective, investors in Latin American countries may be interested in understanding the extent to which past price information can help predict future price movements, particularly during times of economic uncertainty like the COVID-19 pandemic. Testing the weak form of the EMH can provide insights into the efficiency of local financial markets and help investors make more informed decisions about asset allocation, portfolio diversification, and risk management.

On the other hand, policymakers and regulators in Latin American countries may be concerned about the efficiency and stability of their financial markets, especially in the face of external shocks like the COVID-19 pandemic. Testing the weak form of the EMH can help assess the degree to which market prices reflect all available information and identify potential inefficiencies or anomalies that may warrant regulatory intervention or market reforms. This is closely related to government policies as they may be interested in promoting financial market development and attracting foreign investment to support economic growth and development. Testing the weak form of the EMH can provide valuable insights into the transparency, integrity, and efficiency of local financial markets, which are important factors for both domestic and international investors.

Finally, financial institutions and market participants in Latin American countries may be concerned about the impact of the COVID-19 pandemic on market volatility, liquidity, and systemic risk. Testing the weak form of the EMH can help assess the degree to which market prices accurately reflect underlying fundamentals and information flows, which is crucial for effective risk management and maintaining financial stability.

The paper is organised as follows. The first section presents the paper, the main motivations for its completion, and its objective. Section 2 reviews the existing literature in two ways. First, it presents actual studies and analyses on capital market efficiency, with a special focus on Latin American countries. Next, the most relevant contributions on the impact of the pandemic on the financial markets of these countries are indicated. Section 3 addresses the methodology based on the theoretical foundations of capital market efficiency, which support the need to apply the proposed methodology in the HME testing process. Sections 4 and 5 present the empirical results and discussion, respectively. The final section presents the conclusions, highlighting the most relevant aspects of the research, the limitations of the study and future lines of research.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. The Efficient Market Hypothesis

Since Fama (1965) introduced the notion of an 'efficient market', much controversy has arisen in discussions of finance and economics. Critics argue that there are many reasons to doubt that shareholders are always rational and that share prices are efficient at all times since share prices are influenced by investors psychological perceptions (optimism/pessimism) of the economic outlook. Lekovic (2018), presents evidence for and against the validity of the weak, semi-strong, and strong forms of the EMH, concluding that, even after more than half a century of research, the literature has not reached a consensus on the presence or absence of the validity of this hypothesis. However, the financial literature focused on testing this theory, especially in its weak form, is abundant, both in developed markets and emerging countries. According to Duarte & Mascareñas (2014), the United States and China are the most commonly analysed markets to verify this theory. However, in recent years the verification of EMH in other countries and with new methods also aroused interest among researchers. For example, Durusu *et al*. (2019) apply a new methodology based on panel unit root tests to determine whether equity markets are efficient by focusing on the role of cross-dependency and structural breaks. Hamid *et al*. (2017) provide empirical evidence of the weak form of the EMH in Asia-Pacific markets, concluding that monthly prices do not follow random walks in any country in that region.

Kim & Shamsuddin (2008) test the martingale hypothesis in the stock prices of a group of Asian markets, concluding that Hong Kong, Japan, Korea and Taiwan are weakly efficient, while those of Indonesia,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Malaysia and the Philippines show no sign of market efficiency, despite the financial liberalisation measures implemented since the 1980s.

The weak form is also tested by Alexeev & Tapon (2021) using a model-based bootstrap to generate a series of simulated trials and applying a modified chart pattern recognition algorithm to stocks listed on the Toronto Stock Exchange, comparing the results from the actual and simulated series to draw inferences on weak-form efficiency in the overall Canadian market and its sectors. They conclude that the weak-form efficiency hypothesis is rejected when they find a significantly larger number of reversal patterns in a real price series than in a simulated series.

Rehman et. al. (2018) provide evidence that the stock prices of the Asian indices KSE 100, S&P BSE 500, and CSE All Share are not random processes, and therefore meet the weak efficiency hypothesis. Singh and Kumar (2018), on the other hand, examine whether the stock market in Kuala Lumpur, Malaysia, is efficient and whether equity returns follow a random walk model, concluding that equity prices in that market do not reflect all the above stock price information and that investors can earn abnormal returns by taking advantage of this market inefficiency. Malafeyev *et al*. (2019) test the efficiency of the market by studying the impact of the global financial crisis of 2008 and the Chinese crisis of 2015 on the efficiency of the securities market in the emerging markets of China and India. They conclude that the equity markets of these countries do not exhibit a weak form of efficiency and do not generally follow a random path, which implies that the recession did not affect the markets to a great extent. Sadat and Hasan, (2019) measure the efficiency of the market and the randomness of the Dhaka Stock Exchange (DSE) in its weak form during a five-year period from 2013 to 2018.

Recently, Das (2020) investigates whether the Indian market behaves like a random walk and shows a weak form of efficiency, while Gallo (2021) evaluated whether the efficiency of the Chinese market changed over time given the country's economic reforms.

Emerging markets in southeastern Europe were also analysed. For example, Filipovski & Tevdovski (2018) use the ratio of variance test to explore the hypothesis of the random walk in the daily returns of securities in ten Eastern European markets from 2007 to 2014. Atac & Tas (2019) investigate the weak form of market efficiency in the Istanbul Stock Exchange (ISE).

On the other hand, Mlambo & Biekpe (2007) and Mphoeng (2019) focus on the weak form of efficiency in African markets; the former show evidence from 10 African countries, while the latter focuses on the Botswana capital market. Other authors, such as Olubiyi & Olopade (2018) and Altin (2020), verified the efficient market hypothesis in Islamic capital markets. Also, García-Moreno *et al*. (2019), Dias *et al*., (2019), Zhu *et al*., (2019) and Sánchez-Granero *et al*., (2020), focused on Latin American markets.

2.2. The impact of COVID-19 on financial markets

The past pandemic caused chaos and fear, which resulted in business closures, curfews, temporary confinement of the population, reduction of practically all labour and commercial activity, lower purchases, except for basic supplies, and a fall in economic and financial returns. This made the scientific community question, once again, the operation of the efficiency of capital markets and generated interest in seeing the effects on the structures and dynamics of capital markets in many countries. For example, Senol & Zeren (2020) investigated the effect of the COVID-19 outbreak on global markets between January and April 2020 concluding that it affected the world economically. Dias *et al.* (2020) and Sansa (2020) tested the efficiency hypothesis in the context of COVID-19 in the capital markets of the US, China, and Europe, finding mixed confirmation about the EMH in the sense that prices do not fully reflect the information available and its changes are not independent and identically distributed (IID). Zeren & Hizarci, (2020) also verify the impact of the coronavirus in a selection of countries such as China, Italy, South Korea, France, Germany, and Spain and conclude that only in three countries, namely Italy, France and German, did not act according to the efficient market hypothesis. Liu *et al.* (2020) analyse the effect of the COVID- 19 outbreak in 21 of the main stock indexes of the most affected countries, including Japan, Singapore, Korea, the US, Germany, Italy, Spain, and the UK.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Their results suggest that COVID-19 had a significant negative effect on stock market returns across all affected countries. Khan *et al*., (2020) analyses the impact of the virus on the world's largest indices, and like He *et al*. (2020), reveal that investors in these countries did not react to media news of COVID-19 in the early stage of the pandemic. However, in the words of the authors, once human-to-human transmissibility had been confirmed, all stock market indices negatively reacted to the news in the short- and long-event window. Ali *et al*. (2020) also investigate the reaction of financial markets worldwide in terms of their decline and volatility as the epicentre of COVID-19 moved from China to Europe and then to the US.

Consistent with our proposal, Heliodoro *et al*. (2020a, 2020b), Alexandre *et al*. (2020), and Santos *et al*. (2020) verify the efficient market hypothesis in its weak form in the main markets of the Latin America. Recently, Okorie & Lin (2021) used martingale processes and conditional heteroscedasticity tests to evaluate the adaptive form of market efficiency for four stock indices of the first economies affected during the pandemic: the US, Brazil, India, and Russia. García-Moreno & Roldán, (2021) analyse the weak hypothesis in the Spanish, German, and Italian markets from January 2010 to March 2020, showing that the markets of those countries are efficient under the random walk in form 3.

Seeking the relationship between free trade and financial markets' efficiency, Baig *et al*. (2021), develop and test the hypothesis that trade restrictions can inhibit informational efficiency in financial markets. The multivariate tests used reveal that as the level of free trade increases, stocks become more informationally efficient, concluding that free trade improves the overall efficiency of financial markets.

On the other hand, Bassiouny *et al.* (2023) study the impact of COVID-19 from the *adaptive market hypothesis* (AMH) approach with calendar effect, since it has been shown that calendar anomalies used to examine violations of the EMH were not very conclusive their approach uses the rolling window analysis and estimate a T-GARCH (1,1) for a long time series that includes two years coinciding with the COVID-19 pandemic. The empirical findings validate the AMH paradigm by showing that calendar day anomalies in the sample markets used behave in a time-varying manner, changing over time according to patterns that move the markets between periods of efficiency and inefficiency.

Dos Santos (2023), in contrast, evaluates price efficiency dynamics and relates them to stock price predictability in the Brazilian equity market by using a novel approach based on multifractal analysis to examine stylized financial time series factors, such as long-memory dependence, asymmetry, and persistence, related to market inefficiency confirming multifractality before and after the pandemic and rejecting, therefore the random walk hypothesis.

Similarly, Aslam *et al*. (2023) examine the dynamic changes in the market efficiency of six major cryptocurrencies, using also the multifractal analysis confirming a varying degree of multifractal strength in the cryptocurrencies under consideration, which could be related to market inefficiency and fractal market hypothesis verification.

3. THEORETICAL FOUNDATIONS

From a methodological perspective, analysing the weak efficiency hypothesis in financial markets requires clearly specifying the stochastic process underlying price dynamics and how this can be empirically tested.

In fact, Fama (1991) reformulated a less stringent and more reasonable version of the efficiency hypothesis from an economic perspective. Specifically, he stated that market efficiency cannot be verified on its own and proposed examining it in conjunction with a price equilibrium model. Based on this approach, Bailey (2005) proposes a procedure in which he considers the existence of an underlying model in asset pricing, establishing a criterion that determines market efficiency based on a verifiable hypothesis. Of the three forms of efficiency proposed by Fama mentioned above, this study focuses on the weak form. This consists of evaluating sequence (1) in terms of a random process, where it is reduced to the historical price series; these must follow a random process of the type

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (2)$$

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

where, according to Campbell *et al*. (1997), μ is the expected change in price or drift and ε*t* is a structure of increments that implies that the random walk is a 'fair game' but in a stronger sense than the martingale. That is, traditionally, the martingale and the random walk are assumed to be pricing models *Pt* of a financial asset, whose continuous or logarithmic continuous return is given by the expression

$$rt = \ln Pt - \ln P_{t-1} = p_t - p_{t-1} \qquad (3)$$

The use of logarithmic continuous returns in financial modelling provides several advantages, for instance, they are *additive over time* which is particularly useful for analysing returns over long time horizons, and also for *normality assumptions*, due to logarithmic returns tend to be more normally distributed than simple returns. This is often observed empirically, and it facilitates the use of statistical techniques that assume normality, such as the Black-Scholes option pricing model because of the *statistical properties* of the logarithmic returns, for example, they have a constant variance over time, making them stationary. This simplifies many statistical analyses and modelling techniques, such as linear regression.

Therefore, based on the latter expression (3), we try to model the structure of increments, ε_t as r_t.

On this structure of increments, ε*t* , the author establish a series of conditions distinguishing three types of random walk:

- *Random Walk 1* (RW1): In this case, the structure of increments, εt, is IID, with mean 0 and variance σ^2.
- *Random Walk 2* (RW2): The assumption that ε_t is identically distributed is not feasible for returns on financial assets over long periods; in this case, the hypothesis that it is identically distributed is relaxed, and it is assumed to be independent.
- *Random Walk 3* (RW3): This is the least restrictive and most general process, as ε_t is neither independent nor identically distributed, however, it is uncorrelated.

However, the weak form of the EMH is difficult to analyse by applying the most common statistical tests alone, because most of them only contrast a necessary but not sufficient condition for a random walk-type assumption.

With this approach, the weak form of the EMH is difficult to test individually by applying most of the statistical tests that have traditionally been used in the literature, since most of them only test a necessary condition but not sufficient. Still, it is not enough to accept the existence of a random walk in any of its forms, or, in other cases, they only allow testing the randomness of returns, understood as Random Walk (García, 2016) Thus, the same authors propose a strategy of sequential application of different tests, which over- comes the limitation mentioned above for testing the hypothesis of weak efficiency in financial markets; the strategy which they validate through Monte Carlo simulation (Roldán & García-Moreno, 2022) and which will allow us to determine whether the returns of a market are a random walk and, if so, what type it is. The authors conclude that, from a financial perspective, random walks 2 and 3 are the ones that best fit reality, since they allow for the existence of heteroskedasticity[1] (conditional or not) in the structure of increments, $r_t(\varepsilon_t)$.

Thus, the test combination strategy for testing the random walk hypothesis shown in Fig.1 can be started in two different ways. The first is by applying tests that only check a necessary but not sufficient condition for determining that the series of returns follows a random walk. Specifically, the uncorrelatedness of the series is analysed using the Ljung-Box and Ratio-Variance tests (in the form that does not admit heteroskedasticity); so that if the uncorrelatedness hypothesis is rejected, we could not admit the existence of a random walk in any of its forms, and the market in question could not be said to be efficient. On the other hand, if the hypothesis of uncorrelation is accepted, despite knowing that we are dealing with a random walk, we would also have to determine whether or not there are non-linear relationships between the returns, since only then would we be able to decide what type of relationship it is. To this end, we analyse the ARCH effects,

1. In financial return series such as those analysed in this study, volatility is measured by the variance or standard deviation of those returns; when this variance is not constant, it is said that there is heteroscedasticity, a characteristic behaviour of return series.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

whose non-existence would corroborate that we are dealing with a RW1 (corresponding to weak efficiency in its strictest form); while their existence would indicate that we are dealing with a RW3 (corresponding to the loosest form of weak efficiency in financial markets).

The second way to apply the procedure, on the other hand, is using methods that directly test for a form of random walk. Thus, we begin by applying the Runs test (Bradley, 1968) and the BDS test (Broock *et al*., 1996) which allows us to determine directly whether the returns follow a RW1 when the null hypothesis is not rejected in each of the cases. On the other hand, if the null hypothesis is rejected, it only determines that we are not dealing with a series of returns following an RW1, but does not influence the other types of random walk. In these cases, we proceed to apply the Ratio Variance test that considers the existence of heteroscedasticity in the series of returns to determine whether, at least, weak efficiency can be accepted in the form established by RW3; thus, if the null hypothesis is accepted, we would be facing an RW3, while if it is rejected, it is determined that we would not be facing a random walk type 3 or 1.

Based on this methodological framework, we examine HME both for the period from 1 January 2018 to 23 March 2021 (overall period) and for the period from 1 January 2020 to 30 June 2020 in the financial markets of Colombia, Chile, Brazil, Argentina and Mexico. To do so, we use the daily closing values of their respective stock market indices (COLCAP, IPSA, BOVESPA, MERVAL, and MEXBOL), obtained from a Bloomberg© terminal at the official closing time of their corresponding stock markets. The selected stock markets represent more than 90% of the total capitalisation of the countries of Latin America and the Caribbean, reaching US$1.1 billion.

As a preliminary step to verifying the weak form of the efficiency hypothesis in the five indicated stock markets, we require a prior analysis to contextualise the behaviour of each one during the sample period, considering the graphs of the evolution of each price series and the returns associated with each index; in the latter case reflecting market volatility.

To determine the evidence of some form of the random walk hypothesis, and implicitly, the weak efficiency hypothesis, we apply the test procedure specified below to the series of returns associated with each index. Thus, this approach, which allows for the testing of the random walk hypothesis, focuses more on the strategic combination of the methods proposed for the evaluation of the efficiency hypothesis.

This process starts with **a)** considering a methodology that tests only a necessary but not sufficient condition or **b)** considering a method that directly discriminates between types 1 and 3[2]. The methodology, as previously indicated, was validated by Roldán &García-Moreno (2022).

In this sense, if the first part of the process shows an uncorrelated return series with a methodology concerning the first group, the ARCH effects test is appropriate to identify whether the random walk is of 1 or 3. In contrast, the existence of correlation means that the series does not fit into any type of random walk.

On the other hand, regarding the methods that directly test a type of random walk, it is suggested to start the procedure with the one that can contrast a type-1 random walk such that, when the null hypothesis is rejected, with the proposed criterion, it is not possible to discard the fact that the series is of type 3. Therefore, as a preliminary step to declare that we are not facing any kind of random walk, it is proposed to carry out the verification of such an extreme using a method that enables its detection.

The entire process is schematically in figure 1.

2. Considering that testing a type 2 random walk is not based on inference formal procedure, the proposed process is oriented to types 1 and 3 of the random walk.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

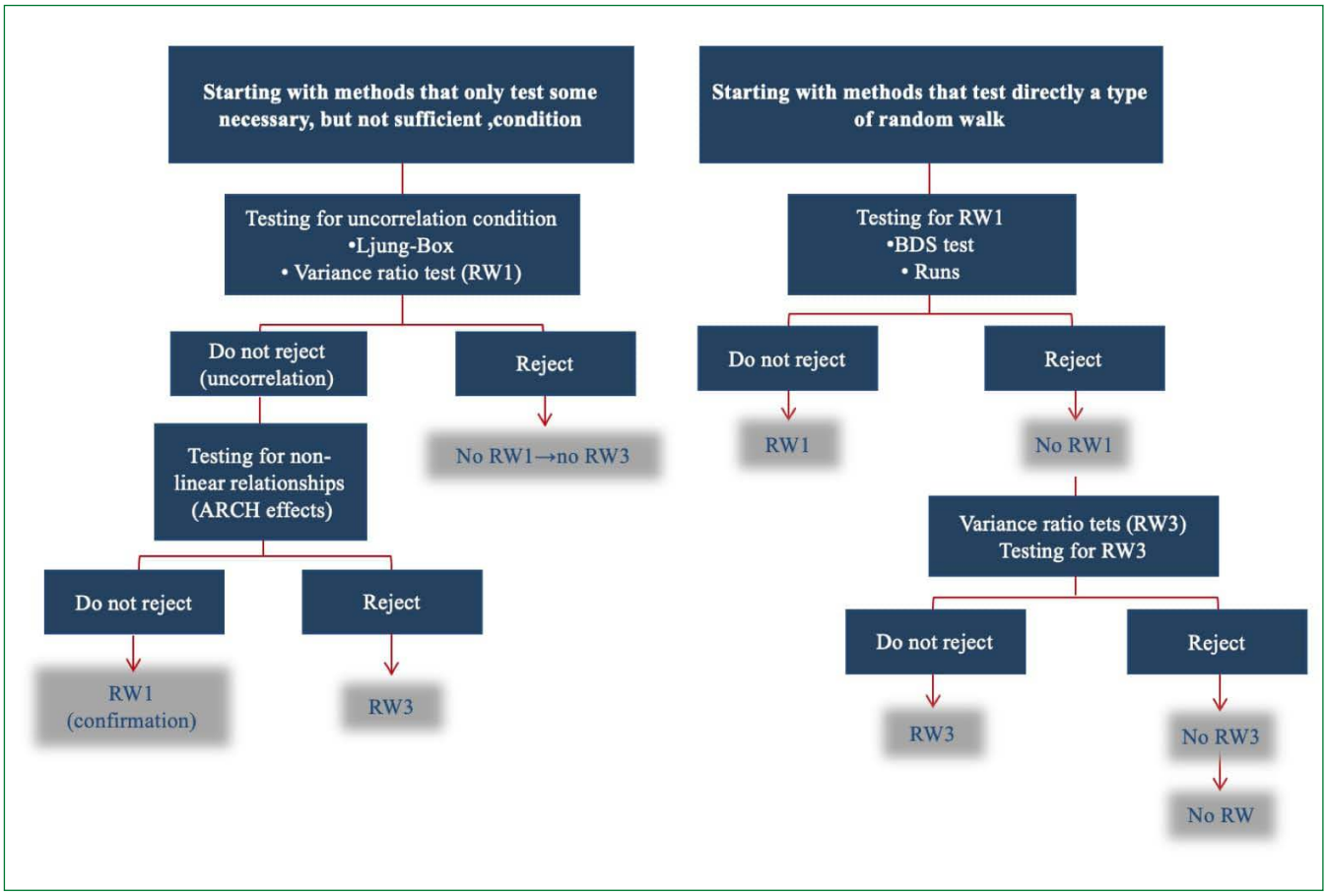


Figure 1. Strategies to test the random walk hypothesis. Source: own elaboration.

In the present analysis, the ratio-variance and the Ljung-Box test are considered from amongst the methodologies that only contrast some necessary conditions but not all of the conditions for the random walk hypothesis, in addition to the BDS test and the streak test (randomness), when starting from methods that proceed to contrast the referred hypothesis directly. If the procedure requires the use of ARCH effects tests to decide between types 1 and 3 of random walks, ARCH models will be used up to order 4.

4. RESULTS

This section presents the results obtained after applying the methodology outlined in the previous section to the daily price data of the COLCAP, BOVESPA, IPSA, MERVAL, and MEXBOL stock indices for the period from January 1 2018 to March 31 2021, including a sub-period limited to the first half of 2020, where the effects of volatility are more pronounced as a result of the official declaration of the COVID-19 pandemic by the WHO.

4.1. Graphical and descriptive analysis

As a starting point, a graphical representation of the indices and their associated returns allows an analysis of the global evolution of each time interval considered, as well as the fluctuations caused by the different facts and events that occurred in the treated period, which may have affected each market.

It is particularly relevant to highlight the effects and consequences of the WHO's declaration of the COVID pandemic in March 2020. Therefore, to facilitate the interpretation of this global reality, we include the series of returns of each index for the first half of 2020.

Starting with the Colombian market and its benchmark index (COLCAP), which reflects the variations in the prices of the most liquid shares on the Colombian Stock Exchange (figure 2a), a recovery trend can be seen from the end of 2019. It peaks in the first trading session of 2020 and repeats after a slight adjustment at the end of February. Since then, the index has pierced the entire series of previous rising lows and plunged by 52% from the highs just one week after the declaration of the pandemic. Up to the most recent date of our analysis, the index managed to recover to just over half of its previous drop to 1,318 trading points. The volatility mean in the series of returns of the index (figure 2b) peaks greater than ±10%. In greater detail, as figure 2c shows, which collects the returns of COLCAP in the pre- and post-COVID-19 period, closest to the date of the declaration. The negative part of performance even exceeds -15%, and despite a certain subsequent relaxation of the instability, volatility has never returned to its previous average, with peaks rather close to ±5%.

The BOVESPA Index, which represents the São Paulo Stock Exchange in Brazil (the seventh largest and most important stock market in the world), showed clear and vigorous growth, reaching high values in the series of prices studied in January 2020. From this point, and after the declaration of the pandemic, it reached a minimum in mid-March 2020, with a drop of 52% very similar to the previous index, although it comes from a different situation: COLCAP index reached 9% since 2018, compared to 53% for BOVESPA.

Since then, it managed to surpass the previous highs just one year later, that is, in January 2021, being immersed on the date of our analysis in a shockwave that should take it to all-time highs. Regarding the average volatility, if we first look at the details extended to the first half of 2020 (figure 3c), a considerable increase is observed, with peaks around ±15% and a greater post-COVID-19 range compared to previous dates. For example, on 3 March 2020, the return reached -14,7%, and the next day, recovered ±13,7% and after the weekend, it lost the previous day's gains. News reported significant global economic setbacks, the absence of public events, and ongoing supply chain disruptions. The complete series (figure 3b) shows that the average returns do not differ much from each other, regardless of the specific moment indicated, and the range of their fluctuations was normalised around ±5%.

Unlike the Colombian index, the IPSA or Selective Stock Price Index of Chile (figure 4a), shows a marked downward trend, with successive decreasing highs and lows since the beginning of 2018, reaching a temporary price floor on dates close to the declaration of the pandemic. Therefore, if we consider this milestone, the index only loses an additional 25%, although considering the maximums in January 2018, the minimum reached at the end of March 2020 also represents a fall of more than 50%. Thus, until the most recent date of our analysis, the index not only recovered to the levels before the great pandemic fell but also exceeded them, reaching approximately 4,800 trading points. The average volatility showed by the series of returns of the index (figure 4b) increases significantly and higher peaks are reached, in the range (+10%, -15%). Figure 4c shows the IPSA yields in the pre- and post- COVID-19 period closest to the date of the declaration, also showing much higher volatility than the pre-pandemic series with peaks around ±4%.

Continuing with the Argentinian market and its reference index (MERVAL), which includes the shares of leading companies listed on the Buenos Aires Stock Exchange (figure 5a), a lateral market with increasing bias can be seen until the current date, although it is marked by two significant milestones. First, in August 2019, a historical collapse occurred as an un- expected reaction to the final results of the presidential elections, scoring a loss of 50% of capitalisation above the maximum. After recovering and repeating with almost the same pattern, we see a similar collapse after the declaration of the pandemic. However, when updated to the last day of our date range, the index exceeded previous highs by more than 5%. The mean volatility, as shown in the series of returns of the index (figure 5b), shows different extremes around ±10%, which are exceeded in the negative end (-15%) due to the pandemic (figure 5c), but far from the -50% milestone during in the 2019 elections. In this sense, the post-COVID-19 volatility has been developing a decreasing wedge structure to dates, in line with the achievement of new price highs.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

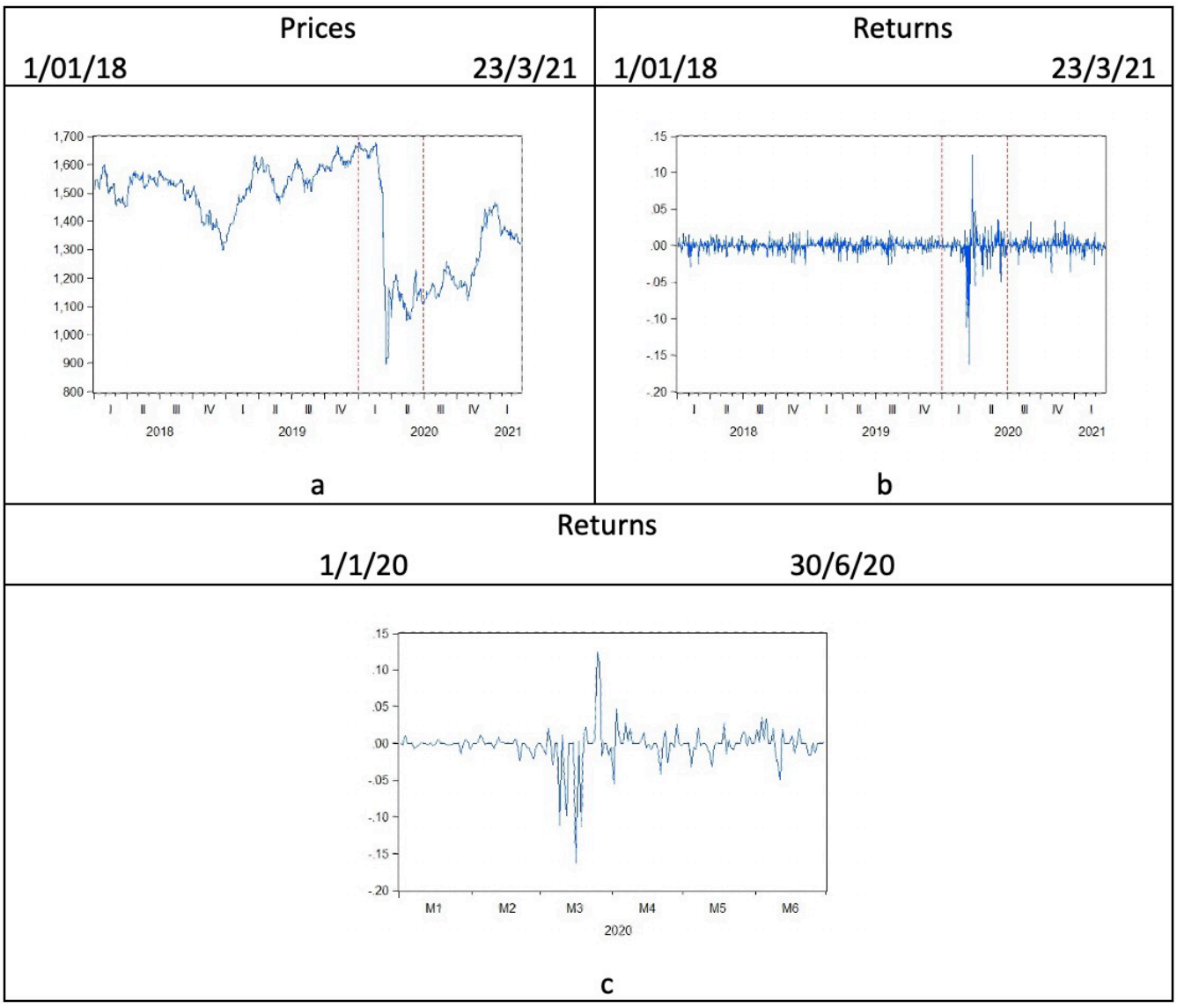


Figure 2. Colcap (Colombian capitalisation) prices and returns. Source: own elaboration with Bloomberg© data.

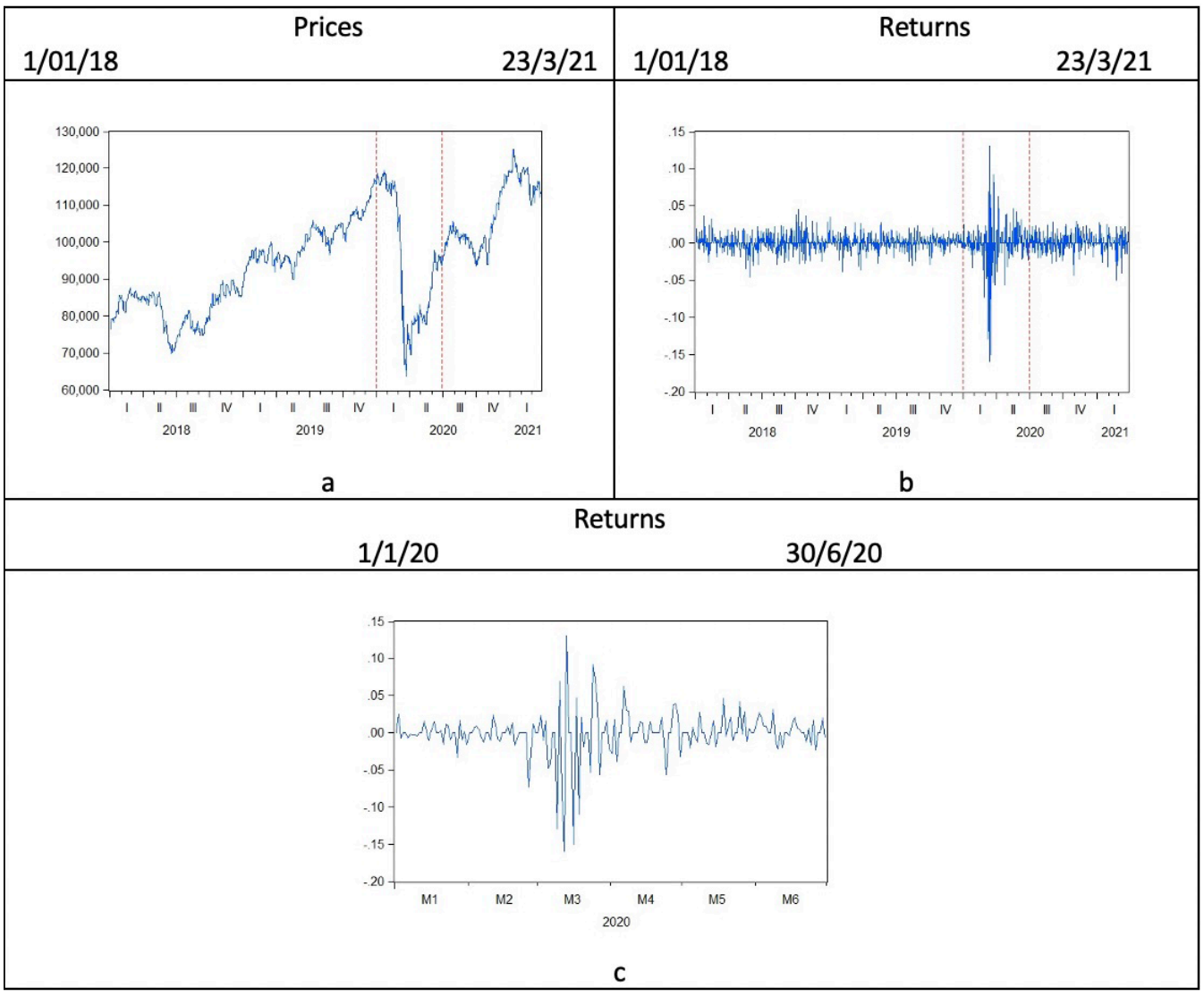


Figure 3. Bovespa (Bolsa de Valores de Sao Paulo) prices and returns. Source: own elaboration with Bloomberg© data.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

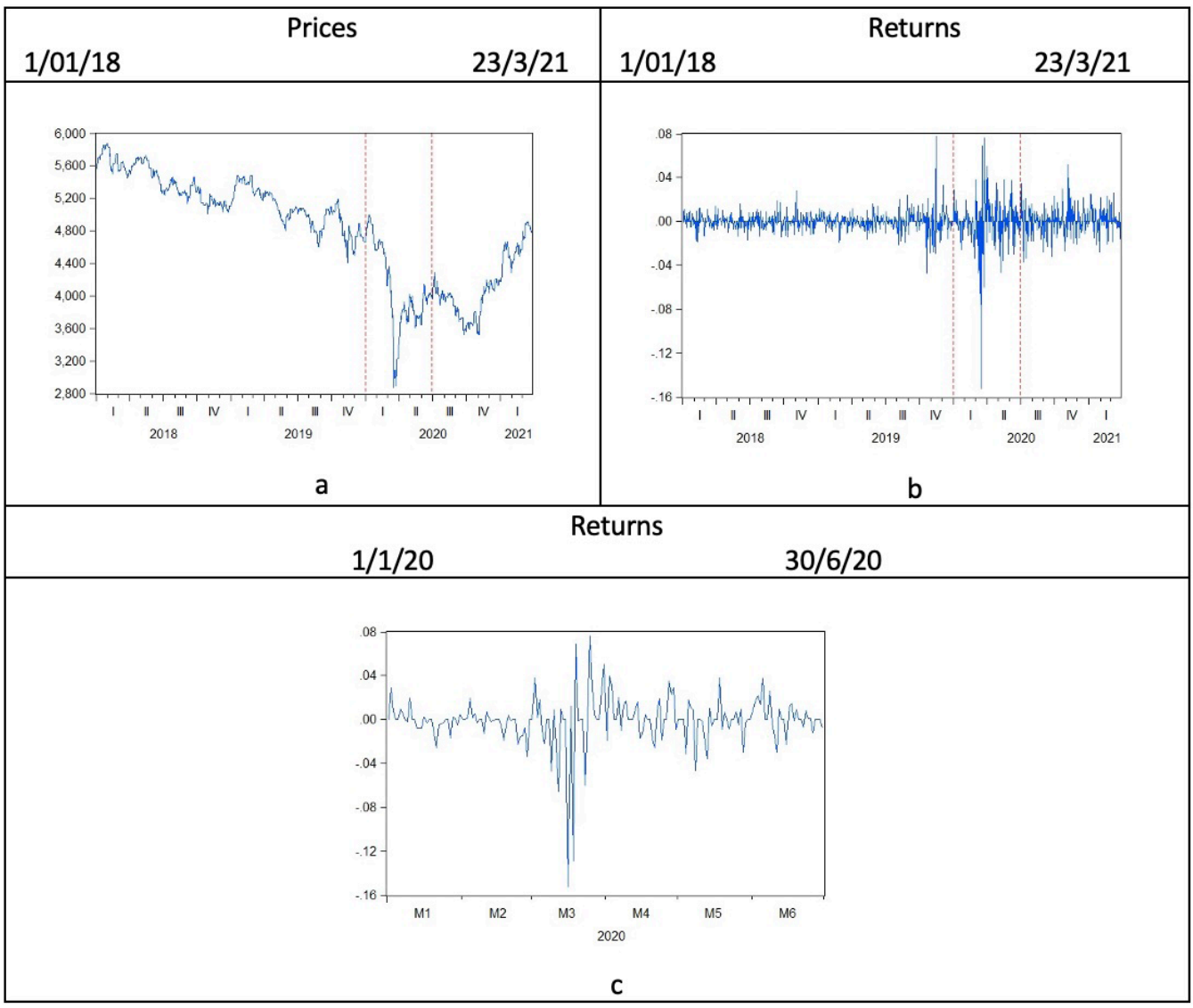


Figure 4. Ipsa (Selective Stock Price Index) prices and returns. Source: own elaboration with Bloomberg© data.

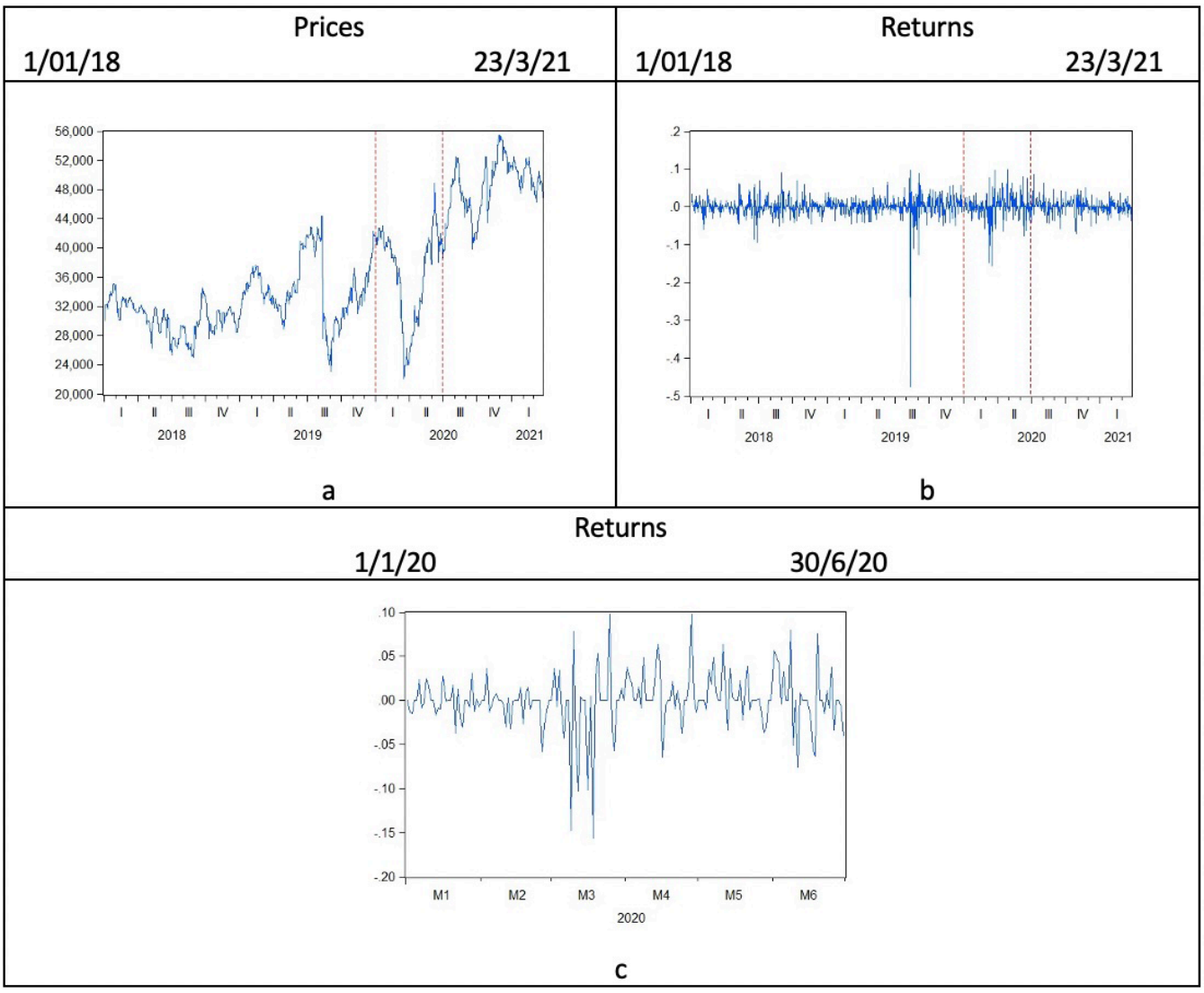


Figure 5. Merval (Stock Exchange) prices and returns. Source: own elaboration with Bloomberg© data.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Finally, similar to the Chilean index, the MEXBOL or Mexican Stock Market Index, which is the largest stock index in Mexico (figure 6a), shows a significant downward trend since the beginning of 2018, developing a typical impulse and correction structure with successive decreasing highs and lows, with a floor of prices around 39.000 points was also pierced after the declaration of the pandemic. However, the correction from the highs represented 36%, of which only 17% could be attributed to the COVID-19 effect. Of the five indices analysed, it is the one with the lowest loss after the pandemic, as is also reflected in the volatilities (figure 6b) with more limited peaks in the range (+4%, -6%), slightly higher than the average of the full period. Figure 6c specifically shows the MEXBOL yields in the pre- and post-COVID-19 period closest to the date of the declaration, showing lower variability than the rest of the previous indices.

Table 1 below presents the main descriptive statistics for returns for the entire period and for the first half of 2020, in order to quantify changes in volatility and distribution shape during the health crisis.

The results show that, in the first half of 2020, the standard deviation of returns increased significantly across all indices compared to the 2018–2021 period, indicating a higher volatility regime consistent with an environment of high information uncertainty, as described above. In this context, the greater dispersion of returns and the persistence of fat tails and negative skewness reflect intense episodes of price adjustment in response to new information, making it more difficult to take advantage of predictable patterns and thus suggesting an improvement in the degree of weak efficiency, insofar as consistently beating the market becomes more complex even for informed investors.

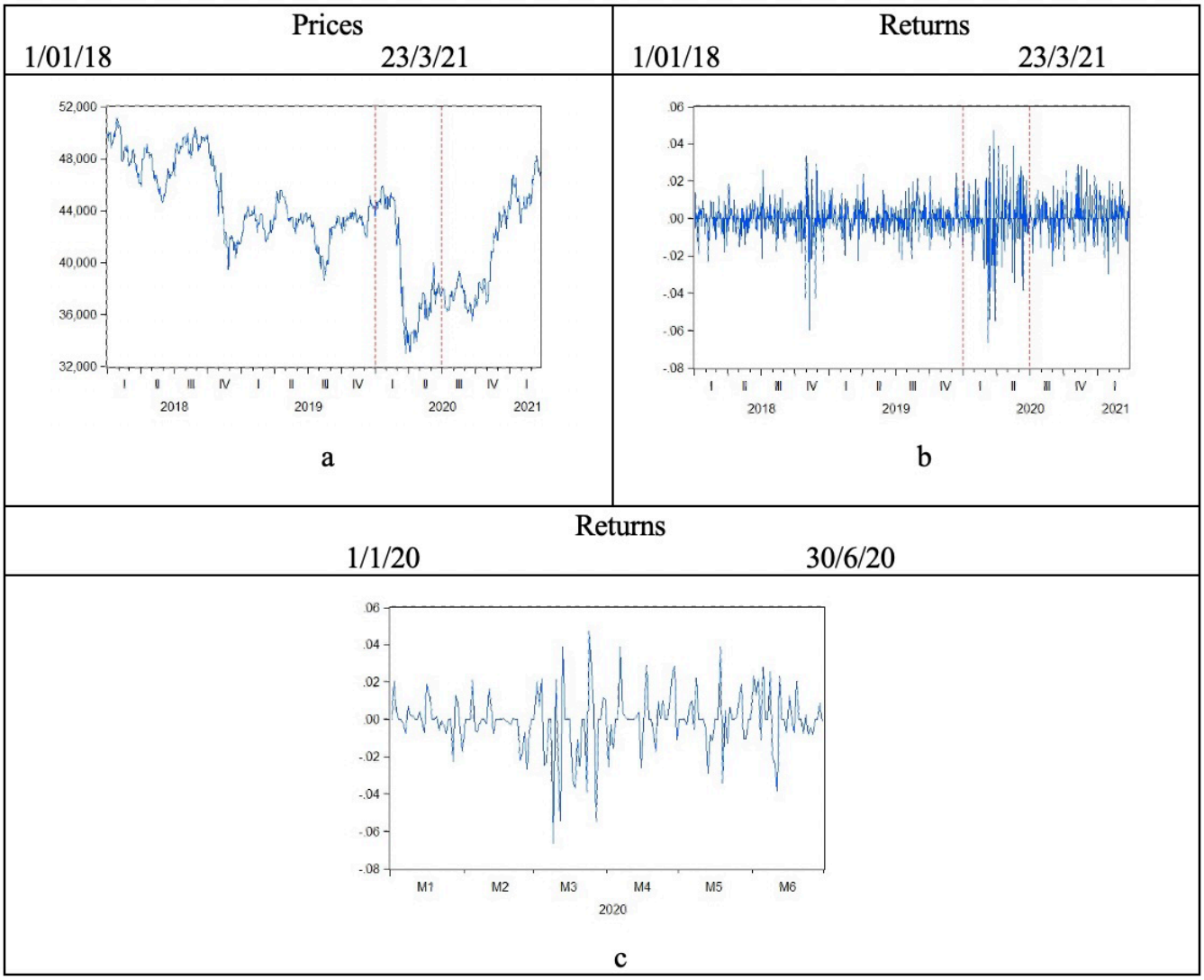


Figure 6. Mexbol (Mexican Stock Exchange) prices and returns. Source: own elaboration with Bloomberg© data.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Table 1. Descriptive statistics of the returns of the indices analysed.

Descriptive Stats	Period 1/01/18 to 26/03/21				
	COLCAP (Colombia)	BOVESPA (Brazil)	IPSA (Chile)	MERVAL (Argentina)	MEXBOL (Mexico)
Mean	-0.000116	0.000337	-0.000131	0.000376	43245.71
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	43538.12
Maximun	0.124697	0.130228	0.077586	0.097732	51065.49
Minimun	-0.162903	-0.159938	-0.152155	-0.476922	32964.22
Std.Dev.	0.011977	0.015870	0.012039	0.027046	4125.803
Skewness	-2.553078	-1.807947	-2.303010	-4.945256	-0.346087
Kurtosis	63.92242	29.90521	40.79683	87.49060	2.420051
Descriptive Stats	Period 1/01/20 to 30/06/20				
	COLCAP (Colombia)	BOVESPA (Brazil)	IPSA (Chile)	MERVAL (Argentina)	MEXBOL (Mexico)
Mean	-0.002210	-0.001077	-0.000907	-0.000408	39225.63
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	37821.05
Maximun	0.124697	0.130228	0.075940	0.097732	45902.68
Minimun	-0.162903	-0.159938	-0.152155	-0.156288	32964.22
Std.Dev.	0.025578	0.031345	0.023093	0.033177	4192.552
Skewness	-1.448665	-1.354604	-2.254569	-0.918038	0.303373
Kurtosis	19.38185	12.18204	17.97567	8.245708	1.540917

Source: own elaboration with Bloomberg© data.

4.2. Testing the EMH

Table 2 reports the results of applying the methodology described in Section 4 to the series of returns of each index to contrast the weak EMH in our sample markets. As observed, for each test of the procedure in each sample period, we combine the results to draw conclusions on the random walk hypothesis. Where appropriate, we establish what type of random walk is accepted. Similarly, the results corresponding to the tests carried out individually, which are required in the application of the procedure, in all the series of returns for the two periods analysed, are shown in Tables 2 to 7.

Thus, starting with the Ljung-Box test, we conclude that the Colombian, Brazilian, and Chilean markets were inefficient after detecting correlation in the corresponding yield series (table 3). On the other hand, in the Argentinean and Mexican markets, the non-correlation of yields makes it necessary to corroborate whether or not there are non-linear relationships to determine whether efficiency corresponds to the form established by random walk 1 or 3. For this purpose, we apply the ARCH effects tests (table 5), and find that for Argentina, the market shows a type 1 random walk as we do not detect non-linear relationships. We find a type-3 random walk in Mexico, where we find non-linear relationships. In addition to that, if the process is repeated, focusing on the analysis of the first half of 2020, it is observed that all markets except for the

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Chilean market are efficient; specifically, the analysis of the indices of Colombia and Argentina leads us to accept the efficiency of these markets in the most restrictive sense of random walk 1, whereas in Brazil and Mexico, we find type-3 random walk.

On the other hand, if the procedure starts from the ratio-variance test, it again leads to correlation, and, therefore, inefficiency in the Colombian, Brazilian, and Chilean markets when considering the entire period, while both Argentina and Mexico show no correlation (table 4) without non-linear relationships (table 5), so they are efficient in the sense of random walk 1. However, when analysing the sub-period of the first semester of 2020, the only correlation is detected in the returns of the Colombian market (table 4), thus revealing inefficiency. After applying the remaining the ARCH effects tests (table 5) we find non-linear relationships in the yield series and thus accept efficiency in the loosest sense of a type-3 random walk.

Table 2. Test of the weak efficiency hypothesis: RW1 or RW3 against no RW.

Period/Procedure 1/1/18 to 3/26/21 1/1/20 to 6/1/20	Ljung-Box + (ARCH effects)	RV (RW1) + (ARCH effects)	Runs + (RV (rw3))	BDS + (RV (rw3))
COLCAP (Colombia)	Correlation ↓ *No RW*	Correlation ↓ *No RW*	No randomness + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*
	Uncorrelation + no ARCH ↓ *RW1*	Correlation ↓ *No RW*	Randomness ↓ *RW1*	IID ↓ *RW1*
BOVESPA (Brazil)	Correlation ↓ *No RW*	Correlation ↓ *No RW*	Randomness ↓ *RW1*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*
	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	Randomness ↓ *RW1*	No IID + Uncorrelation and no independence *RW3*
IPSA (Chile)	Correlation ↓ *No RW*	Correlation ↓ *No RW*	No randomness + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*
	Correlation ↓ *No RW*	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	Randomness ↓ *RW1*	IID ↓ *RW1*

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Period/Procedure 1/1/18 to 3/26/21 1/1/20 to 6/1/20	Ljung-Box + (ARCH effects)	RV (RW1) + (ARCH effects)	Runs + (RV (rw3))	BDS + (RV (rw3))
MERVAL (Argentina)	Uncorrelation + no ARCH ↓ *RW1*	Uncorrelation no ARCH ↓ *RW1*	No randomness + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*
	Uncorrelation + no ARCH ↓ *RW1*	Uncorrelation + no ARCH ↓ *RW3*	Randomness ↓ *RW1*	IID ↓ *RW1*
MEXBOL (Mexico)	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	Uncorrelation + no ARCH ↓ *RW1*	No randomness + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*
	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	Uncorrelation + ARCH ↓ *RW3*	No randomness + Correlation ↓ *No RW*	No IID + Uncorrelation and no independence ↓ *RW3*

Source: own elaboration.

Table 3. Ljung-Box test on returns.

Period 1/1/18 to 3/26/21	LJUNG-BOX test*						
	Autocorrelation order (k)						
	1	2	3	4	5	6	7
COLCAP (Colombia)	8.8358 (0.003)	27.796 (0.000)	39.009 (0.000)	45.709 (0.000)	48.661 (0.000)	50.773 (0.000)	52.856 (0.000)
BOVESPA (Brazil)	21.333 (0.000)	21.658 (0.000)	21.918 (0.000)	25.499 (0.000)	25.610 (0.000)	26.315 (0.000)	33.917 (0.000)
IPSA (Chile)	1.2996 (0.254)	10.215 (0.006)	18.024 (0.000)	25.237 (0.000)	30.908 (0.000)	37.982 (0.000)	38.004 (0.000)
MERVAL (Argentina)	5.1962 (0.023)	5.3266 (0.070)	6.4828 (0.090)	6.4832 (0.166)	7.1733 (0.208)	7.6568 (0.264)	8.2551 (0.311)
MEXBOL (Mexico)	2.9906 (0.084)	3.1606 (0.206)	4.6745 (0.197)	4.9251 (0.295)	4.9274 (0.425)	6.9459 (0.326)	7.7147 (0.358)
Period 1/1/20 to 6/30/20	LJUNG-BOX test*						
	Autocorrelation order (k)						
	1	2	3	4	5	6	7

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Period 1/1/18 to 3/26/21	LJUNG-BOX test*						
	Autocorrelation order (k)						
	1	2	3	4	5	6	7
COLCAP (Colombia)	2.2530 (0.133)	6.8637 (0.032)	9.1881 (0.027)	10.885 (0.028)	11.251 (0.047)	11.902 (0.064)	12.162 (0.095)
BOVESPA (Brazil)	5.7960 (0.016)	5.9041 (0.052)	5.9337 (0.115)	7.7072 (0.103)	8.1819 (0.146)	8.7223 (0.190)	12.875 (0.075)
IPSA (Chile)	0.6026 (0.438)	7.6575 (0.022)	8.9941 (0.029)	12.353 (0.015)	14.398 (0.013)	19.718 (0.003)	19.718 (0.006)
MERVAL (Argentina)	0.5487 (0.459)	0.6305 (0.730)	1.3036 (0.728)	1.3378 (0.855)	1.3689 (0.928)	4.7697 (0.574)	4.8379 (0.680)
MEXBOL (Mexico)	0.1069 (0.744)	0.2519 (0.882)	0.3699 (0.946)	1.0615 (0.900)	1.5314 (0.909)	2.8907 (0.822)	2.8981 (0.894)

*For each statistic its *p*-value for different values of *k* is recorded.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

Table 4. Ratio-Variance test for RW1 on returns data.

	RATIO-VARIANCE test (RW1)*								
	k	*VR(k)*	*z-Statistic*	*p*	*Global test***	*VR(k)*	*z-Statistic*	*p*	*Global test***
Period		1/01/18 to 26/03/21				1/01/20 to 30/06/20			
COLCAP (Colombia)	2	1.0864	2.9682	0.0030	7.028582 (0.0000)	1.1102	1.4878	0.1368	3.342447 (0.0033)
	4	1.3045	5.5922	0.0000		1.3779	2.7256	0.0064	
	8	1.6052	7.0285	0.0000		1.7328	3.3424	0.0008	
	16	1.7014	5.4741	0.0000		1.7708	2.3626	0.0181	
BOVESPA (Brazil)	2	0.8651	-4.6336	0.0000	4.633646 (0.000)	0.8228	-2.3892	0.0169	2.389221 (0.0658)
	4	0.8062	-3.5574	0.0004		0.7499	-1.8032	0.0713	
	8	0.8478	-1.7670	0.0772		0.8310	-0.7705	0.4410	
	16	0.9448	-0.4302	0.6670		1.0002	0.0007	0.9994	
IPSA (Chile)	2	1.0328	1.1288	0.2590	2.940247 (0.0131)	0.9426	-0.7735	0.4392	1.669091 (0.3295)
	4	1.0949	1.7438	0.0812		1.0603	0.4352	0.6634	
	8	1.2531	2.9402	0.0033		1.3659	1.6690	0.0951	
	16	1.2677	2.0892	0.0367		1.4318	1.3235	0.1857	
MERVAL (Argentina)	2	0.9330	-2.2982	0.0215	2.298224 (0.0834)	0.9413	-0.7906	0.4292	0.791468 (0.8935)
	4	0.8927	-1.9701	0.0488		0.9605	-0.2847	0.7758	
	8	0.8885	-1.2938	0.1957		1.0654	0.2983	0.7654	
	16	0.9389	-0.4762	0.6339		1.2582	0.7914	0.4287	

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

	RATIO-VARIANCE test (RW1)*								
	k	*VR(k)*	*z-Statistic*	*p*	*Global test***	*VR(k)*	*z-Statistic*	*p*	*Global test***
MEXBOL (Mexico)	2	1.0494	1.6985	0.0894	1.698570 (0.3124)	0.9759	-0.3244	0.7456	0.553846 (0.9688)
	4	1.0446	0.8191	0.4127		0.9409	-0.4256	0.6704	
	8	1.0229	0.2661	0.7901		0.8785	-0.5538	0.5797	
	16	1.0865	0.6750	0.4996		1.0110	0.0339	0.9729	

*For each market, the ratio-variance and the Z-statistics are recorded, with their corresponding p-value and for each k.
**For each market, the Chow-Deming statistics are recorded with their corresponding p-values.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

Table 5. Arch test on returns series.

Period 1/01/18 to 26/03/21	ARCH test*			
	Order of heterocedasticity (q)			
	1	2	3	4
COLCAP (Colombia)	21.50821 (0.000)	78.10297 (0.000)	78.52178 (0.000)	24.81890 (0.000)
BOVESPA (Brazil)	174.2224 (0.0000)	198.7738 (0.0000)	307.3006 (0.0000)	352.4535 (0.0000)
IPSA (Chile)	9.737605 (0.0018)	198.8077 (0.000)	204.1976 (0.000)	209.3947 (0.000)
MERVAL (Argentina)	2.000021 (0.1573)	2.012704 (0.3656)	2.936561 (0.4015)	0.4015 (0.5649)
MEXBOL (Mexico)	35.00277 (0.000)	38.88175 (0.000)	121.4599 (0.000)	128.8778 (0.000)
Period 1/01/20 to 30/06/20	ARCH test *			
	Order of heterocedasticity (q)			
	1	2	3	4
COLCAP (Colombia)	2.374405 (0.1233)	8.649133 (0.0132)	8.592508 (0.0352)	9.995356 (0.0405)
BOVESPA (Brazil)	24.60953 (0.0000)	27.02183 (0.0000)	44.05600 (0.0000)	50.03015 (0.0000)
IPSA (Chile)	0.673000 (0.4120)	30.38216 (30.38216)	30.96714 (0.0000)	32.55966 (0.0000)
MERVAL (Argentina)	0.491063 (0.4835)	7.395845 (0.0248)	8.001389 (0.0460)	8.483891 (0.0754)
MEXBOL (Mexico)	5.649691 (0.0175)	5.692106 (0.0581)	21.22910 (0.0001)	21.49044 (0.0003)

* For each market the statistics and their *p*-values are recorded for each *q*.
Source: own elaboration with Bloomberg© data
*For each market, the statistics and their p-values are recorded for each *q*.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Starting the analysis procedure with the run test for the entire period, for a significance level of $p < 0.05$, the efficiency hypothesis could only be accepted in the form established by random walk 1 in the Brazilian market, as the BOVESPA yield series is random (table 6). For the rest of the markets, the application of the variance-ratio test, which admits the existence of heteroscedasticity in the returns (Table 8), leads to the acceptance of the efficiency in the form of random walk 3 (table 2). However, if the analysis focuses on the first semester of 2020, the application of the test of streaks (table 6) leads us to accept the randomness of the returns in all markets except Mexico, so that the efficiency is set to random walk 1 for them. In the Mexican market, after applying the ratio-variance test (RW3) (table 8), we find a correlation, so the market was inefficient.

Table 6. Runs test on the randomness of returns' series.

	Runs test			
	*Number of runs**	*p*	*Number of runs **	*p*
Period	1/01/18 to 26/03/21		1/01/20 to 30/06/20	
COLCAP (Colombia)	451	0.000127	63	0.035148
BOVESPA (Brazil)	522	0.326893	88	0.325575
IPSA (Chile)	455	1.33E-07	76	0.359939
MERVAL (Argentina)	488	0.001784	80	0.808564
MEXBOL (Mexico)	453	1.37E-07	68	0.011480

*Runs are obtained using the series means.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

Finally, if the procedure begins with the BDS test considering the entire period, we find for all markets that the yield series are not IID (table 7). Therefore, the ratio-variance (RW3) test was applied (table 8), which detects dependence driving the acceptance of efficiency, but only in the looser way established by the random walk 3. However, focusing on the first semester of 2020, the BDS test allows direct acceptance of efficiency in the strictest form established by random walk 1 in the Colombian, Chilean, and Argentine markets (table 7). In the Brazilian and Mexican markets, the rejection of the IID returns hypothesis leads to the application of the ratio-variance (RW3) test (table 8). We therefore conclude that both markets are efficient according to walk 3 as we find no correlation but dependency.

Table 7. BDS test on returns' series.

	BDS TEST*						
	m	*BDS Statistic*	*z-Statistic*	*p*	*BDS Statistic*	*z-Statistic*	*p*
Period		1/1/18 a 3/26/21			1/1/20 a 6/30/20		
COLCAP (Colombia)	2	0.0126	3.4085	0.0007	0.0048	0.4468	0.6550
	3	0.0147	2.7349	0.0062	0.0237	1.4015	0.1610
	4	0.0153	2.6115	0.0090	0.0348	1.7376	0.0823
	5	0.0135	2.4172	0.0156	0.0420	2.0233	0.0430

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

	BDS TEST*						
	m	*BDS Statistic*	*z-Statistic*	*p*	*BDS Statistic*	*z-Statistic*	*p*
Period		1/1/18 a 3/26/21			1/1/20 a 6/30/20		
BOVESPA (Brazil)	2	0.0198	5.8912	0.0000	0.0514	5.2464	0.0000
	3	0.0183	4.3786	0.0000	0.0622	4.5628	0.0000
	4	0.0135	3.4521	0.0006	0.0704	4.9473	0.0000
	5	0.0082	2.5823	0.0098	0.0678	5.2119	0.0000
IPSA (Chile)	2	0.0358	9.2065	0.0000	0.0082	0.8408	0.4005
	3	0.0425	8.1505	0.0000	0.0108	0.8511	0.3947
	4	0.0397	7.5696	0.0000	0.0120	0.9623	0.3359
	5	0.0364	7.8554	0.0000	0.0155	1.4433	0.1489
MERVAL (Argentina)	2	0.0358	9.2065	0.0000	0.0082	0.8408	0.4005
	3	0.0425	8.1505	0.0000	0.0108	0.8511	0.3947
	4	0.0397	7.5696	0.0000	0.0120	0.9623	0.3359
	5	0.0364	7.8554	0.0000	0.0155	1.4433	0.1489
MEXBOL (Mexico)	2	0.0234	6.7364	0.0000	0.0248	2.6011	0.0093
	3	0.0230	5.6943	0.0000	0.0289	2.5888	0.0096
	4	0.0160	4.5609	0.0000	0.0290	2.9569	0.0031
	5	0.0104	3.8773	0.0001	0.0238	3.1662	0.0015

*For each market the BDS and *Z* statistics and their *p*-values are recorded for each *m*.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

Table 8. Ratio-Variance test for RW3 with the returns series.

	RATIO-VARIANZA test (RW3)*								
	k	VR(k)	z-Statistic	p	Global test**	VR(k)	z-Statistic	p	Global test**
Period		1/1/18 to 3/26/21				1/1/20 to 6/30/20			
COLCAP (Colombia)	2	1.0882	0.9840	0.3251	2.253562 (0.0934)	1.1226	0.9380	0.3482	2.245120 (0.0954)
	4	1.3112	1.7212	0.0852		1.4246	1.6492	0.0991	
	8	1.6244	2.2535	0.0242		1.8746	2.2451	0.0248	
	16	1.7455	1.7552	0.0792		2.1043	1.8522	0.0640	
BOVESPA (Brazil)	2	0.8665	-1.3175	0.1877	1.317508 (0.5646)	0.8320	-1.0007	0.3170	1.000744 (0.7823)
	4	0.8103	-1.0338	0.3012		0.7753	-0.7416	0.4583	
	8	0.8579	-0.4916	0.6229		0.8990	-0.2121	0.8320	
	16	0.9693	-0.0759	0.9394		1.1886	0.2848	0.7757	

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

	RATIO-VARIANZA test (RW3)*								
	k	VR(k)	z-Statistic	p	Global test**	VR(k)	z-Statistic	p	Global test**
IPSA (Chile)	2	1.0346	0.5535	0.5799	1.089025 (0.7255)	0.9531	-0.4426	0.6580	1.191239 (0.6549)
	4	1.1005	0.6411	0.5214		1.0963	0.3574	0.7207	
	8	1.2681	1.0890	0.2761		1.4777	1.1284	0.2591	
	16	1.3005	0.8754	0.3813		1.7014	1.1912	0.2336	
MERVAL (Argentina)	2	0.9346	-1.0805	0.2933	1.089025 (0.7255)	0.9518	-0.5540	0.5796	1.173273 (0.6676)
	4	0.8972	-0.9957	0.3194		0.9930	-0.0383	0.9694	
	8	0.8992	-0.7073	0.4816		1.1526	0.5482	0.5835	
	16	0.9633	-0.1874	0.8513		1.4951	1,7332	0.2407	
MEXBOL (Mexico)	2	1.0512	1.1065	0.2685	1.106594 (0.7136)	0.9867	-0.1305	0.8961	0.481893 (0.9812)
	4	1.0499	0.5942	0.5524		0.9728	-0.1504	0.8804	
	8	1.0351	0.2605	0.7945		0.9504	-0.1724	0.8631	
	16	1.1146	0.5772	0.5638		1.2014	0.4818	0.6299	

*For each market the ratio-variance and *Z* statistics and their *p*-values are recorded for each *m*.
**For each market the Chow-Deming statistics and their *p*-values are recorded.
Source: own elaboration with Bloomberg© data.

Thus, it can be said that the pandemic had a positive influence on the efficiency of the financial markets analysed. In most cases, the analysis on the first half of 2020 revealed that in each method of applying the procedure, efficiency improved for the full period. Horta *et al.* (2014) and Gomes *et al.* (2018) provide evidence of this. Specifically, with a few exceptions where we find that efficiency was maintained, in most cases, efficiency increased, the yields going from not being RW to being RW3 or RW1, or from RW3 to RW1; the latter form corresponds, as explained previously, to the one that can be considered stricter within the weak efficiency of a market.

5. DISCUSSION

As mentioned previously, the methodology employed in this study yields inconsistent results across various markets and sub-periods. However, one consistent finding is that many series aling with a more flexible random walk (RW3) following the initial impact of the pandemic. Additionally, some markets exhibit an RW1 (strict) or remain inefficient according to some of the analysed results.

Several recent studies using alternative methods and samples arrive at superficially different results, but when considered together, they offer a consistent picture of market efficiency depending on scale and time. Applying a sequential econometric decision framework to five Latin American indices, this paper find that the short.term serial dependence was reduced by the COVID-19 crisis, in many cases, producing behaviour closer to a random walk (RW3) in the post-crisis periods. In contrast, multifractal analyses reveal a persistent multiscale structure that refutes the notion a strict random walk.

The approach taken by Aslam *et al*. (2023) is based in the purest tradition of econophysics, which emphasises multiscale structure. The authors apply multifractal non-trending fluctuation analysis (MFDFA) and associated multifractal indices (H(q), Δα, MLM efficiency index) using moving window analysis to

cryptocurrencies. They focus on scaling, multifractal strength and time-varying efficiency, and link multifractality with predictability. These indices differ between assets and increase during crisis phases, indicating horizon-dependent inefficiency and a predictable structure.

Dos Santos (2023) also applies MFDFA applied to 135 Brazilian market stocks (with daily data from 2015 to 2022) in order to estimate generalised Hurst exponents, and the markets deficiency measure (MDM). The author then relates multifractality (i.e., inefficiency) to out-of-sample predictability (evalueated using ARIMA/ETS, evaluated with MASE). MFDFA thus focuses on long-term multiscale dependence and fractal structure, rather than short-term correlations. The authors found multifractality both before and after the pandemic, which accentuated multifractal behaviour. According to their measurements, stock efficiency declined after the pandemic. Furthermore, they demonstrate that less efficient (i.e. more multifractal) stocks exhibit greater predictability in out-of-sample tests (lower MASE relative to the weak random walk).

Finally, Bassiouny *et al.* (2022) demonstrates that calendar anomalies themselves vary over time and may reappear during crises. This pattern is consistent with the adaptive market hypothesis (AMH), which suggests that markets move between periods of relative efficiency and inefficiency. Therefore, these differences are both methodological and substantive rather than contradictory. Standard econometric tests mainly detect short-term linear/non-linear structures. MF-DFA captures long-term dependence that depends on scale, and moving window AMH analyses reveal temporal adaptation. Taken together, these tests imply that market efficiency depends on the time horizon and evolves through crises. Therefore, empirical claims about market efficiency must specify the time scale, the aspect of dependence analysed, and the asset class studied.

It is important to note that the empirical findings of the above cited studies cited above converge and differ from those of this research in the following assumptions:

1. The different null hypotheses or different characteristics tested: while the econometric tests used in this research focus on short-term linear/non-linear dependence and conditional heteroscedasticity, whereas MFDFA focuses on multiscale, long-range scaling and multifractality. A series may not be correlated in conventional lags (i.e., exceed the Ljung-Box/VR), but may exhibit a long-range multifractal structure, which is detected by MFDFA. Therefore, our conclusion of that daily behaviour is more efficient daily behaviour (similar to RW3) can coexist with Dos Santos Maciel's conclusion that increased multifractality (inefficiency at different scales) increased after the pandemic.
2. Temporal variation is fundamental, and significant divergence is evident in the results of Bassiouny's moving window and Aslam's moving MFDFA, which show that market characteristics undergo through different phases. Their analysis of sub-periods (the first half of 2020 versus the full sample) also reveals changing behaviour. Taken together, these studies emphasise that market efficiency is not static, but depends on time and the horizon.
3. Finally, the asset class and market microstructure are important considerations. Cryptocurrencies are structurally different from equities, and single-country equity samples may behave differently from a panel of five Latin American indices, as we have seen in this paper (Dos Santos Maciel for Brazil). Liquidity, market depth, retail participation, and political interventions can differ across markets, which partly explains the empirical divergence.

6. CONCLUSIONS

The main contribution of this study is that it analyses the weak form of efficiency considering different approaches to each type of random walk (1, 2 and 3) in five of the most influential financial markets in South America through their stock indices: Colombia (COLCAP index), Brazil (BOVESPA index), Chile (IPSA index), Argentina (MERVAL index), and Mexico (MEXBOL index). We used a mixture of tests to determine whether the market is efficient. The sample period is from 1 January 2018 to 23 March 2021, with special attention paid to the first half of 2020 to assess the impact of COVID-19 on financial markets.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

A graphical analysis of the evolution of the indices allows us to conclude the different levels of maturity in different markets and sometimes show opposing trends, although with the same turning point around the declaration of the COVID-19 pandemic in March 2020. Thus, in the range considered, the market trend before this historical moment was bullish or laterally bullish for Colombia, Brazil, and Argentina, and bearish for Chile or Mexico. After the stock market crash in March 2020, all countries experienced greater or lesser recovery. Weighting this, the return series for each market's price index shows volatility peaks recorded in the period following the WHO's declaration.

Through a combined process of methods that define a necessary but not sufficient condition for random walk testing and methods that provide a direct contrast of a specific type of random walk, it is possible to define a strategy to detect and classify random walk behaviour for returns obtained from the market indices. In those cases and periods in which the random walk hypothesis cannot be rejected, the type-3 random walk emerges as the specification that best describes the behaviour of the markets analysed, as it allows for uncorrelated returns with possible non-linear dependence and, therefore, the use of volatility models. This evidence is, however, partial and period-dependent, since in several indices and for the full sample the assumptions of a random walk are rejected, revealing mixed results in terms of weak-form efficiency.

For the entire period analysed, the variance-ratio test and the Ljung-Box test show that for the MERVAL and MEXBOL indices, the markets are efficient, accepting the behaviour as a random walk type 1 for Argentina and type 3 for the Mexican stock market. However, for the COLCAP, BOVESPA, and IPSA indices, the stock market is inefficient. That is, there is no succession in incorporating all available information into a true reflection of a stocks fair price, which is important because it creates opportunities for arbitrage and abnormal returns. Thus, some assets may be over-or undervalued in the market, creating opportunities for excess profits.

However, for the first half of 2020, all the indices except for the Chilean stock market proved to be efficient. In particular, Colombia and Argentina were efficient in Form 1, while Brazil and Mexico were efficient in Form 3. Using the runs test for the entire period reveals that the markets tended to be efficient of type 1 for Brazil; therefore, changes in prices are i.i.d., and of type 3 for Colombia, Argentina, Chile, and Mexico, assuming that the return structure is not i.i.d. but uncorrelated and thus better adjusted to reality.

The general results carried out with econometric models are mixed, which means that because we have total and partial rejection of the random walk and the EMH. The results reported by Abakah *et al*. (2018) and Aggarwal (2018) imply that market efficiency results depend on the approach used. Here, we employ multiple tests of efficiency, and a sub-sample is used to validate the random walk hypothesis when the pandemic hit harder. This study shows evidence that global pandemic had a significant impact on the stock market indices in Latin America.

Our previous conclusions highlighted the main contributions of this study. Market inefficiencies occur because of information asymmetry, transaction costs, market psychology, and human emotions. In our study, although we expected that the pandemic would cause a contagion effect in all Latin American countries, affecting efficiency in their respective markets, we showed that this contagion only occurred in some of these countries, while the markets were efficient in the remaining countries. In fact, with other markets not following a random walk, the scope of the work can be ex- tended to several approaches, for instance, to assess whether such inefficiencies persist as long as the markets are still recovering, as we understand that persistent volatility weakens investor confidence in the markets. The adaptive market hypothesis (AMH) approach, which proposes the coexistence of weak forms of market efficiency and time-varying conditionality, can also be explored.

The results obtained in this study have important economic implications. The improvement in the efficiency of Latin American financial markets during the pandemic suggests a greater capacity to adapt to disruptive events, which strengthens the resilience of the regional financial system. This greater efficiency can facilitate a more optimal allocation of capital, reduce systematic arbitrage opportunities, and improve market transparency. Furthermore, for economic policymakers, these findings indicate that the measures adopted during the crisis (such as fiscal or monetary stimuli) may have helped to stabilise investor expectations, favouring the faster incorporation of available information into prices. Consequently, this opens up a line of research on how emerging markets can strengthen their structural efficiency in contexts of high uncertainty and volatility.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

This study has some limitations that should be considered. First, the analysis is based exclusively on stock market index data, without incorporating macroeconomic or micro variables that could influence market efficiency. Furthermore, although robust, the methodology employed focuses on traditional statistical tests and does not consider alternative approaches such as multifractal analysis or the adaptive market hypothesis (AMH), which could better capture the temporal dynamics of efficiency. On the other hand, although relevant, the period analysed could be extended to assess the persistence of the observed effects. In terms of future lines of research, it would be relevant to compare the results with developed markets to identify common or divergent patterns in crisis contexts, and to analyse the role of government policies (fiscal policy measures) and central banks (monetary policy measures) in Latin American countries in the evolution of efficiency.

Responsabilities and conflicts of interests

The authors undertakes to disclose any existing or potential conflict of interest in relation to the publication of his article.

The sections of the paper are attributed as follows:

- Manuel Adolfo Pérez Priego: Conceptualization, Methodology, Validation, Investigation, Data curation, Writing-Original Draft, Writing-Reviewing and Editing.
- María de los Baños García-Moreno García: Conceptualization, Methodology, Validation, Formal Analysis, Investigation, Writing-Original Draft, Writing-Reviewing and Editing, Supervision, Visualization.
- Lorena Caridad y López del Río: Conceptualization, Data curation, Resources, Visualization.
- José Rafael Caro-Barrera: Validation, Software, Writing-Original Draft, Visualization.

REFERENCES

Abakah, E., Alagidede, P., Mensah, L., & Ohene-Asare, K. (2018). Non-linear approach to random walk test in selected African countries. *International Journal of Managerial Finance, 14*(3), 362–376. https://doi.org/10.1108/IJMF-10-2017-0235

Aggarwal, D. (2018). Random walk model and asymmetric effect in Korean composite stock price index. *Afro-Asian Journal of Finance and Accounting*, *8*(1).https://dx.doi.org/10.1504/AAJFA.2018.089210

Ahumada, H., Cavallo, E., Espina-Mairal, S., & Navajas, F. (2022). Sectoral productivity growth, covid-19 shocks, and infrastructure. *Economics of Disasters and Climate Change*, *6*, 1–28. https://doi.org/10.1007/s41885-021-00098-z

Alexandre, P., Dias, R., & Heliodoro, P. (2020). How Long is the Memory of the Region Lac Stock Market? *Balkans Journal of Emerging Trends in Social Sciences, 3*(2), 131–137. https://doi.org/10.31410/Balkans.JETSS.2020.3.2.131-137

Alexeev, V., & Tapon, F. (2011). Testing weak form efficiency on the Toronto Stock Exchange. *Journal of Empirical Finance, 18*(4), 661–691. https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2011.05.002

Ali, M., Alam, N., Rizvi, & Syed Aun R. (2020). Coronavirus (covid-19) – an epidemic or pandemic for financial markets. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, *27.* https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100341.

Altin, H. (2020). Efficient Market Hypothesis for Islamic Capital Markets. In A. Rafay (Ed.), *Handbook of Research on Theory and Practice of Global Islamic Finance* (pp. 489-523). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0218-1.ch027.

Aslam, F., Memon, B. A., Hunjra, A. I., & Bouri, E. (2023). The dynamics of market efficiency of major cryptocurrencies. *Global Finance Journal*, *58*. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2023.100899

Atac, C. G., & Tas, O. (2019). Testing random walk hypothesis for Istanbul Stock Exchange. *PressAcademia*, *9*(10), 48–53. https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2019.1063

Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales scientifiques de l'É cole Normale Supérieure,* Serie 3, Vol. 17, 21-86. https://doi.org/10.24033/asens.476

Baig, A. S., Blau, B. M., & Sabah, N. (2021). Free trade and the efficiency of financial markets. *Global Finance Journal, 48*. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2020.100545

Bailey, R. E. (2005). *The Economics of Financial Markets*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511817458

Bassiouny, A., Kiryakos, M., & Tooma, E. (2023). Examining the adaptive market hypothesis with calendar effects: International evidence and the impact of Covid-19. *Global Finance Journal, 56*. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2022.100777

Beirne, J., Renzhi, N., Sugandi, E., & Volz, U. (2021). Covid-19, asset markets and capital flows. *Pacific Economic Review*, *26*(4) 498–538. https://doi.org/10.1111/1468-0106.12368

Benítez, M. A., Velasco, C., Sequeira, A. R., Henríquez, J., Menezes, F. M., & Paolucci, F. (2020). Responses to covid-19 in five latin american countries. *Health policy and technology, 9*(4), 525–559. https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.08.014

Bradley, J. (1968). *Distribution-Free Statistical Tests*. Prentice-Hall.

Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D., & LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric Reviews*, *15*(3), 197–235. https://doi.org/10.1080/07474939608800353

Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctt7skm5

Cowles, A. (1933). Can stock markets forecasters forecast*? Econometrica, 1*(13), 309–324. https://doi.org/10.2307/1907042

Das, P. (2020). An empirical study on the random walk hypothesis and weak form market efficiency: evidence from national stock exchange in india, *CLEAR International Journal of Research in Commerce & Management, 11* (8). https://ijrcm.org.in/article_info.php?article_id=9366

Dias, R., Vidigal da Silva, J., & Dionisio, A. (2019). Financial markets of the lac region: does the crisis influence the financial integration? *International Review of Financial Analysis, 63*, 160–173. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.02.008

Dias, R., Teixeira, N., Machova, V., Pardal, P., Horak, J., & Vochozka, M. (2020). Random walks and market efficiency tests: evidence on US, Chinese and European capital markets within the context of the global Covid-19 pandemic. *Oeconomia Copernicana, 11*(4), 585-608. https://doi.org/10.24136/oc.2020.024

Dos Santos Maciel, L. (2023). Brazilian stock-market efficiency before and after Covid-19: The roles of fractality and predictability. *Global Finance Journal, 58*. https://doi.org/ 10.1016/j.gfj.2023.100887

Duarte Duarte, J. B., & Mascareñas Pérez-Íñigo, J. M. (2014). Comprobación de la eficiencia débil en los principales mercados financieros latinoamericanos, *Estudios Gerenciales, 30*, 365–375. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.05.005

Durusu-Ciftci, D., Ispir, M. S., & Kok, D. (2019). Do stock markets follow a random walk? new evidence for an old question. *International Review of Economics & Finance, 64,* 165–175. https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.06.002

El-Khatib, R., & Samet, A. (2021). *The COVID-19 Impact: Evidence from Emerging Markets* (January 20, 2021). https://ssrn.com/abstract=3685013

Fama, E. F. (1965). The behavior of stock market prices.*The Journal of Business, 38*(1965), 34–105. https://doi.org/10.1086/294743

Fama, E. F. (1991). Efficient capital markets: II. *The Journal of Finance, 46,* 1575–1617. https://doi.org/10.2307/2328565.

Filipovski, V., & Tevdovski, D. (2018). Stock market efficiency in south east- ern europe: Testing return predictability and calendar effects. In: B. Sergi, M. Z. F. Fidanoski & V. Naumovski (Eds.), *Regaining Global Stability After the Financial Crisis* (pp. 214-237). IGI Global. https://ideas.repec.org/p/pra/mprapa/76818.html.

Gallo, L. (2021). Efficient market hypothesis and economic reforms in China. *ScienceOpen Preprints.* https://doi.org/10.14293/S2199-1006.1.SOR-.PP3QBMW.v1.

García-Moreno García, M. de los B. (2016). *Modelos de optimización de redes de distribución*. [Doctoral Thesis, University of Córdoba, Spain]. UCO Institutional Repository: https://helvia.uco.es/handle/10396/13200.

García-Moreno García, M. de los B., & Roldán Casas, J. A. (2021). Análisis del grado de eficiencia débil en algunos mercados financieros europeos. Primer impacto del COVID-19. *Revista de Economía Mundial*, (59). https://doi.org/10.33776/rem.v0i59.5157

García-Moreno, M. de los B., Roldán Casas, J.A., & Caridad y López del Río, D. (2019). La influencia de la crisis financiera en la eficiencia de los mercados latinoamericanos: un análisis empírico, *Espacios, 40*(10), 5–18. https://www.revistaespacios.com/a19v40n10/ 19401005.html

Hamid, K. and Suleman, M. T., Syed Zulfiqar, A. S., & Rana Shahid, I. A. (2017). *Testing the Weak Form of Efficient Market Hypothesis: Empirical Evidence from Asia-Pacific Markets*. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2912908

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

He, Q., Liu, J., Wang, S., & Yu, J. (2020). The impact of Covid-19 on stock markets. *Economic and Political Studies*, *8*(3)275–288. https://doi.org/10.1080/20954816.2020.1757570

Heliodoro, P., Dias, R., & Alexandre, P. (2020). Financial contagion between the US and emerging markets: Covid-19 pandemic case. In *4th International Scientific Conference – EMAN 2020 – Economics and Management: How to Cope With Disrupted Times* (pp. 2683-4510). Online/Virtual, September 3, 2020, SELECTED PAPERS published by: Association of Economists and Managers of the Balkans, Belgrade, Serbia. https://doi.org/10.31410/EMAN.S.P.2020.1

Gomes, L. M. P, Soares V. J. S, Gama, S. M. A., & Matos, J. A. O. (2018). Long-term memory in euronext stock indexes return: an econophysics approach. *Business and Economic Horizons, Prague Development Center, 14*(4), 862–881. https://ideas.repec.org/a/pdc/jrnbeh/v14y2018i4p862-881.html

Heliodoro, P., Dias, R., & Alexandre, P. (2020). Variance Ratio Tests of the Random Walk in the LAC Region. *International Journal of Sustainable Development*. https://www.researchgate.net/publication/348200512_Variance_Ratio_Tests_of_the_Random_Walk_in_the_LAC_Region.

Horta, P., Lagoa, S., & Martins, L. (2014). The impact of the 2008 and 2010 financial crises on the Hurst exponents of international stock markets: Implications for efficiency and contagion, *International Review of Financial Analysis, 35*, 140–153. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2014.08.002.

Huynh, T. L. D., Foglia, M., Nasir, M. A., & Angelini, E. (2021). Feverish sentiment and global equity markets during the Covid-19 pandemic. *Journal of Economic Behavior Organization, 188*, 1088–1108. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.06.016

Khan, K., Zhao, H., Zhang, H., Yang, H., Haroon, M. & J,ahanger, A. (2020). The Impact of COVID-19 Pandemic on Stock Markets: An Empirical Analysis of World Major Stock Indices. *The Journal of Asian Finance*, *Economics and Business*, *7*, 463-474. https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no7.463

Kendall, M. (1953) The analysis of economic time-series-part I: Prices. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 116*(1) 11–25. doi: https://doi.org/10.2307/2980947

Kim, J., & Shamsuddin, A. (2008). Are asian stock markets efficient? evidence from new multiple variance ratio tests. *Journal of Empirical Finance, 15*(3), 581–532. https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2007.07.001

Lekovic, M., (2018). Evidence for and against the validity of efficient market hypothesis, *Economic Themes*, *56*(3), 369–387. https://doi.org/10.2478/ethemes-2018-0022

Liu, H., Manzoor, A., Wang, C., Zhang, L., & Manzoor, Z. (2020). The COVID-19 Outbreak and Affected Countries Stock Markets Response. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(8), 2800. https://doi.org/10.3390/ijerph17082800

Ljung, G. M., & Box, G.E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika, 65*(2), 297–303. https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297

Lo, A., & MacKinlay, A. (1988). Stock market prices do not follow random walks: evidence from a simple specification test. *Review of financial studies, 1*(1), 41–66. https://www.jstor.org/stable/2962126

Mandelbrot, B. (1963). New methods in statistical economics. *Journal of Political Economy*, *71*, 421–440. https://doi.org/10.1086/258792

Malafeyev, O., Awasthi, A., S.Kambekar, K., & Kupinskaya, A. (2019). Random Walks and Market Efficiency in Chinese and Indian Equity Markets. *Statistics, Optimization and Information Computing, 7*(1), 1-25. https://doi.org/10.19139/soic.v7i1.499

Mlambo, C., & Biekpe, N. (2007). The efficient market hypothesis: Evidence from ten African stock markets. *Investment Analysts Journal, 36*(66), 5–17. https://doi.org/10.1080/10293523.2007.11082489

Mphoeng, M. (2019). Testing for Weak-Form Market Efficiency in the Botswana Stock Market. *Archives of Business Research, 7*(9), 134–140. https://doi.org/10.14738/abr.79.6640

Okorie, D. I. & Lin, B. (2021). Adaptive market hypothesis: The story of the stock markets and Covid-19 pandemic. *The North American Journal of Economics and Finance, 57*. https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101397

Olubiyi, E. A., & Olopade, P. O. (2018). On the efficiency of stock markets: a case of selected OPEC member countries. *Central Bank of Nigeria Journal of Applied Statistics, 9*(2), 75–101. https://doi.org/10.33429/Cjas.09218.4/6

Osborne, M. (1959). Brownian motion in the stock market. *Operations Research, 7*(2), 145–733. https://doi.org/10.1287/opre.7.2.145

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Roldán-Casas, J.A., & García-Moreno García, M.B. (2022). A procedure for testing the hypothesis of weak efficiency in financial markets: a Monte Carlo simulation. *Statistical Methods and Applications, 31*, 1289–1327. https://doi.org/10.1007/s10260-022-00627-4

Rehman, S., Chapra, I. U., Kashif, M., & Rehan, R. (2018). Are stock prices a random walk? An empirical evidence of Asian stock markets. *Etikonomi, 17*(2), 237–252. https://doi.org/10.15408/etk.v17i2.7102

Roberts H. (1959). Stock market "patterns" and financial analysis: Methodological suggestions. *The Journal of Finance, 14*(1) 1–10. https://doi.org/10.2307/2976094.

Sadat, A., & Hasan, M. (2019). Testing weak form of market efficiency of DSE based on random walk hypothesis model: A parametric test approach. *International Journal of Accounting and Financial Reporting, 9*(1), 400–413. https://doi.org/.5296/ijafr.v9i1.14454.

Samuelson, P. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. *Industrial Management Review, 6*(2), 41–49. https://doi.org/10.1142/9789814566926_0002

Samuelson, P. (1973). Mathematics of speculative price. *SIAM Review, 15*(1) 1–42. https://doi.org/10.1137/1015001

Sánchez-Granero, M., Balladares, K., Ramos-Requena, J., & Trinidad- Segovia, J. (2020). Testing the efficient market hypothesis in Latin American Stock Markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 540*, 123082. https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.123082.

Sansa, N.A. (2020). The impact of the Covid-19 on the financial markets: Evidence from China and USA. *Electronic Research Journal of Social Sciences and Humanities, 2*(II), 160–173. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3567901.

Santos, H., Dias, R. Heliodoro, P., & Alexandre, P. (2020). Testing the empirics of the weak form of efficient market hypothesis: evidence from LAC region markets. In: *4th International Scientific Conference on Recent Advances in Information Technology, Tourism, Economics, Management, and Agriculture* – ITEMA. https://doi.org/10.31410/ITEMA.2020.91.

Senol, Z., & Zeren, F. (2020). Coronavirus (covid-19) and stock markets: the effects of the pandemic on the global economy. *Eurasian Journal of Researches in Social and Economics*, *7*, 1–16. https://dergipark.org.tr/en/pub/asead/issue/54055/721871.

Singh, D. S., & Kumar, L. (2018). Market efficiency in Malaysia: an empirical study of random walk hypothesis of Kuala Lumpur Stock Market (Composite Index). B*ursa Malaysia, SSRN Electronic Journal, 17*(2), 237–252. https://doi.org/10.2139/ssrn.3095176

Solorza, M. (2021). Responsible fiscal policy and economic development: A challenge for latin america after covid-19. *International Journal of Political Economy, 50*(3), 198–211. https://doi.org/10.1080/08911916.2021.1984968

Zeren, F., & Hizarci, A. (2020). The Impact of Covid-19 Coronavirus on stock markets: evidence from selected countries. *Muhasebe Ve Finans İncelemeleri Dergisi*, *3*(1), 78-84. https://doi.org/10.32951/mufider.706159

Zhu, Z. Bai, Z., Vieito, J. P. & Wong, W-K. ()2019). The Impact of the Global Financial Crisis on the Efficiency and Performance of Latin American Stock Markets. *Estudios de Economía*, *46*(1). https://ssrn.com/abstract= 3393671

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

Summary of Articles

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.01

Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play

M'hamed Nmiss
mhamed.nmiss@usmba.ac.ma 0009-0001-4107-3690
Laboratoire Dynamiques des Espaces et des Sociétés (LADES), Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Mohammedia, Université Hassan II de Casablanca, avenue Hassan II, B.P. 546, Mohammedia, Maroc.

Mhamed Amyay
mhamedamyay@hotmail.com 0009-0004-4207-3539
Equipe de Recherche : Milieux Naturels, Aménagement et Dynamiques Socio-Spatiales (MNADSS). FLSH Fès-Sais, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fès, BP 59, Route Immouzer, 30000 Fès, Maroc.

Nadia Atiki
nadiaatiki90@gmail.com 0009-0001-4107-3690
Equipe de Recherche : Milieux Naturels et Aménagement Spatiale (MNAS). Département de Géographie, FLSH Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi, BP 210 Martil Tétouan, Maroc.

Abderrahmane Ouammou
a.ouammou@uiz.ac.ma 0009-0000-3579-1947

Hassan Nait-Si
hassan.nait-si@edu.uiz.ac.ma 0000-0003-3299-5447

Mahjoub Benbih
benbihelmahjoub@gmail.com 0009-0008-5759-8097
Equipe de Recherche : Géographie, Aménagement, Démographie et Développement (GEAMDD), Département de Géographie, FLSH Agadir, Université Ibn Zohr, Cité Dakhla, BP 29/8, Agadir, Maroc.

KEYWORDS

Cliffs
GIS
Spatial data
Tifnit
Sidi Toual

INTRODUCTION

Coastal cliffs are inherently dynamic and erosive geological formations, accounting for approximately 80% of the world's coastline. They are complex environments, constantly evolving and never achieving a true state of equilibrium. Their transformation—often rapid and irreversible—is the result of a complex interplay of multiple factors, involving both intrinsic elements, such as lithology, the mechanical properties of the rock mass, and the presence of structural discontinuities, and extrinsic elements, including marine processes, subaerial weathering, and anthropogenic influences. The study of coastal cliff retreat has become a critical area of research, particularly in the current context of global climate change, which is marked by rising sea levels and an increase in the frequency and intensity of storms—factors that intensify coastal erosion and the associated risks to infrastructure and human populations.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01
Formato de cita / Citation: Nmiss, M., Amyay, M., Atiki, N., Ouammou, A., Nait-Si, H., & Benbih, M. (2026). Coastal cliff retreat south of Agadir (Atlantic Morocco): assessment and analysis of the factors at play. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 8-28. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01
Correspondencia autores: mhamed.nmiss@usmba.ac.ma (M'hamed Nmiss)

This research focuses on the assessment and analysis of coastal cliff retreat along a segment of the Moroccan Atlantic coastline, specifically the area south of Agadir, between the localities of Sidi Toual and Tifnit. This region is characterized by a variety of cliff morphologies and is subject to the energetic wave action of the Atlantic Ocean. Understanding the contemporary dynamics and controlling factors of cliff retreat in this specific geographical context is of paramount importance for the development of effective coastal zone management strategies and for mitigating potential hazards. The study proposes a multi-decadal analysis, based on high-resolution spatial data, to quantify erosion rates and elucidate the complex mechanisms governing cliff instability.

The main objectives of this investigation were multiple and aimed to provide a comprehensive understanding of the phenomenon. First, it sought to quantify the multi-decadal retreat of coastal cliffs over the period from 1986 to 2018 along the southern Agadir coastline, with particular attention to two representative study sites: Tifnit and Sidi Toual. Second, the study aimed to determine the average annual retreat rates and the total area lost at these selected sites, thus providing a quantitative basis for understanding erosion dynamics. Third, a major goal was to identify and map the spatial variability of cliff retreat, highlighting areas experiencing high erosion rates versus those that are relatively more stable. Fourth, the study aimed to analyze the complex interaction of factors controlling cliff evolution, including marine processes (such as wave exposure and storm impact), lithological characteristics (rock type, structural integrity, presence of weak layers), subaerial weathering (weather conditions, precipitation), and anthropogenic interventions (coastal development, direct modifications of the cliffs). Fifth, it was essential to provide a robust scientific foundation and a reliable dataset to inform and support coastal planners, engineers, and policy makers in the development of sustainable coastal management practices and risk reduction strategies, particularly in a global context marked by accelerating sea level rise and climate change. Finally, the study aimed to contribute to a broader understanding of coastal geomorphological processes in a dynamic Atlantic environment, specifically focusing on sandstone cliff settings.

The study area is located along the Atlantic coast of Morocco, south of the city of Agadir (around 30° N), stretching from the mouth of the Oued Massa in the south to the mouth of the Oued Souss in the north. Cliffs make up about 53% of this coastal stretch. From a geological and geomorphological perspective, the cliffs in the studied sector, mainly between Sidi Toual and Sidi Rbat, are predominantly composed of sandstone, incorporating Quaternary-age dune complexes. The cliffs vary in height, typically ranging from 10 to 35 meters. This morphological diversity is attributed to lithological variations, tectonic influences, cliff height, and both past and present erosion processes. In terms of hydrodynamics and marine weather conditions, the coastline is highly exposed to energetic Atlantic waves, mainly from the NNW sector.

METHODOLOGY

The methodology adopted for this study is based on a diachronic approach, analyzing changes in cliff position over a 32-year period, from 1986 to 2018. Methodologically, the quantification of cliff retreat involves four main steps: georeferencing of data, selection and digitization of the coastline, calculation of retreat rates based on the area between successive cliff lines, and calculation of error margins. The cliff top was chosen as the reference point for measuring retreat, as the position of the cliff toe can vary significantly due to sediment accumulation or removal and shadow effects in the imagery. Cliff retreat was quantified using two complementary methods. The first, a surface-based method, involves calculating the area of land lost between two digitized cliff top lines. The second method used the DSAS (Digital Shoreline Analysis System) tool, an ArcGIS extension developed by the USGS, for a more detailed analysis of spatial variability.

RESULTS

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

The comparative analysis of aerial photographs and satellite orthophotos revealed significant coastal cliff retreat between 1986 and 2018. Overall results show that at the Tifnit site, an average annual retreat rate of 0.37 m/year was recorded, corresponding to a total area loss of 25,455 m² over a 2,128-meter stretch of coastline during the 32-year study period. At the Sidi Toual site, an average annual retreat rate of 0.22 m/year was observed, with a total area loss of 5,088 m² over a 716-meter coastal stretch. Beyond these average values, the DSAS analysis, using 100 transects at Tifnit and 33 at Sidi Toual, revealed considerable heterogeneity in erosion rates, both between and within sites. At Tifnit, the southern part of the site showed particularly vulnerable areas, especially between transects 21 and 35, where retreat rates reached up to 0.54 m/year (at transect 35). Conversely, the southernmost end of the site showed more moderate erosion, with rates as low as 0.06 m/year (at transect 99). For Sidi Toual, the analysis distinguished two sectors with contrasting dynamics. The northern part experienced a retreat rate of about 0.1 m/year; the presence of several houses built in close proximity to the cliff edge in this area increases the risks of instability and threats to local populations. The southern sector of Sidi Toual experienced more intense erosion, with a maximum retreat rate of 0.52 m/year.

The observed cliff retreat and its spatial variability are governed by a complex interaction of marine, lithological, subaerial, and anthropogenic factors. Marine processes play a predominant role. Direct wave attack at the cliff base, particularly during high tides and storms, is the main marine erosive force, undercutting the cliff and leading to instability and collapse of the overlying material. The documented increase in the frequency of high-energy storms (Hs > 4 m) intensifies wave erosivity, and the presence of abrasion platforms bears witness to this ongoing marine erosion.

Lithological factors—i.e., the properties of the rock mass—are fundamental. The inherent friability of cliff materials (sandstone, Quaternary dune deposits, paleosols) determines their erodibility. Phenomena such as landslides, block falls, and granular disintegration have been observed. The basal dune series (SD1) is a critical unit; its degree of consolidation and thickness strongly influence resistance: where it is well-consolidated and thick, it forms more resistant promontories. The presence of weaker layers, such as pink interdune paleosols underlying more competent dune series, creates preferential erosion zones, undermining the upper strata.

Finally, anthropogenic factors exacerbate natural processes. At Sidi Toual, the construction of concrete houses in immediate proximity to the cliff edge imposes additional loads, increasing the risks. At Tifnit, dozens of troglodytic dwellings have been informally excavated into the friable layers (SD2 and SR1), structurally weakening the cliffs. Although current retreat rates in this northern sector are relatively low, the presence of large detached blocks suggests a potential for future collapses. In Tifnit, dozens of troglodyte dwellings have been informally excavated into the friable layers (SD2 and SR1), structurally weakening the cliffs. Many of these dwellings have been abandoned, and the presence of hanging remnants bears witness to ongoing retreat and the destabilizing impact of such interventions.

CONCLUSION

In conclusion, this diachronic study of coastal cliff evolution south of Agadir between 1986 and 2018 has enabled the quantification of significant retreat and highlighted its considerable spatial variability, with average rates of 0.37 m/year at Tifnit and 0.22 m/year at Sidi Toual. Retreat results from a complex interaction of marine, lithological, subaerial, and anthropogenic factors. The nature of geological formations, particularly the alternation of dune series and paleosols with varying resistance (notably the basal SD1 series), is a fundamental determinant. The energetic action of Atlantic waves is a key driver of basal erosion, while subaerial weathering processes prepare and weaken the materials. The increasing frequency and intensity of storms, coupled with sea level rise, are expected to exacerbate these rates in the future. Human interventions, such as constructions near the coast and the excavation of troglodytic dwellings, directly compromise cliff stability and accelerate their retreat. These findings underscore the urgent need for integrated and adaptive coastal management strategies, including rigorous planning, the definition of retreat margins, potential stabilization measures

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

(where ecologically justified), and local community awareness. This research provides a valuable database and insights for future monitoring and the development of informed policies aimed at mitigating coastal erosion risks and promoting sustainable use of this ecologically significant and increasingly pressured coastal zone.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.01

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.02

Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station

Óscar Noel Gavira-Romero
ogavira@hotmail.com 0000-0001-8048-8314
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Avenida Cervantes, 2. Universidad de Málaga, Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España.

KEYWORDS

Climate
Climate Change
Global Warming
Urban ecology
Mediterranean basin
Iberian Peninsula

INTRODUCTION

Climate Change is an unprecedented situation in the Earth's history due to its anthropogenic origin, the speed of events and the extent of its spatial and temporal scale. The consequences of Climate Change include a widespread increase in temperatures, natural disasters, changes in precipitation, and rising sea levels. There are also non-climatic consequences including ocean acidification due increased carbon dioxide concentrations. The effects of these consequences include a loss of biodiversity, crop failures, human health problems, migration, and economic impacts. The expected effects on human health are chiefly attributable to an increase in the intensity, frequency, and duration of heat waves, which leads to the emergence of new diseases and reduced food availability.

Global warming is the immediate consequence of greenhouse gases (mainly carbon dioxide) being emitted into the atmosphere, and is the cause of all the other effects of Climate Change. Despite all the attempts to prevent rising temperatures, greenhouse gas emissions have continued to rise year on year. Some studies indicate that the current average temperature is the highest it has been for the last 100,000 years.

The effects of Climate Change are unevenly distributed and are more pronounced in certain regions of the world, such as the Mediterranean. Although the Mediterranean basin is not the region with the highest expected rate of global warming, it is considered unique compared to most other regions due to the high exposure and vulnerability to these changes in both ecosystems and human societies. For this reason, it has been defined as a hotspot of Climate Change.

Because the impact of rising temperatures varies from region to region, studying air temperature trends is a key task in Climate Change research. To contribute to the understanding of the local effects of Climate Change, this study focused solely on temperatures and used data from "Málaga Aeropuerto" weather station.

METHODOLOGY

The weather station 6155A – "Málaga Aeropuerto" is in the southwestern corner of the municipality of Malaga and has the longest series in the entire province, with data collection beginning on 1 May 1942. The

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02
Formato de cita / Citation: Gavira-Romero, O. N. (2026). Trends in temperatures for "Málaga Aeropuerto" weather station. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 29-46. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02
Correspondencia autor: ogavira@hotmail.com (Óscar Noel Gavira-Romero)

weather station is associated with the province's airport, which is close to the city center and in the Costa del Sol area, thus providing reference climatological data for the entire region. The average temperature is 18.9 ºC and the average rainfall is 534 mm (normal data), while winds are mainly from the west (290º).

The temperature data from 1942 to 2024 for "Málaga Aeropuerto" weather station were obtained from the AEMET OpenData application. The World Meteorological Organization's guidelines were followed to calculate the various meteorological parameters.

The annual average values of global temperature anomalies were obtained from the HadCRUT5 database. Daily data on daylight hours for the province of Malaga were obtained from the Observatorio Astronómico Nacional.

Once all the data were obtained, they were represented graphically using a 5-year moving average in order to visualize changes in annual trends and select the best-fitting trend using linear regression. The trends found were analyzed using IBM SPSS Statistics version 20 for both annual and monthly data. ANOVA was used to evaluate the regressions obtained, and the normality of the residuals was analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test.

RESULTS AND DISCUSSION

The temperature evolution throughout the historical series at "Málaga Aeropuerto" weather station since 1942, shows an initial stable period from 1945 to 1968 (with no statistically significant trend), with an average temperature of 18.3 ºC. After this period the temperatures dropped sharply, reaching a minimum of 17 ºC in 1972. Several studies conducted in the Iberian-Balearic region agree on the existence of a period between 1940-1950 and 1970-1974 in which annual temperatures did not increase but rather decreased slightly.

In 1971, a change in the trend was observed both globally and in the Iberian-Balearic region. Since 1971, the average temperature in Malaga has steadily increased, with a peak observed in 2024 (20.3 ºC), following a linear trend (according to the best-fit line), and at a rate of 0.049 ºC/year. Considering this trend, the average annual temperature would have evolved from 17.3 ºC in 1971 to 19.9 ºC in 2024, representing an increase of 2.6 ºC in 54 years.

This increase in temperatures since 1971 has also been observed globally, although the increase is much smaller, only 1.1 ºC. In other words, for every degree of increase in the global average annual temperature, the average annual temperature in Malaga increases by 2.3 ºC. This greater increase in temperatures relative to the global average has been evident throughout the Iberian-Balearic region. However, the trends are influenced by the length of the period and the choice of the starting year. For this reason, the results of this study are only similar to other studies conducted in the Iberian-Balearic region that have established a similar study period, especially if they began around 1971.

This increase in temperatures in Malaga is also reflected in the average annual minimum and maximum temperatures, albeit unevenly. Thus, while the minimum temperature has increased by 2.9 ºC since 1971 (following a trend of 0.055 ºC/year) the average annual maximum has increased by 2.2 ºC over the same period, at a rate of 0.042 ºC/year. However, this observation does not coincide with other studies conducted in the Iberian Peninsula and in several regional studies in Spain. Nevertheless, in the southern and Mediterranean areas of the Iberian Peninsula, a greater increase in minimum temperatures compared to maximum temperatures has been observed, with a consequent reduction in the diurnal temperature range. Therefore, the behavior of minimum and maximum temperatures in Malaga coincides with what has been observed in this region.

The general global trend is toward a contraction in diurnal temperature range, with a greater increase in minimum temperatures compared to maximum temperatures, although it has been found that diurnal temperature ranges are increasing in some regions of the planet, including middle Canada, parts of southern Africa, southwest Asia, Europe, and western tropical Pacific Islands. This contraction of the diurnal temperature range has been attributed to several causes, including greenhouse gases, aerosols, biomass burning (smoke), precipitation, soil moisture, atmospheric circulation, and the urban heat island effect.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Some studies point to increased cloudiness as the main cause. In the case of Malaga, its location on the Mediterranean coast may cause an increase in relative humidity, which could explain this greater increase in minimum temperatures, as episodes of muggy days are not uncommon.

For the average monthly temperatures in Malaga, the greatest increase occurs during the summer months, coinciding with the peak period of sunshine. The greatest increase in average monthly temperatures is found in July, rising at a rate of 0.067 ºC/year, representing an increase of 3.5 ºC over 54 years. In contrast, the smallest increase in the monthly average was observed in February, with an increase of 0.029 ºC/year, which has increased the monthly average by 1.6 ºC over 54 years. In addition to different rates of temperature increase, it has also been observed that the correlation is less explanatory in the coldest months (15% for February) than in the warmest months (67% for July).

Monthly minimum temperatures of Malaga show a greater increase than maximum temperatures in all months. Thus, the greatest increase occurs in the minimum temperatures in August, rising at a rate of 0.074 ºC/year, and which has generated an increase of 3.9 ºC since 1971. In contrast, the smallest increase occurs in the maximum temperatures in February, at a rate of 0.024 ºC/year, representing an increase of 1.3 ºC for the average maximum temperature for this month.

Another observation of this temperature evolution would be the intra-annual variation, specifically the seasonal decline in temperatures starting in September. This decline was most rapid in 1971, with the greatest decrease occurring in October (a 4 ºC drop). In 2024, however, this decline is more contained, with the largest drop (4.4 ºC) not observed until November.

Despite the increased heat retention observed in the autumn period, much of the accumulated heat finally dissipates, so winters are not noticeably much warmer than the rest of the year. In many cases, the social perception of Climate Change is lost at this time of year. However, winter temperatures continue to rise, albeit at a much slower rate.

CONCLUSIONS

The city of Malaga has seen a linear increase in temperatures since 1971 across all related parameters (both annual and monthly averages, and maximum and minimum temperatures). However, climate change is having a greater impact on this city than in other parts of the world. By month, the greatest increase occurs in the summer months and the smallest increase in the winter months, with the greatest increase observed in the minimum temperature in August.

Thus, despite the effect of climate change, it is clear that winter cold cannot be avoided, although it is confirmed that temperatures are rising more slowly. It can be concluded that this analysis only confirms an increase in temperatures observed from 1971 to 2024, and that this increase is greater than the global average, but it does not allow for future temperature predictions for the city of Malaga. However, it is important to take this analysis into account because climate models indicate that this increase in temperatures will continue and could even become more pronounced.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.02

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.03

From certification to practice: examining the Via Romea Germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe

Leonardo Porcelloni
leonardo.porcelloni@edu.unige.it 0009-0003-7348-3664
Pietro Piana
pietro.piana@unige.it 0000-0002-9367-8085
Department of Political Science and International Studies.Faculty of Economics, University of Genoa.
Via Francesco Vivaldi, 5. 16126 Genova, Italy.

KEYWORDS

Cultural Routes
Council of Europe
Via Romea Germanica
Tourism
Mobilities

INTRODUCTION

This article examines the Council of Europe's (CoE) Cultural Routes (CR) programme through the case of the Via Romea Germanica (VRG) and its managing body, the European Association Via Romea Germanica (EAVRG). It interrogates how certification requirements, operationalised through the regular and exceptional evaluation cycles, shape governance, communication, financial sustainability, infrastructure, and monitoring within a transnational route spanning Germany, Austria, and Italy. By situating the VRG within the wider context of European pilgrimage routes, the study interrogates the evidentiary thresholds and compliance benchmarks required for certification and assesses the VRG against them across governance, financial management, communication, infrastructure and monitoring. The discussion also addresses a largely unexplored topic in the literature: how the evaluation cycles operate in practice and how they apply to a transnational network such as the VRG.

Objectives

The article has four, closely connected aims. First, it traces how far the VRG aligns with the CoE's certification criteria and priority fields of action. Second, it examines the institutional and legal architecture of the EAVRG (together with the performance of its national associations) to understand how governance actually operates in practice. Third, it considers the network's financial set-up, communication ecosystem, on-route infrastructure and baseline safety/monitoring, reading these through the lens of user experience. Finally, it adopts a reflexive stance on the evaluation framework itself, acknowledging its value in safeguarding standards while probing its limits when applied to routes that are emergent or still consolidating.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03
Formato de cita / Citation: Porcelloni, L., & Piana, P. (2026). From certification to practice: examining the via Romea germanica in the context of the cultural routes of the Council of Europe. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 47-66. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03
Correspondencia autores: leonardo.porcelloni@edu.unige.it (Leonardo Porcelloni)

METHODOLOGY

The study adopts a mixed-methods design. A documentary and web-based review of CoE guidance and network materials provided the quantitative backbone (coding against CM/Res(2013)67 and CM/Res(2023)2 to profile compliance, governance and communication practices). This was complemented by qualitative fieldwork to verify on-the-ground conditions along selected sections of the route in Germany and Italy (trail marking, infrastructure, accommodation and basic safety). Semi-structured interviews were conducted with stakeholders across the transnational network (European, national and local levels), and a structured telephone enquiry with tourist offices along the Italian section gauged awareness and operational engagement with the route. Triangulating these strands allowed us to test declared practices against observed evidence and to relate certification requirements to the practical realities of a network spanning Germany, Austria and Italy.

MAIN RESULTS

The VRG's medieval-pilgrimage narrative offers a coherent frame that links tangible and intangible heritage across borders and positions the route credibly alongside established itineraries such as the Via Francigena and the Camino de Santiago; however, its translation into a consistent, user-ready experience remains uneven. The principal fault line lies in governance: despite meeting the programme's transnational threshold, coordination between the German, Austrian and Italian associations has been weak, with nationally driven management and blurred membership boundaries limiting transnational cohesion and signalling the need for clearer accession protocols and stronger internal communication.

Financially, the association operates on a non-profit basis but relies heavily on fee-based income and nationally ring-fenced budgets, a configuration that has constrained joint planning and narrowed the scope for cross-border projects even where national contribution systems have been formalised. Activity across the programme's priority fields has been geographically imbalanced, and the Scientific Committee – broad in composition and potentially strategic – remains under-activated, with limited evidence of coordinated, VRG-focussed scholarly output. On the ground, implementation is heterogeneous: signposting, basic safety and hospitality vary markedly, with informal wayfinding documented in parts of Italy, limited provision in Austria, and incomplete yet advancing arrangements in Germany; the absence of a route-wide monitoring system further hampers the assessment of use and impact.

Communication and visibility are similarly fragmented, with a divided web presence and inconsistent application of the CoE visibility rules weakening brand unity. Network extension has been incremental, with memoranda of understanding and planned LEADER cooperation signalling intent but yielding few demonstrable outcomes within the review period. The 2023-2024 regular evaluation therefore identified non-compliance with several criteria and led to exceptional evaluation; following that process – despite a renewed submission – certification was withdrawn by the EPA Governing Board, and, unlike positive cases, the corresponding reports remain non-public, leaving the present analysis to rest on verifiable, non-confidential evidence gathered through the methods described.

CONCLUSIONS

The VRG possesses a persuasive thematic foundation and credible potential to connect places, communities and meanings across Europe; nonetheless, core programme requirements were not met consistently in the period under review. The evaluation framework is effective at identifying such gaps and steering managers towards auditable improvements, yet it also exposes a structural difficulty: for all its merits as a European programme, operating within a transnational framework can make coherent management hard for emergent networks. Certification presupposes a degree of maturity, stability and operational cohesion that is rarely

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

attainable in an embryonic phase, especially where stakeholder capacity and funding are uneven and inter-association collaboration is fragile. In this sense, evaluation functions not only as a compliance instrument but as a developmental milestone, rewarding consolidated networks and signalling a pathway for those still consolidating.

Clear priorities follow: re-establish inclusive, legally robust governance with balanced representation; articulate a shared financial strategy that enables cross-border projects; centralise and harmonise communication (including full adherence to CoE visibility rules and a unified graphic charter); standardise waymarking and core hospitality infrastructure with due regard to safety; and institute a light-touch, comparable monitoring system for flows and impacts. The Scientific Committee should be activated as a working partner – co-producing research, advising on heritage interpretation and contributing to evaluation-ready documentation – whilst targeted regional and local training would raise awareness among municipal offices and operators of the value, obligations and opportunities of CR of the CoE status.

More broadly, the process affirms the Cultural Routes programme's capacity to support cross-border heritage stewardship, enhance cultural tourism and promote European values, while also highlighting the balance to be struck between ambitious certification standards and the operational realities of nascent networks. The VRG case reinforces that structured governance, financial sustainability and cohesive collaboration are not merely procedural demands but preconditions for long-term relevance. Future research should extend this analysis through comparative assessments of additional evaluation cases, particularly routes that have successfully consolidated over time, to clarify likely trajectories and the patterns that characterise durable transnational cultural networks.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.03

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.04

Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco)

Khadija El Ouazani Ech-Chahdi
khadija.elouazaniechachahdi@usmba.ac.ma 0009-0000-2888-2998
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Département de Géographie.
FLSH-Sais, Fez. BP 59 Route Immouzer. CP 30000 Fès, Maroc.

Abdelaziz El-Bouhali
a.elbouhali@uiz.ac.ma 0000-0003-2581-4580
Université Ibn Zohr. Laboratoire ESEAD, FLASH. Route Nationale N°10 cite d'Azrou. 80000 Ait Melloul, Maroc.

Mhamed Amyay
mhamedamyay@hotmail.com 0009-0004-4207-3539
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Département de Géographie.
FLSH-Sais, Fez. BP 59 Route Immouzer. CP 30000 Fès, Maroc.

KEYWORDS

Erosive potential
Erosion forms
Morphodynamics
Boumlal watershed
Morocco

INTRODUCTION

The Mediterranean region is considered one of the areas experiencing severe degradation of natural environments due to the combined effects of natural and human factors. In these regions, water erosion is a key driver of land degradation. This land degradation is reflected in the increasing intensity of water erosion, which is a principal cause of the loss of land productivity and desertification. The production of large quantities of sediment due to water erosion has resulted in significant land degradation and infrastructure.

Erosion varies between catchments, depending on the specific characteristics of each environment and the methodology applied. The amount of sediment produced by water erosion differs across regions, but the Rif Mountains stand out with the highest sedimentation rates at the national level. This alarming risk, which affects both land and infrastructure, is closely linked to steep slopes, the absence or scarcity of vegetation cover, the predominance of fragile lithological formations, and the intensity and spatiotemporal concentration of rainfall. Moreover, the overexploitation of hillsides through unsustainable human activities further exacerbates water erosion. The interaction of these factors promotes the development of various forms of water erosion, including sheet erosion, rill erosion, gully erosion, landslides, and rockfalls. Among the most widespread erosive processes in the Rif region, gully erosion stands out as a key indicator of land degradation.

This study focuses on assessing the erosive potential and monitoring the dynamics of gullies in the Boumlal watershed (Upper Ouergha). Specifically, the study involves mapping areas susceptible to erosion and identifying the different types of erosion within the basin, followed by an analysis of how these erosion patterns relate to natural and human factors. In addition, gully erosion in the Boumlal watershed is monitored through field measurements to analyze the rate and processes of its development.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04
Formato de cita / Citation: El Ouazani Ech-Chahdi, K., El-Bouhali, A., & Amyay, M. (2026). Assessment of potential erosion and monitoring of gully dynamics in the Upper Ouergha (Central Rif, Morocco). *Revista de Estudios Andaluces* (51), 67-87. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04
Correspondencia autores: khadija.elouazaniechachahdi@usmba.ac.ma (Khadija El Ouazani Ech-Chahdi)

METHODOLOGY

The objectives of this study are based on the use of multi-source data, such as satellite images (Landsat 8 and Google Earth images), the digital elevation model (DEM), the geological map, field observations, and field measurements, as well as a multidisciplinary methodological approach. The processing of data and the application of methodological steps were performed using Geographic Information Systems (GIS) and R-Statistical software. The employment of data from diverse sources enabled the diagnosis of water erosion in the Boumlal watershed (Upper Ouergha). This approach provided essential information on the factors contributing to land degradation.

Fieldwork

This approach is based on conducting multiple field missions to analyze the characteristics of the study area, land use types, and the various forms of environmental degradation. It also aims to identify the processes involved in slope dynamics. To accurately illustrate the erosive dynamics in the study area, we took measurements in the field at different sections of the gullies. These surveys allow for monitoring the spatial and temporal evolution of the gullies' morphology. The main objective is to answer the following questions: What processes are involved in the dynamics of the gullies? What is the rate of this dynamic? Do the gullies respond to erosion processes in the same way? The measurements carried out across all gullies include the variation in observation sites based on land use, slope, lithology, and other factors. The measured dimensions (length, width, and depth) are immediately recorded on a technical data sheet. Although modeling provides both qualitative and quantitative assessments of water erosion and offers important information on the extent of slope dynamics, field surveys remain essential to validate observations and verify the reliability of the models used.

Qualitative assessment of water erosion

In this study, the erosive potential of the Boumlal watershed is assessed using the PAP/CAR approach. This method serves a dual purpose: in the short term, it offers a methodological tool and valuable information to support erosion and desertification control projects and programs. In the long term, it aims to manage these processes to improve land use and optimize resource exploitation. The strength of this approach lies in its ability to quantify and map each erosion factor, offering a valuable tool for diagnosing areas most vulnerable to erosion. We used GIS tools to analyze and map various characteristics of the study area, particularly those influencing erosive processes such as slope, lithology, vegetation cover, and land use. In parallel with the assessment of erosive potential, we also cross-referenced the forms of erosion with lithological formations, slope, slope orientation, and land use to analyze the influence of each parameter on soil degradation.

RESULTS

Potential Erosion

The utilization of the PAP/CAR approach shows that the Boumlal watershed is highly affected by intense water erosion, underscoring its environmental vulnerability and height potential for sediment production. Based on the erosive state map, we identified three zones with varying levels of erosion intensity.

- **Stable zones** correspond to areas where erosion is low to very low. These represent approximately 12% of the study area. They are well protected by dense vegetation, which offers strong soil pro-

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

tection. These areas also feature highly resistant lithological formations (limestone) and low slopes. Sheet erosion is the dominant form observed in these zones.

- **Unstable zones** refer to areas experiencing moderate to high erosion, covering a significant portion: about 57% of the study area. These environments are fragile, characterized by steep slopes, cultivated lands (mainly rainfed agriculture), impermeable lithological formations (clay, marl, flysch), and insufficient vegetative cover.
- **Critical zones** include areas affected by various forms of erosion, such as landslides, gully erosion, widespread gully erosion (badlands), and bank undercutting. These zones account for around 31% of the watershed's surface area. Their vulnerability is exacerbated by clay and marl formations, which are prone to erosion due to their low mechanical resistance. These terrains are often the result of poorly managed human activities, such as inappropriate agricultural techniques, excessive deforestation, and lack of soil management. Vegetative cover in these areas is sparse, allowing erosive processes to intensify rapidly, leading to severe slope degradation.

Diversity of water erosion forms

The Boumlal watershed is characterized by a strong dynamic of water erosion resulting from a combination of natural and human-induced factors. These elements contribute to the development of various forms of water erosion.

Sheet erosion affects approximately 67% of the study area. This form of degradation poses a direct threat to land productivity. In contrast, badlands occupy about 1% of the watershed's surface area. They are mainly visible in the middle section, where the presence of marl formations favors their development. Linear erosion impacts around 9% of the watershed area. It mainly occurs on impermeable terrains (marls, flysch, etc.) and steep slopes with insufficient vegetation cover. Conversely, areas with low erosion account for about 22% of the basin, mainly on low slopes with dense vegetation cover and stable geological formations. Gravity-induced scree is primarily found on the slopes of high ridges and covers a relatively small portion of the watershed, less than 1% of the total area. Landslides affect a limited area -about 0.5%- but have a significant erosive impact on steep, bare slopes that are heavily exploited by the local population.

Integrating the erosive state map (predictive data) with erosion forms (descriptive data) provides in-depth insight into the different aspects of erosion within the Boumlal watershed. The analysis of these data suggests a direct correlation between the intensity of erosive states and the severity of erosion forms: the higher the erosive potential, the more pronounced the erosion processes.

Gully dynamics: measurements and processes

In the study area, gully monitoring was carried out through field measurements taken at three levels: upstream, middle zone, and downstream. For each section, an analysis of land use, slope, elevation, aspect, and lithological characteristics was conducted to deeper understand gully development. The investigation of gullies in the Boumlal watershed reveals several forms of morphodynamics: headward erosion causing gully head retreat, incision and scouring of the gully bed, lateral widening through bank undercutting, complete infilling due to landslides, as well as stabilized gullies. Various gullies were measured, but this study focuses on two specific types: gullies marked by bed incision and scouring and those affected by headward erosion.

CONCLUSION

The Boumlal watershed is located in a semi-arid Mediterranean climate, characterized by an irregular and spatiotemporal concentration of rainfall during the wet season. Autumn thunderstorms coincide with soils

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

insufficiently protected by vegetation on steep slopes and fragile lithological formations. Adding to this is the high population density, which exerts continuous pressure on the environment through deforestation, overgrazing, cultivation on steep terrain, and the expansion of cannabis farming. These activities exacerbate soil fragility and accelerate degradation caused by water erosion.

The utilization of the PAP/CAR approach indicates that this watershed is highly vulnerable to water erosion, with 57% of its area classified as unstable and approximately 31% considered critical. Conversely, stable zones occupy limited zones. The high erosive potential linked to the fragility of the basin is manifested through the development of various forms of water erosion, notably sheet erosion, gully erosion, widespread gully erosion (badlands), landslides, and rockfalls. Monitoring of gullies shows significant variations from one site to another. Indeed, the rate of their evolution varies depending on land use type and the lithological and topographic characteristics of the measurement sites.

Although this study provides essential information on the sensitivity of the land to water erosion and the morphodynamic processes of gullies in the Boumlal watershed, integrating alternative analytical methods, such as the Analytic Hierarchy Process (AHP) and machine learning algorithms, in other watersheds of the Upper Ouergha would enable a more precise and robust assessment of water erosion.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.04

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.05

Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between rusle modelling and rainfall simulation

Miloud Afenzar
miloud.afenzar@usmba.ac.ma 0009-0008-0839-0230
Mohamed Abahrour
abahrourmohamed@gmail.com 0000-0001-7764-7812

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Fès. Laboratoire Espace, Histoire, Dynamique et Développement durable. Faculté Polydisciplinaire Taza Route d'Oujda-B.P. 1223, Taza, Maroc.

Mohamed El Bakkari
mohamed.elbakkari@usmba.ac.ma 0009-0000-0365-5705
Laboratoire Recomposition de l'Espace et Développement Durable, Laboratoire Recomposition de l'Espace et Développement Durable, Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Av. Khalil Jabran, 27. 24000 El Jadida, Maroc.

Hamid Achiban
hamid.achiban@usmba.ac.ma 0000-0002-6484-729X
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Fès. Laboratoire Milieux naturels, Aménagement et Dynamiques Socio-spatiales. FLSH Sais-Fès. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs-Fés. BP 59 Route Immouzer. 30000 Fès, Maroc.

KEYWORDS

Cliffs
GIS
Spatial data
Tifnit
Sidi Toual

INTRODUCTION

Water erosion is a natural and universal phenomenon that contributes significantly to soil degradation (Boukhier *et al.,* 2001; Valentin *et al*., 2005). It is characterized by the detachment and subsequent transport of soil particles from upstream to downstream (Ludwig, 2000), under the effect of various natural and anthropogenic factors. It is considered one of the most complex environmental issues (Lal, 2001), threatening both ecosystems (Yang *et al*., 2003) and agricultural land productivity (Melalih *et al*., 2021). Its impacts also include degradation of water quality, risks to human health, siltation of dams, and increased flooding (Lal, 1998; Cheggou, 2008). Its consequences extend more broadly to the environment and societies (Yang *et al*., 2018). Over the past century, extensive research has focused on quantifying soil erosion rates using various methods, applied across a wide range of climatic, soil, land-use, and topographic conditions (Zhang *et al*., 2023; Li *et al*., 2021; Tribak *et al*., 2015).

Spatial modeling of water erosion, using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), is now a benchmark tool for estimating soil losses in watersheds (Musasa *et al*., 2025; Li *et al*., 2023). It is of great scientific importance due to its ability to identify the most vulnerable areas, assess the environmental and

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05
Formato de cita / Citation: Miloud Afenzar, M., Abahrour, M., El Bakkari, M., & Achiban, H. (2026). Assessment of water erosion in the Oued Aghrouz catchment (Morocco): comparative approach between RUSLE modelling and rainfall simulation. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 88-114. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05
Correspondencia autores: miloud.afenzar@usmba.ac.ma (Miloud Afenzar)

economic risks associated with erosion, and propose appropriate interventions (Cerdan *et al*., 2002). It also provides valuable support for decision-making and planning of soil and water conservation measures (Smith, 1999). Several studies have applied this model to the Moroccan context (Al Karkouri, 2003; Sadiki *et al*., 2009; Abahrour, 2009; Faleh, 2010; El Aroussi *et al*., 2011; Tribak *et al*., 2009; Meliho *et al*., 2020; El Ommal, 2021; Arari, 2022; Amhani, 2022; Tahiri *et al*., 2024). The study of processes linked to water erosion, however, requires a detailed understanding of several fundamental parameters, such as soil permeability, runoff trigger thresholds, the volume of water discharged and the solid load transported (Marston *et al*., 1999; Morgan *et al*., 1997).

METHODOLOGY

This study assesses the intensity, spatial distribution, and controlling factors of water erosion in the Oued Aghrouz watershed (northern Morocco) through a dual methodological framework: (i) spatial modeling using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), and (ii) field validation through rainfall simulation. The objective is to combine spatial diagnosis and process-scale understanding to provide an integrated picture of erosion dynamics and implications for soil and water conservation.

The Oued Aghrouz watershed (≈41 km^2) lies on the right bank of Oued Inaouène west of Taza (34.18°–34.30° N; 4.20°–4.26° W). Its lithology is dominated by miocene marls and eocene flysch, with altitudes from 282 m to 1,087 m. The relief consists of rounded hills dissected by valleys under a Mediterranean climate with Atlantic influence (540–600 mm/year, mainly January–March). These features make the basin an ideal laboratory for examining how terrain, rainfall, and land use shape erosion.

The RUSLE model (Wischmeier & Smith, 1958; Renard *et al*., 1997) was applied using remote sensing and GIS. The five parameters—rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), topography (LS), cover–management (C), and conservation practices (P)—were computed at 30 m resolution. R, derived from the Arnoldus (1980) formula, ranges between 73.1 and 89.8, increasing northward with rainfall aggressivity. K, based on texture and organic matter, varies from 0.21 (isohumic soils) to 0.38 (weakly developed soils). LS, extracted from a DEM, ranges from 0.03 to 234.8, highest in steep northern slopes. C values were assigned from 2021 imagery and field surveys: annual crops (≈60 %; C = 0.26–0.53), arboriculture (20.5 %; C = 0.25), olive groves (18 %; C = 0.28). The absence of anti-erosive structures led to P = 1.

RESULTS

The RUSLE map reveals a mean annual soil loss of 30.6 t ha^{-1} yr^{-1}, ranging 0.10–180.12 t ha^{-1} yr^{-1}. Moderate erosion (7.44–19.7 t ha^{-1} yr^{-1}) dominates (32.4 %), while strong and very strong classes (> 32.13 t ha^{-1} yr^{-1}) cover 24.1 % and 24.7 % respectively. Low erosion (18.6 %) occurs in the southern plains. The spatial pattern reflects the combined effects of topography (LS) and rainfall aggressivity (R), with land cover acting as a key modulating factor. Results are consistent with previous RUSLE applications in northern Morocco, confirming the method's reliability for basin-scale assessment.

Rainfall simulation experiments were conducted to validate and complement the model. A manual ramp-type simulator (Roose, 1996) generated artificial rainfall at 80 mm h^{-1} over 1 m^2 plots. Fifty-six tests were performed: 12 on vertisols, 16 on calcimagnesic, 16 on weakly developed, 8 on raw mineral, and 4 on isohumic soils. Land uses included 16 fallows, 12 abandoned plots, 20 cereal fields, and 4 tree crops. Tests were evenly distributed across four seasons (14 per season) to capture seasonal variability.

Pre-run measurements included surface condition and roughness. Runoff volumes, infiltration rates, and sediment concentrations were recorded to calculate runoff coefficients and sediment yield. Results show higher runoff in the wet season, especially on compacted or bare surfaces. Runoff coefficients reach up to 70 % in winter on weakly developed soils, while cereal plots record as low as 5.5 %, due to crop residues and seasonal cover. Final infiltration ranges 19.8–77.44 mm h^{-1}, peaking in summer on cultivated plots where

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

roughness and porosity are enhanced. Vertisols exhibit low infiltration on abandoned land (≈ 34 mm h^{-1}) and higher values under cultivation (≈ 64 mm h^{-1}).

Suspended sediment concentrations peak in autumn (mean 28 g L^{-1}) after the dry season when soils are bare and fragile. Maximum turbidity (140 g L^{-1}) occurs on ploughed Vertisols, followed by 39 g L^{-1} on calcimagnesic soils under trees and 20 g L^{-1} on weakly developed abandoned plots. Spring values are lower (mean 16 g L^{-1}) due to higher cohesion and vegetation. Average sediment concentrations range 61.6 g L^{-1} (Vertisols) to 4 g L^{-1} (isohumic soils). Statistically, sediment concentration decreases with vegetation cover (r = – 0.46) and sand content (r = – 0.70), but increases with silt (r = 0.63) and slope (r = 0.50), confirming the vulnerability of fine-textured marly soils on steep terrain.

The comparison between RUSLE and rainfall simulations yields a 42.7 % concordance, highest on weakly developed and calcimagnesic soils. Divergences, mainly on vertisols, stem from short-term processes (crusting, swelling) and scale differences: RUSLE reflects long-term averages, whereas simulations capture event-scale variability. Despite this, both approaches consistently identify the same high-risk zones, confirming the robustness of the integrated framework.

Overall, erosion in Oued Aghrouz is both extensive and intense, with local maxima exceeding 150 t ha^{-1} yr^{-1}. The most vulnerable areas correspond to steep marly slopes cultivated in cereals without conservation practices, while the southern lowlands remain relatively stable. Rainfall simulation highlights the decisive influence of land management: intensive tillage and lack of cover amplify runoff and sediment loss, whereas continuous cover (fallow, mulch, or pasture) significantly reduces them. The mixed approach thus provides both a strategic overview through spatial modeling and a process-level validation through experimentation.

From a management standpoint, the findings stress the urgency of soil and water conservation strategies: adoption of conservation agriculture and direct seeding, maintaining continuous cover, establishing contour grass strips, rehabilitating terraces, and promoting awareness before autumn rains. Integrating such practices into land-use policies and incentive systems could help mitigate erosion across similar marly basins.

Beyond its local relevance, this dual methodology offers a transferable model for Mediterranean catchments characterized by marly substrates and seasonal rainfall. The complementarity of RUSLE and rainfall simulation enhances understanding of erosion dynamics across scales—RUSLE identifies priority zones at the watershed level, while simulations reveal how specific practices and soil conditions respond to rainfall events. Together, they form a coherent analytical framework linking spatial processes, agricultural management, and conservation needs.

CONCLUSION

This study highlighted the extent of the water erosion phenomenon in the Oued Aghrouz watershed through a dual approach: spatial modeling using the RUSLE equation and in situ experimentation using rain simulation. The modeling results indicate an average loss of 30.6 t/ha/year, with local values exceeding 150 t/ha/year, reflecting particularly active erosive dynamics. This intensity is linked both to the natural characteristics of the environment (marly substrate, steep slopes, low-permeability soils) and to human practices. Land use analysis showed that plowed and abandoned lands are the most vulnerable. Ploughing traditionally carried out without anti-erosion measures, the scarcity of seasonal plant cover, and the pressure of associated practices (trampling, soil compaction) promote runoff and increase sediment production. On the other hand, insufficient conservation measures and a lack of understanding of erosion risks are anthropogenic factors responsible for the intensification of this phenomenon.

The use of a rainfall simulator has proven particularly suitable for analyzing runoff, infiltration, and the impact of cultivation practices on soil hydrodynamic behavior. This approach has made it possible to clarify the role of key factors such as surface condition, initial moisture content, vegetation cover, and infiltration capacity in triggering runoff and soil loss.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

In conclusion, the study demonstrates that erosion in the Oued Aghrouz watershed results from a complex interplay of natural and anthropogenic factors. The combined use of RUSLE and rainfall simulation strengthens both diagnostic and predictive capabilities for soil loss assessment. It also bridges the gap between scientific modeling and practical management, providing a solid basis for sustainable land-use planning in Morocco's mountainous regions. By turning empirical evidence into targeted recommendations, this research contributes to building resilient, adaptive strategies for protecting soils and sustaining agricultural productivity in fragile Mediterranean landscapes.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.05

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.06

Adaptive routes: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain)

Alfredo Fernández-Enríquez
Alfredo.fernandez@uca.es 0000-0002-5468-0174
Manuel Arcila-Garrido
Manuel.arcila@uca.es 0000-0002-9724-3767
Gema Ramírez-Guerrero
Gema.ramirez@uca.es 0000-0001-8862-4392
Javier García-Onetti
Javier.onetti@uca.es 0000-0002-3798-8249

Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Instituto para el Desarrollo Social Sostenible (INDESS), Universidad de Cádiz. Avenida Doctor Gómez Ulla. Cádiz 11003, España.

KEYWORDS

Protected Natural Areas
Fuzzy logic
Historic and cultural heritage
Route
Geographic Information Systems

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

Territories endowed with heritage elements have a strong connection with the identity and cultural roots of society. Disseminating natural and cultural heritage helps guide individual decision-making regarding recreational and tourism activities for the collective benefit. From this perspective, routes serve a recreational or interpretive function, but they are also consolidated as instruments of territorial enhancement, aligned with current approaches to tourism and territorial marketing, by reinforcing local identity and facilitating the competitive differentiation of destinations.

Given the lack of specific publications on the application of fuzzy logic and GIS tools to the design of routes of cultural and naturalistic interest, as confirmed by an exhaustive search of sources, this article summarizes a methodology for designing routes that, while traveling through the public domain, allow for the appreciation of the natural or cultural characteristics of the territory, adapting to the preferences, physical condition of users, and average monthly temperature.

The main objective is to offer users a method for selecting the routes most suited to their personal interests through qualitative, thematic indicators that can be presented electronically as alternatives to choose from at any time. As secondary objectives, various quantitative parameters can be added to select routes appropriate to personal circumstances: for example, the slope of the trails and seasonal climate comfort. Failure to consider these variables increases user uncertainty and, consequently, the vulnerability of tourist-intensive areas.

Likewise, the possibility of generating personalized tourist experiences allows for optimizing visitor flow management and also strengthening the territorial identity and competitiveness of less established

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06
Formato de cita / Citation: Fernández-Enríquez, A., Arcila-Garrido, M., Ramírez-Guerrero, G., & García-Onetti, J. (2026). Adaptive paths: application of fuzzy logic in the GIS analysis of the natural and cultural values of the cape Trafalgar surroundings (Cádiz, Spain). *Revista de Estudios Andaluces* (51), 115-139. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06
Correspondencia autores: Alfredo.fernandez@uca.es (Alfredo Fernández-Enríquez)

destinations.Finally, this route selection system must be compatible with further developments that allow users to contribute to the social construction of the cultural landscape in line with so-called Participatory Geographic Information Systems (PGIS).

METHODOLOGY

The data on the physical environment consists of the Digital Elevation Model (DEM) and the protected natural areas included in the EU Natura 2000 Network. Regarding the distribution of Historical and Cultural Heritage, the Nomenclature compiles various elements of cultural interest present in the study area. The starting point is a network of four connected trails that traverse the study area.

ArcGIS Pro model builder was the tool used to build the route selector. Since the natural and cultural landmarks are often inaccessible from the roads that run through the public domain, and their assessment is based on visual connections, network analysis was dispensed with in the model design. Instead, the decision was made to calculate the Euclidean distances between these landmarks and four routes that traverse the public domain, and to use fuzzy logic to select the preferred routes based on their natural or cultural interest, on a mutually exclusive basis. This implies that a higher probability of belonging to the group of routes of natural interest implies a lower probability of belonging to the group of routes of cultural interest, and vice versa.

Process flow modeling allows users to combine three variables to obtain various results: preference for routes of natural or cultural interest; greater or lesser slope; and climate comfort, understood as the lowest average minimum temperature in July and the highest in December.The key tools are the Euclidean distance calculation, which quantifies the distance to natural or cultural landmarks, and the fuzzy membership and overlay tools, which allow users to select thematic preferences.The chosen thematic criterion is complemented by two quantitative criteria to present alternative routes, adapted to users' physical condition: slope and average temperatures in July and December.

GIS modeling included various geometric calculations—Euclidean distances and slope—fuzzy membership and overlay operations, spatial join, dissolve, merge, and SQL query. The resulting tool offers various options: route type, natural or cultural; Climate criteria, adjusting the temperatures for the desired month; and slopes, to choose the lowest if you want to avoid risks associated with extreme temperatures, or the highest if you prefer to make a greater effort when the temperature is favorable.

These options do not exhaust the possibilities for designing the tool, as other criteria could be included based on existing information: trail characteristics, availability of water sources, restoration, etc. Finally, the specific purpose of this tool can be complemented with an application that provides information on natural or cultural landmarks along the route. This information would constitute a user contribution to the social construction of the landscape through its processing in a Participatory GIS (PGIS). The interest shown by participants in each landmark would provide a valuable indicator for assessing the ecosystem services of each heritage asset in particular and of the cultural landscape as a whole.

RESULTS

Of the eight possible results based on a combination of qualitative and quantitative criteria, the following are presented: routes of greatest natural interest with the lowest cumulative gradient and greatest climatic comfort in December; and routes of greatest cultural interest with the lowest cumulative gradient and greatest climatic comfort in July.To verify the validity of the options provided by the model, the raster calculator was used to multiply the distance layers to the Natura 2000 Network and the cultural landmarks by each of the previously rasterized routes. Finally, histograms were created to obtain the statistical average of the values of each pixel in each of the six outputs of this map algebra. Temperature and clinometry histograms were also generated.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

By adding the qualitative criteria of proximity to the Natura 2000 Network to the quantitative criteria of slope and climatic comfort in December, the model outputs offer three options: greatest natural interest, regardless of temperature and slope (Route 2); greatest natural interest and higher average temperature in December (Route 2); and greatest natural interest with a lower cumulative slope (Route 3).Regarding cultural interest, the historical and cultural heritage sites are concentrated to the north and west of the study area, being most accessible from Route 1 and Route 4, which are 552 and 554 meters apart, respectively, from the cultural sites. Route 4 is the most culturally interesting; considering the slope, Route 1 is the most culturally interesting with the lowest cumulative slope; and considering climate comfort, Route 3 has the lowest average temperature in July.

CONCLUSION

The novelty of the proposed methodology distinguishes it from other methods in three fundamental ways. First, the application of fuzzy logic GIS tools to weight qualitative, natural, or cultural values based on their proximity to bicycle and pedestrian routes. This methodological innovation allows for a more flexible and contextualized assessment of territorial resources, making it easier to relate areas of high heritage value to sustainable mobility infrastructure. Second, the methodology incorporates the possibility of adding specific quantitative factors, such as terrain slope and climatic comfort for the selected month.

The third differentiating aspect is the methodology's purpose: to contribute to the construction of smart territories, where potential visitors' uncertainty about the suitability of the trail network to their preferences and constraints is reduced, thereby increasing the resilience of tourist-related territories to global warming. From the perspective of post-normal science, a strictly administrative approach must converge with other, more flexible approaches to address the complexity and uncertainty inherent in territorial management, facilitating the implementation of more adaptive and participatory conservation strategies. In this way, it is possible to foster an ongoing dialogue between conservation policies and community practices, ensuring that the measures adopted are effective and sustainable in the long term.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.06

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.07

Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC)

Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo
dieudonnekikozokozokozo@gmail.com 0000-0003-1008-962x
Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kananga B.P. 321 Kasaï central, RDC
Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Olivier Munduku Midishi
olimunduku@gmail.com 0009-0003-6296-557x
Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies,Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Emery Metelo Matubi
pathymetelo@gmail.com 0000-0003-2427-1000
Laboratoire National de Santé Publique et de Lutte Antivectorielle de l'Institut National de Recherche Biomedicale «INRB»
Av. De la Démocratie N°5345, (Ex Av. Des huileries), Kinshasa - Gombe, RDC.

Constantin Lubini Ayingweu
constantinlubini14@gmail.com
Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoir Endogène
Mention sciences et gestion de l'environnement, Faculté des Sciences et Technologies,
Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

KEYWORDS

Prolific
Aedes aegypty
Aedes albopictus
Mont Ngafula
DRC

INTRODUCTION

Vector-borne diseases are responsible for approximately 20 % of deaths in the global population and are constantly on the rise (WHO, 2021). These diseases are mainly transmitted by mosquitoes of the genus *Aedes sp*, specifically the species *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Failloux, 2023).

The arboviruses transmitted by these blood-feeding mosquitoes remain a major public health concern, despite clear advances in vector control methods and techniques. These viruses are currently endemic, emerging, or re-emerging in more than 125 countries around the world (Bohers *et al.*, 2024), (Zamirez *et al.,* 2024), (Mancini *et al.,* 2024). According to the World Health Organization (WHO, 2023), approximately 6 billion people, or nearly 80 % of the world's population, live in areas with a high vector risk, mainly located in the tropics, where the *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes are particularly prolific (WHO, 2023). These two species are the main vectors of the viruses responsible for dengue fever, yellow fever, chikungunya, and Zika virus infection (Quiterio, 2021). These infections are major causes of potentially

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07
Formato de cita / Citation: Kikozokozo Kikozokozo, D., Munduku Midishi, O., Metelo Matubi, E., & Lubini Ayingweu, C. (2026). Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC). Revista de Estudios Andaluces (51), 140-164. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07
Correspondencia autores: dieudonnekikozokozokozo@gmail.com (Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo)

irreversible disability, affecting several generations (Kading 2020), and are associated with high fatality rates, particularly in resource-limited countries (Musso *et al*., 2019), (De Araùjo, 2019), (Krauer *et al.,* 2017).According to the Centers for Disease Control and Prevention (CDC/Atlanta 2023), the effects of climate change have a significant impact on the epidemiological profile of arboviral diseases. For dengue fever, approximately 500 million cases of this disease are reported worldwide each year. Currently, approximately 3.9 billion people in 128 countries are exposed to the dengue virus, but do not have access to specific treatment (Puntasecca *et al.*, 2021). The inhabitants of countries in the tropical and subtropical belt pay a heavy price. Around 100 countries are endemic, including regions of Africa, America, South Asia, the eastern Mediterranean, and the western Pacific (Brézillon-Dubus *et al.,* 2025), (Kraemer, 2019). At the same time, the yellow fever virus continues to cause serious epidemics in tropical areas, particularly in recent years (Giabane, 2025). The Chikungunya virus is now considered an emerging pathogen, with more than 2.5 million cases reported in the last decade in the Americas and Europe. (Deheck *et al.,* 2016)

Objectives

This study investigates the environmental factors associated with the persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval habitats in Mont Ngafula, Democratic Republic of Congo (DRC). It aims to support efforts against emerging and re-emerging epidemic arboviruses such as chikungunya by:

- Identifying arbovirus vector species: Determining their environmental breeding conditions; Assessing entomological parameters influencing vector transmission indices and the risk of arbovirus outbreaks in Kinshasa.

Arboviruses like dengue, chikungunya, yellow fever, and Zika are now global health threats, affecting thousands in developing tropical and subtropical regions. About 92% of cases occur in Africa, especially in poorly planned urban areas where environmental and socioeconomic conditions favor the proliferation of Aedes mosquitoes the primary vectors of these viruses. Their emergence and re-emergence, often in explosive epidemics, are driven by complex environmental, climatic, socioeconomic, and behavioral factors that remain poorly understood in many contexts.

In the DRC, as in other low- and middle-income countries, populations bear a heavy burden despite ongoing vector control efforts. These diseases are amplified by climate change, chaotic urban growth, increased human mobility, and weak public health systems. Such multifactorial dynamics make prevention and control strategies limited and often ineffective. It is therefore crucial to identify the environmental factors that promote arbovirus emergence and re-emergence to better understand their ecology, guide targeted prevention strategies, strengthen health response capacities, and develop more effective decision-making tools.

Kinshasa, the capital of the DRC, home to over 10% of the national population, has experienced four chikungunya outbreaks, the latest in 2019–2020. Although several studies have been conducted, existing research often addresses the determinants of arbovirus emergence in fragmented ways, neglecting their synergistic interactions and the importance of local contexts. An integrated identification of the factors driving the persistence and proliferation of mosquito vectors is needed. Understanding these environmental factors is essential to predict risk zones, anticipate epidemic hotspots, and optimize entomological and epidemiological surveillance systems.In addition, Aedes sp. is distinguished by its high ecological plasticity and remarkable ability to adapt to abiotic factors on different continents. Its development cycle uses a wide variety of natural and artificial containers as larval habitats (Kikozokozo *et al*., 2021); (Trari, 2017). These ecological accommodation characteristics, which are probably based on its genetic abilities, make it a highly ubiquitous vector to environmental variations, rendering it insensitive to conventional strategies such as the use of mosquito nets. Consequently, entomological control targeting the pre-imaginal stages (eggs,

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

larvae, pupae) appears to be a more effective strategy for countering the spread of Aedes sp. and reducing its epidemiological impact.

At the same time, environmental and social factors strongly influence the dynamics of arbovirus epidemics, particularly by modulating the levels of exposure of populations to vectors.

METHODOLOGY

The study was conducted in Mont-Ngafula Commune (S° 4° 25' 35", E°15° 17' 44"), Lukunga District, Kinshasa. This area spans 237.8 km^2 and houses approximately 718,197 residents. It shares Kinshasa's tropical humid climate (Köppen AW4), with alternating dry and rainy seasons.

Boundaries:

- North: Selembao Commune (separated by By-pass road), Makala, Lemba, and Kinseso Communes;
- South: Kasangulu Territory, extending into Kongo Central Province;
- East: N'djili, Kimbaseke, and N'sele Communes;
- West: Ngaliema Commune and the Congo River, forming a natural border with the Republic of Congo/ Brazzaville.

Sampling Technique. Using the Breteau entomological method, the sample included 400 households across four sites, ensuring statistical representativeness. A total of 738 containers were systematically inspected inside and around homes to identify potential larval habitats.

Survey Technique. Three-stage probabilistic sampling was used:

- Four sites randomly selected from 17 in Mont Ngafula I health zone;
- Ten streets per site selected from administrative lists of Kindele, Masanga Mbila, Mama Yemo, and Plateau 1 neighborhoods;
- Ten households per street selected using a sampling interval of five.

Larval habitats were selected using non-probabilistic convenience sampling. Of the 738 containers inspected, 385 (52%) were positive for *Aedes* larvae.

Inclusion Criteria. Included:

- Accessible larval habitats with Aedes potential.
- Households with consent from the head of household.
- Water containers within 20 meters of dwellings.
- Real Aedes larval habitats accessible for inspection.

Entomological Indices Calculation

Following Yebakima *et al.*

- House Index (HI): % of houses with Aedes larvae.
- Container Index (CI): % of containers with Aedes larvae.
- Breteau Index (BI): Number of positive containers per 100 houses.

WHO criteria:

- High transmission risk: HI > 35%, CI > 20%, BI > 50%
- Moderate risk: BI between 5–50%, HI between 4–35%, CI between 3–20%
- Low risk: HI < 4%, CI < 3%, BI < 5%

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Data Analysis. Descriptive statistics were used to analyze environmental variables. Categorical variables were expressed as frequencies and percentages; continuous variables were summarized using means, standard deviations, medians, and interquartile ranges. Chi-square tests assessed relationships between explanatory variables and larval density.

Habitat and Larvae Description. Larval habitats were visually observed. Physicochemical parameters were measured using a Hanna HI 98129 multiparameter probe. Depth was measured with a metal tape, and surface area with a measuring tape. Larvae were collected using the dipping method with a 500 ml ladle (WHO, 2014). Larval density was estimated using Carron's scale: <1: Class 1; 1–10: Class 2; 11–50: Class 3; 51–100: Class 4. Larvae were reared at the BIOLAV/ESP laboratory under controlled conditions (22–26°C, 70–72% humidity) and fed with 10% glucose solution.

Species Identification. Morphological identification was performed using entomological magnifiers and dichotomous keys: De Meillon for *Anopheles sp*.; Gillet for *Culex sp.*; Huang for *Aedes sp*.

Methods

Observation and experimentation were used. Data were entered in Excel 2016 and analyzed using SPSS 25 and Open Epi 2.3.

RESULTS

A total of 5,034 mosquito specimens were identified: 77 % *Aedes sp*.;15% *Anopheles gambiae s.l*.;8% *Culex sp.*

Abundance by site: Masanga Mbila: 40 %; Plateau 1: 25 %; Kindele: 20 %; Mama Yemo: 15 %. Environmental factors significantly associated with larval density:

Dissolved oxygen ($\chi^2 = 3.91$; $p = 0.038$); Temperature ($\chi^2 = 4.845$; $p = 0.01$); Conductivity ($\chi^2 = 15.7$; $p < 0.001$); TDS ($\chi^2 = 16.62$; $p < 0.001$); Turbidity ($\chi^2 = 14.97$; $p < 0.0001$). These factors were key in determining immature mosquito populations in larval habitats.

CONCLUSION

This study contributes to developing alternative vector control strategies beyond insecticides and treated nets. Mont-Ngafula, the epicenter of multiple chikungunya outbreaks, was investigated through four targeted areas: Masanga Mbila, Kindele, Plateau 1, and Mama Yemo. Using observation and experimentation, 738 larval habitats across 400 households were systematically analyzed. Aedes albopictus was dominant. All entomological indices exceeded WHO thresholds, with Masanga Mbila showing the most alarming transmission indices (BI = 131; HI = 77.6%). Aedes mosquitoes opportunistically exploit a wide variety of containers for reproduction. Abiotic factors such as dissolved oxygen, turbidity, and conductivity were statistically significant in determining immature mosquito populations.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.07

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.08

Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain)

Asier Amilibia de Diego
aamilibia@alu.ucam.edu 0009-0004-8090-2895
Departamento de Turismo, Facultad de Economía y Empresa, Universidad Católica de Murcia (UCAM). Avenida Los Jerónimos, 135. 30107 Guadalupe, Murcia, España.

Miguel Puig-Cabrera
mpuig@uma.es 000-0003-4524-9830
Departamento de Economía y Administración de Empresas, Facultad de Estudios Sociales y del Trabajo, Universidad de Málaga. Avenida Francisco Trujillo Villanueva, Campanillas, 29010 Málaga, España.

Ginesa Martínez del Vas
gmvas@ucam.edu 0000-0002-2713-0636
Departamento de Turismo, Facultad de Economía y Empresa, Universidad Católica de Murcia (UCAM). Avenida Los Jerónimos, 135. 30107 Guadalupe, Murcia, España.

KEYWORDS

Smart Tourist Destination
Tourism sustainability
Smart tourism
PLS-SEM analysis

INTRODUCTION

The transformation of tourism models in the last decades has fostered the emergence of Smart Tourist Destinations (STDs) as a strategic approach to achieving more sustainable, efficient, and inclusive tourism systems. This study analyzes the process of transformation of Donostia–San Sebastián into a Smart Tourist Destination following SEGITTUR's national framework. It examines the perception of residents and tourism professionals regarding the interconnections among the five strategic pillars of the STD model—Sustainability, Innovation, Technology, Accessibility, and Governance—and assesses their contribution to the consolidation of a sustainable urban tourism model. Although the STD framework has been widely adopted in Spain and internationally (López de Ávila & García, 2015), limited empirical evidence exists on the causal interactions among its pillars. This research fills that gap through a structural analysis of the relationships between these dimensions, positioning sustainability as the core integrating axis of the model.

The article is organised into several sections. First, the theoretical framework contextualising the five pillars of the DTI model is developed. Next, the research hypotheses are presented, followed by a description of the methodology used and the analysis of results. Finally, a critical discussion of the findings and conclusions is offered, providing practical implications for tourism management, as well as recommendations aimed at consolidating more sustainable and resilient smart tourism destinations.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08
Formato de cita / Citation: Amilibia de Diego, A., Puig-Cabrera, M., & Martínez del Vas, G. (2026). Analysis of the socio-participatory process in smart tourism transformation: case study for Donostia-San Sebastián (Spain). Revista de Estudios Andaluces (51), 165-186. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08
Correspondencia autores: aamilibia@alu.ucam.edu (Asier Amilibia de Diego)

METHODOLOGY

Regarding the objectives and hypotheses, the main objective is to empirically test the relationships among the five STD axes, emphasizing the role of sustainability as a transversal component rather than an isolated goal. The study seeks to understand whether innovation, technology, accessibility, and governance act as determinants of sustainability in the local context of Donostia–San Sebastián. Based on the theoretical framework of SEGITTUR (2015) and recent literature (Rucci *et al*., 2025; Martínez del Vas *et al.*, 2022), four hypotheses were formulated:

- **H1:** Innovation contributes positively to sustainability.
- **H2:** Governance contributes positively to sustainability.
- **H3:** Technology contributes positively to sustainability.
- **H4:** Accessibility contributes positively to sustainability.

These hypotheses aim to test whether the synergies among the four driving dimensions reinforce sustainability as the backbone of smart tourism development.

To test these hypotheses, the study applied a quantitative research design based on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), an analytical approach suitable for exploratory models and latent constructs (Hair *et al*., 2019). Data were collected through a structured questionnaire distributed between December 2021 and May 2022, obtaining 210 valid responses.

The sample was composed of two groups: (1) professionals, students, and academics linked to the tourism sector of Donostia–San Sebastián and the Basque Country; and (2) citizens and visitors from both the region and other parts of Spain. This mixed profile allowed for a comprehensive assessment of the social and professional perceptions of smart destination implementation.

The survey consisted of 41 items grouped around the five STD axes: sustainability (8 items), innovation (7), governance (7), technology (7), and accessibility (7). Responses were measured on a five-point Likert scale ranging from 1 ("strongly disagree") to 5 ("strongly agree"). All constructs were adapted from Puig-Cabrera and Foronda-Robles (2025).

Reliability and validity were confirmed through Cronbach's alpha, composite reliability, and Average Variance Extracted (AVE), all above the recommended thresholds ($\alpha > 0.70$; AVE > 0.50). The bootstrapping method (5,000 resamples) ensured the robustness of the estimates at a 95% confidence level.

With respect to the empirical results, the PLS-SEM analysis confirmed the validity of all four hypotheses, showing significant and positive relationships between each dimension—innovation, technology, accessibility, and governance—and sustainability. Thus, sustainability is validated as the central integrating axis of the STD model.

RESULTS

Among the path coefficients, accessibility ($\beta = 0.61$) and technology ($\beta = 0.53$) exert the strongest influence on sustainability, followed by innovation ($\beta = 0.49$) and governance ($\beta = 0.34$). These results suggest a synergistic relationship among the dimensions, where digitalization, inclusive planning, innovative practices, and participatory governance converge to enhance sustainable development.

- **Innovation and sustainability:** Innovation fosters sustainability through the creation of efficient, eco-friendly, and adaptive solutions. According to Horng *et al*. (2017) and Santos *et al*. (2021), innovative practices drive competitiveness and environmental responsibility simultaneously. The findings confirm that innovation acts as a catalyst for sustainable transformation by enabling circular economies and regenerative tourism models.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

- **Governance and sustainability:** Governance is essential for sustainability because it coordinates decision-making among public, private, and community actors. Effective governance ensures transparency, equitable benefit distribution, and collaborative management (Lamas *et al*., 2019; Amaya-Molinar, 2023). The results reinforce that sustainability cannot exist without participatory and adaptive governance structures.
- **Technology and sustainability:** Technological integration enhances sustainability by improving resource monitoring, optimizing energy and water consumption, and supporting data-driven decisions (Erol *et al*., 2022; Fernández & Túa, 2025). Tools such as Artificial Intelligence (AI), Big Data analytics, and Internet of Things (IoT) systems facilitate predictive management, reducing overcrowding and environmental degradation.
- **Accessibility and sustainability:** Accessibility promotes social inclusion, economic diversification, and quality of life for residents and visitors. As Tóth & Dávid (2010) argue, accessibility ensures equal enjoyment of tourism resources, while Farkas *et al*. (2022) demonstrate that inclusive infrastructure and digital accessibility directly contribute to social and economic sustainability.

In light of these results, the findings highlight that sustainability in smart destinations is a multidimensional and systemic construct, resulting from the interaction among innovation, technology, accessibility, and governance. Rather than functioning as a separate goal, sustainability emerges from the integration of these dimensions within the smart tourism ecosystem (Femenia-Serra *et al.,* 2022).

This empirical validation expands existing theories of smart destinations, traditionally fragmented, by providing statistical evidence of interdependence between the pillars. The results align with Martínez del Vas *et al.* (2022), who emphasize the pivotal role of sustainability within the STD model, but this study advances the understanding by confirming the causal pathways among the axes.

From a conceptual standpoint, the study positions the Spanish STD framework as an adaptable and replicable model for other destinations, particularly in urban contexts where technological and participatory processes coexist. By applying the PLS-SEM approach, the research demonstrates how non-observable constructs—such as innovation culture or governance quality—can be measured and related empirically, strengthening analytical precision in tourism research.

CONCLUSION

The study concludes that innovation, technology, accessibility, and governance exert significant and positive effects on sustainability, confirming that sustainability is not an isolated component but the core outcome of interrelated strategic processes in Smart Tourist Destinations.

Theoretical implications lie in consolidating an integrated understanding of smart tourism, where sustainability serves as the unifying principle linking the technological, social, and institutional dimensions. This supports the transition from competitive-oriented models toward regenerative and inclusive frameworks that prioritize long-term resilience (Perea-Medina & Navarro-Jurado, 2020; Femenia-Serra *et al.,* 2022).

Practical implications emerge for policymakers and destination managers. First, the creation of Living Labs is recommended as a means of fostering open innovation and participatory governance. These collaborative environments enable co-design between local institutions, businesses, and citizens, promoting shared solutions for challenges such as mobility, accessibility, and sustainability.

Second, the study suggests integrating interoperable digital systems to link urban and tourism data platforms, facilitating real-time decision-making. Training programs in data analysis and smart governance should be implemented to enhance the technical capacity of public managers, enabling evidence-based policy design.

Third, accessibility should be conceived as a universal right, encompassing both physical and digital inclusion. Universal design, multilingual platforms, and assistive technologies can democratize access to tourism information and experiences, ensuring that all visitors benefit from smart transformation.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

In addition, destinations should align their strategies with the 2030 Agenda for Sustainable Development, embedding sustainability indicators into monitoring frameworks. Continuous evaluation mechanisms will allow for adaptive management and the measurement of progress in each of the five axes.

From a managerial perspective, this study demonstrates that the integration of innovation, technology, and governance not only enhances sustainability but also strengthens the competitiveness and attractiveness of destinations. The case of Donostia–San Sebastián provides empirical evidence that the smart destination model can effectively reconcile economic development with social and environmental responsibility when implemented through participatory governance and technological innovation.

However, certain limitations must be acknowledged. The geographically limited sample restricts the generalization of results, and the cross-sectional design prevents observation of temporal evolution. Future research should include longitudinal and comparative studies across multiple destinations to assess changes in the interrelations among the STD dimensions over time. Moreover, the impact of disruptive technologies, such as the Metaverse or extended reality, on sustainability and visitor experience warrants further exploration (Go & Kang, 2023).

In conclusion, the findings confirm that the smart transformation of destinations is inseparable from sustainability. Donostia–San Sebastián illustrates how the integration of innovation, governance, technology, and accessibility can promote a holistic, participatory, and data-driven approach to tourism management. By embedding sustainability as the structural core of the STD model, destinations can move toward a future that is not only smarter and more competitive but also more equitable, resilient, and environmentally responsible.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.08

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.09

Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA)

Tonmoy Chatterjee
tonmoychatterjee.economics@gmail.com 0000-0001-9666-479X
Department of Economics, Bhairab Ganguly College, Belgharia. Kolkata 700056, India.

Kishan Agarwalla
agarwalkishan896@gmail.com 0009-0000-5950-1262
Department of Economics, St. Joseph's College, North Point. Darjeeling 734104, India.

Shrinwantu Raha
shrinwanturaha1@gmail 0000-0003-4883-8657
Department of Geography, Bhairab Ganguly College, Belgharia. Kolkata 700056, India.

KEYWORDS

Technical efficiency
Sustainability fisheries
Data Envelopment Analysis
Principal Component Analysis
t-SNE
Pond aquaculture
North Bengal

INTRODUCTION

The fisheries sector plays a critical role in supporting rural livelihoods, food security, and economic development in India. Among the various states, West Bengal is one of the leading contributors to inland fish production, benefiting from its extensive natural water resources and a long history of smallholder aquaculture. In particular, the northern region of West Bengal, commonly referred to as North Bengal, has witnessed growing interest in pond-based fish farming due to rising market demand for fresh fish and the potential for income diversification among rural households. Despite these favourable conditions, the region continues to face persistent challenges related to productivity gaps, inconsistent adoption of scientific aquaculture practices, and wide variations in management performance across farms. While some pond-based units have transitioned toward semi-intensive methods, many others continue to rely on traditional and resource-intensive techniques that limit their ability to achieve optimal yields. As a result, the region exhibits significant disparities in the efficient use of inputs such as pond area, labour, feed, seed, organic manure, and capital.

The subject of this study is an in-depth assessment of the technical efficiency of pond fisheries in two districts of North Bengal: Uttar Dinajpur and Dakshin Dinajpur. These districts possess favourable ecological conditions for aquaculture but have not fully realised their production potential. There is limited empirical literature specifically examining the efficiency of pond-based aquaculture systems in North Bengal using robust quantitative techniques. Although earlier studies have acknowledged the importance of resource optimisation in aquaculture systems, they have not undertaken a systematic assessment based on frontier estimation techniques such as Data Envelopment Analysis (DEA). Moreover, the application of machine

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09
Formato de cita / Citation: Chatterjee, T., Agarwalla, K., & Raha, S. (2026). Efficiency analysis of pond fishery in northern part of West Bengal, India: evidence from Data Envelopment Analysis (DEA). Revista de Estudios Andaluces (51), 187-206. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09
Correspondencia autores: tonmoychatterjee.economics@gmail.com (Tonmoy Chatterjee)

learning tools such as Principal Component Analysis (PCA) and t-distributed Stochastic Neighbour Embedding (t-SNE) for validating efficiency findings is sparse in the Indian context. This study, therefore, addresses a crucial gap by combining a conventional productivity-estimation technique with modern visual analytics to examine whether the inefficiency observed in North Bengal's aquaculture systems is a reflection of region-specific constraints or broader systemic issues.

OBJECTIVES

The primary objective of this research is to estimate the technical efficiency (TE) of pond fisheries in selected districts of North Bengal in order to determine how effectively farmers utilise their available resources. The study seeks to identify the extent of inefficiency, the factors contributing to the observed performance gaps, and the potential for improving output by optimising input use rather than increasing the quantity of inputs. The central aim is to evaluate whether pond-based aquaculture units are operating on or below an efficiency frontier and to determine how much improvement is required to reach best-practice performance.

The specific objectives are:

1. To compute pond-level technical efficiency using the Charnes–Cooper–Rhodes (CCR) and Banker–Charnes–Cooper (BCC) models of DEA under constant and variable returns to scale, thereby distinguishing between pure technical efficiency and scale efficiency.
2. To examine inter-farm and intra-regional efficiency variations within the study area and identify whether the observed inefficiencies stem from operational, environmental, or managerial constraints.
3. To validate the DEA results using PCA and t-SNE in order to verify the robustness of efficiency clusters and ensure that the patterns identified are not influenced by model-specific biases.
4. To compare the findings from North Bengal to international evidence from semi-intensive pond systems, particularly those in Mediterranean regions such as Spain's Albufera lagoon and the Doñana wetlands, which share similar institutional and ecological challenges.
5. To generate policy-relevant insights that may guide government agencies, especially the Department of Fisheries, in designing targeted interventions aimed at improving productivity and promoting sustainable aquaculture practices across the region.

METHODOLOGY

This study employs a mixed methodological framework combining non-parametric frontier analysis with modern machine learning techniques. Data were collected from pond-fishery units in Uttar Dinajpur and Dakshin Dinajpur districts. The dataset includes a range of inputs commonly associated with pond aquaculture—pond area, quantity of labour, feed, seed, organic and inorganic fertilisers, and capital expenditure—along with corresponding output, measured in kilograms of fish harvested.

Data Envelopment Analysis, a linear programming-based approach, was used to estimate efficiency scores for each decision-making unit (DMU). Two DEA models were applied. The CCR model assumes constant returns to scale and provides estimates of overall technical efficiency by capturing both pure technical and scale-related components. The BCC model, by contrast, operates under variable returns to scale and isolates pure technical efficiency. By comparing efficiency scores derived from the two models, the study identifies whether inefficiency arises due to suboptimal input use or inappropriate scale of operations.

Since DEA is sensitive to data variations and may generate misleading clusters if the dataset exhibits complexity, the study applies two validation techniques: PCA and t-SNE. PCA reduces the dimensionality of the dataset while retaining the variance structure, enabling the identification of cluster patterns that reflect farm-level similarities. t-SNE, a nonlinear clustering method, is used to detect latent patterns in high-dimensional data that are not easily visible through linear techniques. These tools together provide a robust

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

validation of DEA findings by confirming whether efficient and inefficient farms identified by the model also cluster distinctly in the reduced-dimensional space.

The methodology is supplemented by comparative analysis with international studies on semi-intensive aquaculture systems. This allows the research to contextualise North Bengal's performance within a broader global perspective and helps identify whether inefficiencies arise from localised or systemic constraints.

MAIN RESULTS

The DEA results reveal substantial variations in technical efficiency across the sampled pond fisheries. Under the BCC model, which measures pure technical efficiency, the average efficiency score is approximately 74%. This indicates that, on average, farmers could maintain their current output levels while reducing input use by nearly 26% if they operated efficiently. This finding highlights a significant degree of suboptimal resource utilisation in the region. Moreover, 35.38% of the sampled ponds are fully technically efficient under the BCC model, demonstrating that a considerable number of farms operate at the technological frontier.

The CCR model yields lower average efficiency scores, signalling the presence of scale inefficiencies. This suggests that many farms either operate below or above the optimal scale, reflecting structural constraints such as small pond size, limited capital, and lack of access to modern technologies. The variation between CCR and BCC results confirms that both technical and scale-related inefficiencies contribute to the performance gaps.

The PCA and t-SNE analyses closely mirror the DEA clustering patterns. Efficient farms cluster tightly, while inefficient ones form more dispersed clusters, validating the reliability of the DEA estimates. This demonstrates that inefficiency is not random but follows clear structural patterns linked to farm size, management practices, input quality, and access to institutional support.

Comparison with Mediterranean aquaculture systems reveals striking parallels. Similar inefficiencies observed in Spain—such as outdated fertilisation techniques, suboptimal stocking density, and fragmented institutional services—underscore that the challenges in North Bengal are not region-specific but represent broader structural issues common to smallholder pond aquaculture.

CONCLUSIONS

The study concludes that pond-based aquaculture in North Bengal operates well below its optimal efficiency despite abundant natural resources and favourable ecological conditions. The inefficiencies observed are not primarily ecological but managerial and institutional. The findings emphasise the urgent need for targeted interventions aimed at improving input management, strengthening extension services, ensuring supply of quality seed, and facilitating technology adoption.

The analysis provides strong empirical evidence for policymakers to develop strategies that focus on capacity building, demonstration farms, quality regulation in input markets, and improved credit and insurance mechanisms. The study also identifies the scope for future research integrating socio-economic variables and expanded geographic coverage to understand long-term efficiency dynamics.

This study is limited to pond aquaculture systems and does not account for other forms such as cage culture, flow-through systems, or integrated farming. The geographic focus on two districts, namely, Uttar and Dakshin Dinajpur, further narrows the generalizability of the findings to the broader aquaculture landscape of West Bengal or India. Moreover, while DEA captures technical inefficiency, it does not account for allocative or cost efficiency, which are equally important for commercial viability. Future studies could integrate socio-economic dimensions, cost structures, and longitudinal data to capture dynamic changes in efficiency and productivity.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.09

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.10

Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina

Bárbara Teresa Romano
bromano@untref.edu.ar 0000-0002-2393-6106
CONICET. Universidad Nacional de Tres de Febrero. Viamonte 525, 3er. Piso, C1053, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

KEYWORDS

Architectural historical heritage
Open-Air Shopping Center Policy
Garden City
Neighborhood identity

INTRODUCTION

This article analyzes the recent transformations in Ciudad Jardín Lomas del Palomar, in the municipality of Tres de Febrero, in relation to the neighborhood's designation as an Urban Protection Area in 2018. That designation resulted from a grassroots mobilization aimed at safeguarding a unique urban landscape characterized by a layout inspired by the principles of the Garden City, low-density morphology, the predominance of green spaces, and a historical community identity that distinguishes the neighborhood within the Buenos Aires metropolitan area. Building on this milestone, the article examines how heritage preservation opened a field of tension in which economic interests, identity narratives, and territorial valorization strategies promoted by the local government converge.

The overarching objective of the study is to reconstruct the creation of Ciudad Jardín and, based on that reconstruction, analyze its recent patrimonialization process as well as its articulation with the Open-Air Shopping Districts Policy. The aim is to assess the extent to which these policies –presented as complementary– activate contradictory processes that transform uses and meanings within the territory. More specifically, the study investigates: (a) how the creation of the first Garden City in Latin America (between the 1940s and 1950s) can be situated within the broader historical process of suburbanization in Buenos Aires; (b) how the social demand for patrimonialization was constructed and what notions of identity and neighborhood memory were mobilized; (c) which urban planning and regulatory instruments were deployed with the declaration of the Urban Protection Area; and (d) how the Open-Air Shopping Districts were implemented and with what governmental and business discourses they were justified.

METHODOLOGY

Methodologically, the article combines a qualitative approach with historical and regulatory analysis. The study draws on documentary sources –including provincial and municipal regulations, historical records on the creation of Ciudad Jardín and its subsequent development– along with governmental reports describing the implementation of Open-Air Shopping Districts in the city. On one hand, the foundational

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10
Formato de cita / Citation: Romano, B.T. (2026). Disputed heritage: preservation policies and contemporary urban valorisation in the Garden City of Lomas del Palomar, province of Buenos Aires, Argentina. Revista de Estudios Andaluces (51), 207-223. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10
Correspondencia autora: bromano@untref.edu.ar (Bárbara Teresa Romano)

process of Ciudad Jardín Lomas del Palomar was reconstructed through the work of Zeyen, the F.I.N.C.A. magazines, and documents recovered by the Museo-Taller La Montaña, which made it possible to restore the project`'s urbanistic vision and financing model. On the other hand, recent instruments such as the Urban Zoning Code, the Strategic Urban Plan, Ordinance 3.388/18, and the Open-Air Shopping Districts policy were analyzed alongside official discourses, neighborhood publications, and fieldwork photographic surveys.

The study also incorporated press and social media analysis to reconstruct the public dispute surrounding preservation and commercial development. Field observation was conducted along the main commercial corridors of the neighborhood, complemented by semi-structured interviews with residents, neighborhood leaders, and business owners. These methods provided insight into lived perceptions, everyday tensions, and meanings of belonging associated with the patrimonialization process.

RESULTS

The results show that the designation as an Urban Protection Area was initially perceived as a collective achievement that crystallized decades of efforts to defend the neighborhood's historic and residential character. The regulation established constraints on densification, limited building heights, regulated building replacement, and incorporated landscape preservation criteria to safeguard the original morphology. However, rather than settling the debate, patrimonialization opened new controversies. The rollout of the Open-Air Shopping Districts—driven by the municipal administration and by organizations linked to commercial activity—introduced a series of interventions in the public space that, while compatible with certain aesthetic preservation guidelines, were aligned with a pro-growth, pro-business urbanism focused on strengthening territorial competitiveness and stimulating consumption. These initiatives included sidewalk renovations, standardization of urban furniture, aesthetic enhancement of commercial façades, and the construction of an identity narrative that positioned Ciudad Jardín as an "open-air shopping district with historical identity," capable of attracting visitors and generating new investment opportunities.

From the theoretical perspective of entrepreneurial urbanism, these dynamics can be understood as local expressions of broader processes by which heritage preservation is incorporated into strategies of urban competitiveness and territorial marketing. The protection of landscape and history becomes an added value mobilized not only to strengthen community identities but also to position the territory within an urban market in which differentiation is a key economic resource. When this process intersects with commercial revitalization policies aligned with business interests, it reinforces circuits of valorization that tend to increase the cost of accessing land.

The evidence collected shows that these tensions are not perceived homogeneously. While some actors view commercial revitalization as a source of economic dynamism and improved urban infrastructure, others warn that the changes introduced in public space alter the neighborhood's residential character and heighten real estate pressures. This heterogeneity of perceptions reaffirms that heritage is a political terrain, shaped by competing meanings and by material conflicts over the use and appropriation of territory.

The coexistence of preservation and market-driven policies has produced a scenario in which the neighborhood's historical identity has become a contested resource, susceptible to being commodified and differentially appropriated by various actors. In response, grassroots mobilization has emerged as a crucial counterweight in disputing the meanings of urban planning and challenging contemporary forms of commodification that unfold even in formally protected contexts. The case analyzed demonstrates that preservation, in order to sustain its social and community-oriented purpose, must be accompanied by public policies that recognize that heritage is not an artifact of the past but a collective resource under continuous construction—one that expresses, today more than ever, the struggles over the right to the city.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

CONCLUSIONS

The Lomas del Palomar Garden City, founded in 1944, emerged within a broader process of metropolitan urban expansion, during a boom in the real estate market in the municipalities of the first ring of Greater Buenos Aires. The project was conceived, planned, and executed by the company F.I.N.C.A., which imported the principles of the garden city model promoted by Ebenezer Howard. In this sense, the Garden City was designed as an intermediate urban space that combines the qualities of the natural environment—green, open, and healthy—with the services and access of the modern city. Its curved grid layout, combined with low density, the prominence of green areas, and the coexistence of housing, amenities, and public spaces, makes this town a unique place; and considered by numerous studies to be the first planned garden city in Latin America. The current characteristics of Ciudad Jardín, along with the progressive deterioration of certain aspects of its urban environment—such as visual pollution, deforestation, incongruous construction, and the abandonment of public spaces—have generated a grassroots heritage preservation process in recent years, driven by organized residents defending the landscape and neighborhood identity.

This mobilization culminated in the enactment of Ordinance 3388/2018, which declared the area an Urban Protection Area, in accordance with the approval of the new Urban Planning Code and the municipal Strategic Urban Plan. The Urban Protection Area establishes the boundaries of a macro-zone for heritage protection, whose objective is to preserve the history and identity of the neighborhood. Within this framework, new construction is regulated, facades, signage, sidewalks, and trees are protected, and the "completion of the urban fabric" and other regulations that enable urban densification or the expansion of high-rise construction are explicitly prohibited.

However, other urban policies have been developed in this same area, including the implementation of three Open-Air Shopping Centers, the design of cultural circuits such as the Rock Route, and the creation of the Erich Zeyen Historical Museum, all aimed at revitalizing commercial activity and highlighting local history.

While these initiatives reinforce distinctive elements of the landscape and neighborhood identity, they can also be seen as part of a broader process of urban enhancement, where heritage becomes a cultural and economic asset, capable of attracting investment, improving the neighborhood's image, and repositioning it in the metropolitan real estate market. At this point, tensions arise between preserving heritage and promoting consumption and investment.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.10

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.11

Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador)

Fernando Chiriboga-Cisneros
edison.chiribogac@ug.edu.ec 0000-0002-5764-8065
Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad de Guayaquil. Avenida Delta, s/n y Avenida Kennedy, en la Ciudadela Universitaria "Universidad de Guayaquil". Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Mónica Pérez-Zulueta
mperez@ecotec.edu.ec 0000-0001-5597-0483
Universidad Tecnológica Ecotec, Guayaquil. Km. 13.5 Vía Samborondón, Samborondón, Guayas, Ecuador.

Soraya Triviño-Bloisse
soraya.trvinob@ug.edu.ec 0000-0003-3809-9539
Franklin Mora-Méndez
franklin.moram@ug.edu.ec 0000-0002-1618-898X

Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad de Guayaquil. Avenida Delta, s/n y Avenida Kennedy, en la Ciudadela Universitaria "Universidad de Guayaquil". Guayaquil, Guayas, Ecuador.

KEYWORDS

Community participation
Social cohesion
Sense of belonging
Local identity

INTRODUCTION

Cultural participation is a key component in sustaining community life in rural areas. In cantons such as Santa Lucía, in the province of Guayas, cultural activities not only serve recreational purposes but also function as spaces for social interaction, knowledge transmission, and the reaffirmation of local identity, as suggested by recent studies in rural areas of Latin America (Carrillo & Plazas, 2023; Adell & Ochoa, 2020). However, despite the importance of these practices, gaps persist in understanding the factors that explain why people choose to participate or not participate in cultural activities, particularly in contexts where infrastructure, resources, and cultural programming are limited. This study, developed in collaboration between the University of Guayaquil and the Decentralized Autonomous Municipal Government of Santa Lucía, analyzes the psychosocial determinants associated with community cultural participation, with the aim of providing information that supports the strengthening of local cultural management.

From a classical viewpoint, cultural engagement has been associated with social capital, community solidarity, and the formulation of citizenship (Verba, 2001; Putnam, 2000). In the context of Latin America, these activities are similarly perceived as mechanisms for the preservation of collective memory, the reinforcement of cultural identities, and the facilitation of local development (Dolezal & Ricaurte-Quijano, 2016; Siza *et al*., 2020).

Three concepts predominate in contemporary literature. The sense of belonging refers to the emotional bond that unites people with their community, based on shared experiences and identification with the

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11
Formato de cita / Citation: Chiriboga-Cisneros, F., Pérez-Zuleta, M., Triviño-Bloisse, S., & Mora-Méndez, F. (2026). Psychosocial determinants of rural cultural participation: a quantitative analysis with sociodemographic segmentation in Santa Lucía (Ecuador). Revista de Estudios Andaluces (51), 224-240. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11
Correspondencia autores: edison.chiribogac@ug.edu.ec (Fernando Chiriboga-Cisneros)

territory, which can influence cultural participation (Son & Krolikowski, 2024). Local identity has to do with the values, symbols, memories, and practices that give meaning to the territory and are transmitted through cultural events and traditions (Lager, 2024; Basurto-Cedeño *et al*., 2023). Finally, social cohesion describes the degree of trust, cooperation, and reciprocity that exists among members of a community, aspects that often facilitate the organization and sustainability of collective activities (Perreault, 2003; Soares, 2022). According to these perspectives, higher levels of belonging, identity, and cohesion would be expected to translate into more active cultural participation; however, the literature also cautions that in rural contexts, structural constraints may counterbalance or limit these predispositions.

METHODOLOGY

This research was conducted using a quantitative approach, with a descriptive and correlational scope, and a cross-sectional design. The objective was to analyze the influence of three psychosocial variables—social cohesion, local identity, and sense of belonging—on community cultural participation in the Santa Lucía canton, Ecuador. The unit of analysis consisted of residents of the canton, selected through non-probability convenience sampling. This technique was chosen based on accessibility and availability during fieldwork, acknowledging the logistical limitations inherent to the rural context. Although it does not allow for statistical generalization, a diverse sociodemographic composition was sought, reflecting different ages, educational levels, and social conditions.

Data collection was carried out through a structured, face-to-face survey, administered between May and June 2024 by a team of two previously trained interviewers. (Appendix 1) Non-probability convenience sampling was used, selecting participants in community spaces, residential areas, and local meeting points, ensuring diversity in age and educational level. Before the survey was launched, a pilot test was conducted with 15 residents to verify semantic clarity, administration time, and internal consistency of the items, allowing for adjustments to the order and wording of several questions. The survey was administered individually, with an average completion time of 10–12 minutes per person. For data analysis, an initial cleaning was performed, including the detection of univariate outliers, review of omissions, and verification of response consistency. Subsequently, descriptive statistics, normality tests, Pearson and Spearman correlations, and hierarchical regression models with interaction were calculated using IBM SPSS (v.26). The variable centering procedure was employed to reduce collinearity in the interaction terms, and the assumptions of homoscedasticity, independence of errors, and absence of multicollinearity (VIF < 3) were verified. This set of procedures ensures analytical transparency and allows for the replication of the study in similar contexts.

The instrument used was a structured questionnaire (Appendix 1) divided into two sections. The first section collected sociodemographic data; the second included items designed to measure the study's central variables. Item construction was based on specialized literature and contextual adaptations validated in previous studies (Ateca-Amestoy & Prieto-Rodríguez, 2023; Soares, 2022; Meyer, 2022).

The distribution of items by dimension was as follows:

- Sense of belonging: 3 items
- Local identity: 4 items
- Social cohesion: 4 items
- Community cultural participation: 5 items

For the dependent variable, a composite index was constructed from three items (PART1, PART3, and PART4), selected for their theoretical coherence and high internal correlation. Item PART2 was excluded due to its low item-total correlation and poor conceptual consistency with the construct. Item PART5, which assesses perceived barriers (lack of time, information, or resources), was treated as a moderating variable and included in the hierarchical regression analysis to explore interaction effects.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

Although the literature recommends measuring perceived barriers using multidimensional scales, this study opted for a single item for two methodological and operational reasons. First, during the pilot phase, it was identified that residents had difficulty differentiating between types of barriers (time, access, information, costs), leading to confusion and inconsistent responses. Using a single, general statement allowed for capturing the overall perception of the construct without increasing the participants' cognitive load, a critical aspect in rural contexts with educational heterogeneity. Second, the questionnaire had to be kept brief to ensure its application in the field, given that insecurity and logistical limitations reduced the effective survey time. Therefore, the single item acted as a parsimonious and appropriate indicator for exploring preliminary moderating effects, and was recognized as a contextual methodological decision consistent with studies in rural areas.

RESULTS

The results indicate that local identity is the strongest dimension among participants, followed by sense of belonging and social cohesion. These findings suggest that, at a perceptual level, residents maintain stable ties to their community and place value on local traditions. However, cultural participation is moderate, indicating that cultural appreciation does not always translate into consistent engagement in available activities.

The correlations between cultural participation and psychosocial variables were not significant, and the regression models explained a minimal proportion of the variance (1.7%). This suggests that factors such as emotional attachment, identity, and community ties do not have the expected weight in predicting formal cultural participation. The absence of significant effects was also observed in the moderation by barriers, which may be due to the use of a single indicator or, more likely, to the fact that the structural limitations of the territory affect participation across the board, regardless of each person's psychosocial profile.

When the data is analyzed by group, significant differences emerge. In the 35-44 age group, a greater sense of belonging is associated with increased cultural participation, suggesting that community attachment carries more weight at this stage of life. In contrast, among older adults, higher levels of social cohesion were found to be related to lower participation, possibly due to physical barriers, perceptions of exclusion, or a lack of suitable cultural offerings. In the group with a secondary education, an inverse relationship between belonging and local identity was evident, indicating tensions between emotional attachment and cultural appreciation.

These results show that traditional models linking social capital and cultural participation do not behave in a linear fashion in rural contexts with limited offerings. Beyond psychosocial factors, structural constraints such as a lack of adequate spaces, limited cultural programming, mobility issues, and insecurity in certain areas seem to predominate, elements that have also been documented in other studies in the country (Siza *et al*., 2020; Soares, 2022).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The results obtained reveal that social cohesion, sense of belonging, and local identity did not show statistically significant relationships with community cultural participation, and that the regression model explained only 1.7% of the variance ($R^2 = 0.017$; $p > 0.05$). Likewise, the moderation analysis using the variable "perceived barriers" did not yield significant effects. While previous research, especially in urban contexts or those with greater cultural infrastructure, has shown positive associations with these dimensions (Putnam, 2000; Ursić, 2024; Soares, 2022), the findings of this study suggest that the dynamics in Santa Lucía respond to different conditions.

First, the composition of the sample, mostly homogeneous in terms of education (85% with completed secondary education) and age, concentrated in the 35-54 age range, may have reduced the variability of the

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.11

responses and, consequently, the statistical capacity to detect small or moderate effects. Additionally, the moderating variable "perceived barriers" was measured with a single item, which limits its reliability and reduces the statistical power in the interaction analysis (Hayes, 2018). Another aspect to consider is that, although normality tests indicated an absence of normal distribution, Pearson correlations were used; while this coefficient is robust to moderate violations, it may not have fully captured non-linear relationships.

The socioeconomic and cultural environment of Santa Lucía presents particularities that may alter the expected theoretical pattern. The insecurity reported during data collection, the limited availability of cultural events, and restrictions on physical or economic access could act as more decisive structural barriers than psychosocial factors. In rural contexts, cultural participation is not always manifested in organized events, but rather in informal daily practices (Carrillo & Plazas, 2023), which may not have been fully captured by the instrument.

Several studies support the importance of these structural factors in similar contexts. Carrillo & Plazas (2023) point out that, in rural Ecuador, the scarce cultural infrastructure limits the frequency and diversity of community practices, generating participation gaps despite the existence of strong social ties. Similarly, Soares (2022) demonstrates that the limited cultural offerings and logistical barriers reduce citizen involvement even when community interest exists. Likewise, research on rural governance and community participation indicates that conditions of insecurity or territorial precarity affect the availability of spaces, cultural programming, and risk perception, negatively impacting participation (Perreault, 2003; Siza *et al.,* 2020). Taken together, these studies reinforce the idea that, in rural contexts like Santa Lucía, structural constraints can have a greater impact than psychosocial factors on the decision to participate.

The lack of statistical significance does not imply that the analyzed dimensions lack relevance, but rather that their influence could be indirect or mediated by other variables not included in the model, such as institutional trust, the perceived usefulness of cultural activities, or personal motivation (Merino *et al*., 2024). In this sense, the conceptual framework that assumes a direct relationship between social capital and cultural participation might require specific adaptations for rural environments with a low density of cultural offerings (Lager, 2019).

The stratified analysis showed significant associations in specific groups, such as the positive link between sense of belonging and participation in people aged 35 to 44, and negative relationships in other segments (e.g., social cohesion in those over 65). These patterns suggest that the relationship between psychosocial variables and cultural participation is modulated by generational and life trajectory factors, which coincides with Son & Krolikowski's (2024) arguments regarding the segmented nature of community involvement.

For local cultural management, these results indicate that generic strategies may not be effective. It is necessary to design interventions differentiated by population segment: fostering a sense of belonging among young adults, strengthening social cohesion networks in middle age groups, and reducing physical and accessibility barriers for older adults. Furthermore, the evidence suggests that cultural participation in Santa Lucía does not depend solely on psychosocial factors, making it essential to address simultaneously the address structural limitations.

The absence of statistical significance does not imply that the dimensions analysed are irrelevant, but rather that their influence could be indirect or mediated by other variables not included in the model, such as institutional trust, the perceived usefulness of cultural activities, or personal motivation (Merino *et al.,* 2024). In this sense, the conceptual framework that assumes a direct relationship between social capital and cultural participation may require specific adaptations for rural environments with a low density of cultural offerings (Lager, 2019).

Revista de Estudios Andaluces (REA) | Núm. 51, febrero (2026) | e-ISSN: 2340-2776
https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51 | © Editorial Universidad de Sevilla 2026
https://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces
https://revistascientificas.us.es/index.php/REA
CC BY-NC-SA 4.0.

SUMMARY OF ARTICLE: HTTPS://DX.DOI.ORG/10.12795/REA.2026.I51.12

Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries

Manuel Adolfo Pérez-Priego
mppriego@uco.es 0000-0003-0155-5510
María de los Baños García-Moreno García
d52gagam@uco.es 0000-0002-7981-8846

Departamento de Estadística, Econometría, I.O., Organización de Empresas y Economía Aplicada. Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales. Puerta Nueva, s/n. 14071 Córdoba, España.

Lorena Caridad López del Río
icaridad@us.es 0000-0002-3406-9917
Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla. Avenida Ramón y Cajal, 1. 41018 Sevilla, España.

José Rafael Caro-Barrera
z52cabaj@uco.es 0000-0001-6154-2493
Departamento de Estadística, Econometría, I.O., Organización de Empresas y Economía Aplicada. Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales. Puerta Nueva, s/n. 14071 Córdoba, España.

KEYWORDS

Efficient Market Hypothesis
Weak Form
COVID-19
LAC Financial Markets
Random Walk

INTRODUCTION

At the end of 2019, the emergence of the SARS-CoV-2 virus and the resulting disease, COVID-19, precipitated a global health crisis. The World Health Organisation declared it a global pandemic on 12 March 2020. This unprecedented event had profound implications extending far beyond the epidemiological sphere, dramatically affecting world trade, social and cultural life, and the structures of the most important sectors in all countries. The rapid transmission of the disease delivered a severe impact on financial markets, causing significant losses to investors in a very short time, slowing down the economies of affected countries, and hampering growth in emerging economies.

This systemic disruption directly affected one of the fundamental components of the market system: the existence of an efficient capital market. The pandemic created an unprecedented context of uncertainty and heightened volatility, prompting researchers to reconsider the validity of market efficiency hypotheses in emerging markets. This circumstance was particularly relevant for Latin American and Caribbean (LAC) financial markets, which represent more than 90% of the total capitalisation of the region, reaching US$1.1 billion, yet have received relatively less empirical scrutiny in the context of pandemic-induced shocks compared to developed markets.

DOI: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12
Formato de cita / Citation: Pérez-Priego, M. A., García-Moreno García, M. B., Caridad López del Río, L., & Caro-Barrera, J.R. (2026). Testing the weak form of the Efficient Market Hypothesis and the impact of COVID-19 in LAC countries. *Revista de Estudios Andaluces* (51), 241-267. https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12
Correspondencia autores: mppriego@uco.es (Manuel Adolfo Pérez-Priego)

RESEARCH OBJECTIVES AND MOTIVATION

The primary objective of this empirical study is to analyse the impact of the COVID-19 pandemic on weak-form efficiency in the five major financial markets of Latin America and the Caribbean, specifically those of Brazil, Argentina, Colombia, Mexico, and Chile. The research considers two distinct study periods: a global period spanning January 2018 to March 2021, which enables analysis of structural efficiency behaviour over a complete economic cycle, and a sub-period comprising the first half of 2020, which captures market behaviour during a period of high uncertainty and volatility centred on the pandemic's onset.

The testing of weak-form efficiency in these countries, particularly within the context of the COVID-19 pandemic, carries several practical implications with significant social impact for various market participants. For investors, understanding the extent to which past price information can predict future price movements during economic uncertainty is crucial for informed asset allocation and risk management decisions. For policymakers and regulators, assessing market efficiency helps identify potential inefficiencies or anomalies warranting regulatory intervention.

THEORETICAL FOUNDATIONS AND METHODOLOGY

The weak form of the Efficient Market Hypothesis (EMH) was initially formalised by Fama (1965), who proposed that in an efficient market, asset prices fluctuate randomly around their fundamental values, reflecting all available information to investors. This study adopts a methodological approach validated by Roldán & García-Moreno (2022), which consists of a sequential combination of statistical tests designed to determine whether index returns follow a random walk, and if so, what type it is.

The methodology distinguishes three types of random walk: Random Walk 1 (RW1), where the structure of increments is independently and identically distributed (IID) with mean zero and constant variance; Random Walk 2 (RW2), where increments are assumed to be independent but not necessarily identically distributed; and Random Walk 3 (RW3), the least restrictive and most general process, wherein increments are neither independent nor identically distributed but remain uncorrelated.

PRINCIPAL FINDINGS

The empirical evidence demonstrates that the impact of the pandemic on Latin American financial markets was not uniform across all markets and periods analysed. However, several consistent patterns emerged across the methodological approaches employed.

For the entire period (1 January 2018 to 31 March 2021), the variance-ratio test and the Ljung-Box test indicate that the MERVAL and MEXBOL indices exhibit weak-form efficiency, accepting behaviour consistent with Random Walk Type 1 for Argentina and Random Walk Type 3 for Mexico. Conversely, the COLCAP, BOVESPA, and IPSA indices demonstrated market inefficiency.

However, during the first half of 2020, a marked improvement in weak-form efficiency was observed. All indices except the Chilean stock market proved to be efficient during this period. Specifically, Colombia and Argentina demonstrated efficiency in Random Walk Type 1, while Brazil and Mexico exhibited efficiency in Random Walk Type 3.

DISCUSSION AND INTERPRETATION

The general results obtained through econometric models are mixed, revealing both total and partial rejection of the random walk hypothesis and the weak-form EMH across different indices and periods. However, a consistent finding emerges: many indices exhibited behaviour aligned with the more flexible Random Walk Type 3 following the initial impact of the pandemic.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

The apparent paradox of improved efficiency during heightened volatility can be reconciled by considering that the pandemic induced sharp price declines and increased volatility that generally favoured weak-form efficiency in these markets. This reduced short-term return predictability and reinforced the role of prices in processing available information quickly and consistently.

ECONOMIC IMPLICATIONS AND CONCLUSIONS

The improvement in the efficiency of Latin American financial markets during the pandemic has significant implications. Firstly, it suggests a greater capacity to adapt to disruptive events, thereby strengthening the resilience of the regional financial system. This enhanced efficiency facilitates more optimal capital allocation, reduces systematic arbitrage opportunities, and improves market transparency.

The main contribution of this research is the application of a comprehensive methodological framework that distinguishes between different types of random walk specifications to test weak-form efficiency in the five most influential financial markets of South America. The findings provide empirical evidence that the pandemic had a significant impact on the stock market indices in Latin America, though the nature and direction of this impact varied across markets.

© Editorial Universidad de Sevilla 2026 | Sevilla, España| CC BY-NC-SA 4.0. | e-ISSN: 2340-2776 | doi: https://dx.doi.org/10.12795/rea.2026.i51.12

REA
Revista de Estudios Andaluces