

ARQUITECTURA Y AGUA
33





33

ARQUITECTURA Y AGUA

REVISTA PROYECTO PROGRESO ARQUITECTURA

N33

arquitectura y agua



PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA. **N33** NOVIEMBRE 2025 (AÑO XVI)

arquitectura y agua

EDITA

Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla

DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA

E.T.S. de Arquitectura. Avda Reina Mercedes, nº 2 41012-Sevilla.
Amadeo Ramos Carranza, Dpto. Proyectos Arquitectónicos.
e-mail: revistappa.direccion@gmail.com

EDICIÓN ON-LINE

Portal informático <https://revistascientificas.us.es/index.php/ppa>
Portal informático Grupo de Investigación HUM-632
<http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>
Portal informático Editorial Universidad de Sevilla
<http://www.editorial.us.es/>

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2019.

Calle Porvenir, 27. 41013 SEVILLA. Tfs. 954487447 / 954487451

Fax 954487443. [eus4@us.es] [<http://www.editorial.us.es>]

© TEXTOS: SUS AUTORES,

© IMÁGENES: SUS AUTORES Y/O INSTITUCIONES

DISEÑO PORTADA:

Rosa María Añón Abajas – Amadeo Ramos Carranza

Basada en la fotografía del cuadro de Lino Enea Spilimbergo
Terracita (1933). Colección Museo Nacional de Bellas Artes,
Buenos Aires. Argentina.

DISEÑO PLANTILLA PORTADA-CONTRAPORTADA

Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde

DISEÑO PLANTILLA MAQUETACIÓN

Maripi Rodríguez

MAQUETACIÓN

Referencias Cruzadas

CORRECCION ORTOGRAFÍA

DECULTRURAS

ISSN (ed. impresa): 2171-6897

ISSN-e (ed. electrónica): 2173-1616

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa>

DEPÓSITO LEGAL: SE-2773-2010

PERIODICIDAD DE LA REVISTA: MAYO Y NOVIEMBRE

IMPRIME: PODIPRINT

La revista *Proyecto, Progreso, Arquitectura* brinda acceso abierto a todo su contenido de forma gratuita bajo el principio de Ciencia Abierta para apoyar un mayor intercambio global del conocimiento. Los artículos publicados en la revista *Proyecto, Progreso, Arquitectura* se ajustan a los criterios del acuerdo de la licencia internacional Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International CC BY-NC-SA 4.0. Los autores/as retienen los derechos de autor y se permite a terceros copiar, distribuir y hacer uso de los trabajos siempre que cumplan con los términos y condiciones establecidos por dicha licencia.



VII PLAN PROPIO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
Ayuda competitiva para revistas, Modalidad B anualidad 2024.



GRUPO DE INVESTIGACION HUM-632
Proyecto, Progreso, Arquitectura
<http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>



DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS
Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad de Sevilla.
<http://www.departamento.us.es/dpaetsas>

DIRECCIÓN

Dr. Amadeo Ramos Carranza. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España

SECRETARÍA

Dra. Rosa María Añón Abajas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España

EQUIPO EDITORIAL

Edición:

Dr. Amadeo Ramos Carranza. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dra. Rosa María Añón Abajas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dr. Francisco Javier Montero Fernández. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dra. Esther Mayoral Campa. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dr. Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dr. Germán López Mena. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dra. Gloria Rivero Lamela. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Guillermo Pavón Torrejón. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Externos edición (asesores):

Dr. José Altés Bustelo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid. España.

Dr. Carlos Arturo Bell Lemus. Facultad de Arquitectura. Universidad del Atlántico. Colombia.

Dr. José de Coca Leicher. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Dra. Patricia de Diego Ruiz. Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Geodesia. Universidad Alcalá de Henares. España.

Dr. Jaume J. Ferrer Fores. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. España.

Dra. Laura Martínez Guereñu. El School of Architecture & Design, IE University, Madrid; Segovia. España.

Dra. Clara Mejía Vallejo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Dra. Luz Paz Agras. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidade da Coruña. España.

Dra. Marta Sequeira. CIAUD, Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, Portugal.

SECRETARÍA TÉCNICA

Dra. Gloria Rivero Lamela. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

EDITORES EXTERNOS Y COORDINACIÓN CONTENIDOS CIENTÍFICOS DEL NÚMERO

Gloria Rivero Lamela, Dra. Arquitecto. Universidad Politécnica de Madrid, España.

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Carlo Azteni. DICAAR. Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura. University Of Cagliari. Italia.

Dra. Maristella Casciato. GETTY Research Institute, GETTY, Los Angeles. Estados Unidos.

Dra. Anne Marie Châtelet. École Nationale Supérieure D'Architecture de Strasbourg (ENSAS). Francia.

Dra. Josefina González Cubero. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid. España.

Dr. José Manuel López Peláez. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Dra. Margarida Louro. Faculdade de Arquitetura. Universidade de Lisboa. Portugal.

Dra. Maite Méndez Baiges. Departamento de Historia del Arte. Universidad de Málaga. España.

Dr. Dietrich C. Neumann. Brown University In Providence, Ri (John Nicholas Brown Center For Public Humanities And Cultural Heritage). Estados Unidos.

Dr. Víctor Pérez Escolano. Catedrático Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dr. Jorge Torres Cueco. Catedrático Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Politècnica de València. España.

Dr. ir. Frank van der Hoeven, TU DELFT. Architecture and the Built Environment, Netherlands

CORRESPONSALES

Pablo de Sola Montiel. The Berlage Centre for Advanced Studies in Architecture and Urban Design. Países Bajos.

Dr. Plácido González Martínez. Tongji University Caup (College Of architecture & Urban Planing). Shangai, China.

Patrícia Marins Farias. Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal da Bahia. Brasil.

Dr. Daniel Movilla Vega. Umeå School of Architecture. Umeå University. Suecia.

Dr. Pablo Sendra Fernández. The Bartlett School of Planning. University College London. Inglaterra.

Alba Zarza Arribas. Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada. Universidad Rey Juan Carlos. España.

Dra. María Elena Torres Pérez. Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. México.

TEXTOS VIVOS

Dr. Francisco Javier Montero Fernández. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dra. Esther Mayoral Campa. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

SERVICIOS DE INFORMACIÓN

CALIDAD EDITORIAL

La Editorial Universidad de Sevilla cumple los criterios establecidos por la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora para que lo publicado por el mismo sea reconocido como "de impacto" (Ministerio de Ciencia e Innovación, Resolución 18939 de 11 de noviembre de 2008 de la Presidencia de la CNEAI, Apéndice I, BOE nº 282, de 22.11.08).

La Editorial Universidad de Sevilla forma parte de la U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) ajustándose al sistema de control de calidad que garantiza el prestigio e internacionalidad de sus publicaciones.

PUBLICATION QUALITY

The Editorial Universidad de Sevilla fulfils the criteria established by the National Commission for the Evaluation of Research Activity (CNEAI) so that its publications are recognised as "of impact" (Ministry of Science and Innovation, Resolution 18939 of 11 November 2008 on the Presidency of the CNEAI, Appendix I, BOE No 282, of 22.11.08).

The Editorial Universidad de Sevilla operates a quality control system which ensures the prestige and international nature of its publications, and is a member of the U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas–Union of Spanish University Publishers).

Los contenidos de la revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA aparecen en:

BASES DE DATOS: INDEXACIÓN

SELLO DE CALIDAD EDITORIAL FECYT Nº certificado: 385–2024

WoS. Arts & Humanities Citation Index.

SCOPUS.

AVERY. Avery Index to Architectural Periodicals

DIALNET

FUENTE ACADÉMICA PLUS (EBSCO)

ART & ARCHITECTURE SOURCES (EBSCO)

LATIN AMÉRICA & IBÉRICA DATABASE (PROQUEST)

ART, DESIGN & ARCHITECTURE COLLECTION (PROQUEST)

ARTS PREMIUM COLLECTION (PROQUEST)

MATERIALS SCIENCE & ENGINEERING COLLECTION (PROQUEST)

TECHNOLOGY COLLECTION (PROQUEST)

OPEN ALEX

REBID. Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

ISOC (Producida por el CCHS del CSIC)

CATALOGACIONES: CRITERIOS DE CALIDAD

GOOGLE SCHOLAR

LATINDEX CATÁLOGO v 2.0

RESH (Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanidades).

Catálogos CNEAI (16 criterios de 19). ANECA (18 criterios de 21). LATINDEX (35 criterios sobre 36).

DICE (CCHS del CSIC, ANECA).

MIAR, Matriu d'Informació per a l'Avaluació de Revistes. Campo ARQUITECTURA

CLASIFICACIÓN INTEGRADA DE REVISTAS CIENTÍFICAS (CIRC–CSIC): A

CARHUS PLUS+ 2015: NIVEL A

ERIHPLUS

DULCINEA.

OPEN POLICY FINDER (OPF)

ULRICH'S WEB, Global Serials Directory.

CWTS Leiden Ranking (Journal indicators)

CATÁLOGOS ON–LINE BIBLIOTECAS NOTABLES DE ARQUITECTURA:

CLIO. Catálogo on–line. Columbia University. New York

HOLLIS. Catálogo on–line. Harvard University. Cambridge. MA

SBD. Sistema Bibliotecario e Documentale. Istituto Universitario di Architettura di Venezia

OPAC. Servizi Bibliotecari di Ateneo. Biblioteca Centrale. Politecnico di Milano

COPAC. Catálogo colectivo (Reino Unido)

SUDOC. Catálogo colectivo (Francia)

ZBD. Catálogo colectivo (Alemania)

REBIUN. Catálogo colectivo (España)

OCLC. WorldCat (Mundial)

EVALUACIÓN EXTERNA POR PARES Y ANÓNIMA.

El Consejo Editorial remitirá el artículo a dos expertos revisores anónimos dentro del campo específico de investigación y crítica de arquitectura, según el modelo doble ciego.

El director de la revista comunicará a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que éstos hayan utilizado para enviar el artículo. El director comunicará al autor principal el resultado de la revisión (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación), así como las observaciones y comentarios de los revisores.

Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deberán reenviar una nueva versión del artículo, atendiendo a las demandas y sugerencias de los evaluadores externos. Los artículos con correcciones importantes serán remitidos al Consejo Asesor para verificar la validez de las modificaciones efectuadas por el autor. Los autores pueden aportar también una carta al Consejo Editorial en la que indicarán el contenido de las modificaciones del artículo. Los artículos con correcciones importantes serán remitidos al Consejo Asesor para verificar la validez de las modificaciones efectuadas por el autor.

DECLARACIÓN ÉTICA SOBRE PUBLICACIÓN Y MALAS PRÁCTICAS

La revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA (PPA) está comprometida con la comunidad académica en garantizar la ética y calidad de los artículos publicados. Nuestra revista tiene como referencia el Código de Conducta y Buenas Prácticas que, para editores de revistas científicas, define el COMITÉ DE ÉTICA DE PUBLICACIONES (COPE).

Así nuestra revista garantiza la adecuada respuesta a las necesidades de los lectores y autores, asegurando la calidad de lo publicado, protegiendo y respetando el contenido de los artículos y la integridad de los mismo. El Consejo Editorial se compromete a publicar las correcciones, aclaraciones, retracciones y disculpas cuando sea preciso.

En cumplimiento de estas buenas prácticas, la revista PPA tiene publicado el sistema de arbitraje que sigue para la selección de artículos así como los criterios de evaluación que deben aplicar los evaluadores externos –anónimos y por pares, ajenos al Consejo Editorial-. La revista PPA mantiene actualizados estos criterios, basados exclusivamente en la relevancia científica del artículo, originalidad, claridad y pertinencia del trabajo presentado.

Nuestra revista garantiza en todo momento la confidencialidad del proceso de evaluación: el anonimato de los evaluadores y de los autores; el contenido evaluado; los informes razonados emitidos por los evaluadores y cualquier otra comunicación emitida por los consejos Editorial, Asesor y Científico si así procediese.

Igualmente quedan afectados de la máxima confidencialidad las posibles aclaraciones, reclamaciones o quejas que un autor desee remitir a los comités de la revista o a los evaluadores del artículo.

La revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA (PPA) declara su compromiso por el respeto e integridad de los trabajos ya publicados. Por esta razón, el plagio está estrictamente prohibido y los textos que se identifiquen como plagio o su contenido sea fraudulento, serán eliminados o no publicados por la revista PPA. La revista actuará en estos casos con la mayor celeridad posible. Al aceptar los términos y acuerdos expresados por nuestra revista, los autores han de garantizar que el artículo y los materiales asociados a él son originales o no infringen derechos de autor. También los autores tienen que justificar que, en caso de una autoría compartida, hubo un consenso pleno de todos los autores afectados y que no ha sido presentado ni publicado con anterioridad en otro medio de difusión.

EXTERNAL ANONYMOUS PEER REVIEW.

Editorial Board will be sent to two anonymous experts, within the specific field of architectural investigation and critique, for a double blind review.

The Director of the journal will communicate the result of the reviewers' evaluations to the authors by electronic mail, to the address used to send the article. The Director will communicate the result of the review (publication without changes; publication with minor corrections; publication with significant corrections; its publication is not advisable), as well as the observations and comments of the reviewers, to the main author.

If the manuscript has been accepted with modifications, the authors will have to resubmit a new version of the article, addressing the requirements and suggestions of the external reviewers. The articles with corrections will be sent to Advisory Board for verification of the validity of the modifications made by the author. The authors can also send a letter to the Editorial Board, in which they will indicate the content of the modifications of the article.

ETHICS STATEMENT ON PUBLICATION AND BAD PRACTICES

PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) makes a commitment to the academic community by ensuring the ethics and quality of its published articles. As a benchmark, our journal uses the Code of Conduct and Good Practices which, for scientific journals, is defined for editors by the PUBLICATION ETHICS COMMITTEE (COPE).

Our journal thereby guarantees an appropriate response to the needs of readers and authors, ensuring the quality of the published work, protecting and respecting the content and integrity of the articles. The Editorial Board will publish corrections, clarifications, retractions and apologies when necessary.

In compliance with these best practices, PPA has published the arbitration system that is followed for the selection of articles as well as the evaluation criteria to be applied by the anonymous, external peer-reviewers. PPA keeps these criteria current, based solely on the scientific importance, the originality, clarity and relevance of the presented article.

Our journal guarantees the confidentiality of the evaluation process at all times: the anonymity of the reviewers and authors; the reviewed content; the reasoned report issued by the reviewers and any other communication issued by the editorial, advisory and scientific boards as required.

Equally, the strictest confidentiality applies to possible clarifications, claims or complaints that an author may wish to refer to the journal's committees or the article reviewers.

PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) declares its commitment to the respect and integrity of work already published. For this reason, plagiarism is strictly prohibited and texts that are identified as being plagiarized, or having fraudulent content, will be eliminated or not published in PPA. The journal will act as quickly as possible in such cases. In accepting the terms and conditions expressed by our journal, authors must guarantee that the article and the materials associated with it are original and do not infringe copyright. The authors will also have to warrant that, in the case of joint authorship, there has been full consensus of all authors concerned and that the article has not been submitted to, or previously published in, any other media.

arquitectura y agua

índice

editorial

- ESPECULACIONES SOBRE ARQUITECTURA Y AGUA / SPECULATIONS ON ARCHITECTURE AND WATER**
Gloria Rivero-Lamela - (<https://doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.11>)

12

artículos

- CASTILLOS DE ARENA Y AGUA. ENCUENTROS CRUZADOS EN LOS BORDES DEL MAR / SAND AND WATER CASTLES. CROSSING ENCOUNTERS AT THE EDGE OF THE SEA**
Javier Navarro de Pablos; Ángel Martínez García-Posadas - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.01>)

18

- FORMAS DE LLEGAR AL AGUA: ARQUITECTURAS DEL BALNEARIO COMO GEOGRAFÍAS ARTIFICIALES / WAYS OF REACHING THE WATER: BEACH ARCHITECTURES AS ARTIFICIAL GEOGRAPHIES**
Cláudia Costa Cabral; Horacio Torrent - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.02>)

34

- LA MEMORIA DEL AGUA: VIDA URBANA EN LAS LAGUNAS DE CONCEPCIÓN (CHILE) / THE MEMORY OF WATER: URBAN LIFE IN THE LAGOONS OF CONCEPCIÓN (CHILE)**
Carolina Catrón Lazo; Julián Galindo González - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.03>)

50

- DEL MONUMENTO AL JUEGO. LA FUENTE Y EL PARQUE DE LA CRUZ ROJA EN BURGOS (LEANDRO SILVA, 1973) / FROM MONUMENTALISM TO PLAY: THE RED CROSS PARK FOUNTAIN AND GARDEN IN BURGOS (LEANDRO SILVA, 1973)**
Luis Santos y Ganges; Marina Jiménez Jiménez - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.04>)

68

- HEISSE BRUNNEN, BADEN Y ENNETBADEN, SUIZA: EL AGUA COMO ESPACIO COMÚN / HEISSE BRUNNEN, BADEN AND ENNETBADEN, SWITZERLAND: WATER AS A COMMON SPACE**
Alba Balmaseda Domínguez - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.05>)

88

- EL AGUA COMO PRINCIPAL CONDUCTOR DE VIDA EN LA COMUNIDAD MULTIESPECIE DE HARIE / WATER AS THE FUNDAMENTAL CONDIT OF LIFE IN THE MULTISPECIES COMMUNITY OF HARIE)**
Nekane Azpiazu; Íñigo García Odiaga - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.06>)

102

- UN PAISAJE DE REGADÍO EN RIESGO: LA HUERTA PERIURBANA DEL EBRO AGUAS ABAJO DE ZARAGOZA / AN IRRIGATED LANDSCAPE AT RISK: THE PERI-URBAN HUERTA OF THE EBRO DOWNSTREAM FROM ZARAGOZA**
Cecilia Sanz García; Carmen Díez Medina; Javier Monclús Fraga - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.07>)

120

- TRES ARQUITECTURAS DEL AGUA PARA UNA RECONCILIACIÓN ANTROPONATURAL EN EL PAISAJE/ THREE WATER ARCHITECTURES FOR AN ANTHROPONATURAL RECONCILIATION IN THE LANDSCAPE**
Ana Patricia Minguito García - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.08>)

140

reseña bibliográfica TEXTOS VIVOS

- LUIS JOSÉ GARCÍA PULIDO: LA DIMENSIÓN TERRITORIAL DEL ENTORNO DE LA ALHAMBRA**
Antonio Gámiz Gordo - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.09>)

162

- FRANCISCO DEL CORRAL DEL CAMPO: AGUA, ESENCIA DEL ESPACIO EN LA OBRA DE CARLO SCARPA**
Ricardo de Merí - (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2025.i33.10>)

164

TRES ARQUITECTURAS DEL AGUA PARA UNA RECONCILIACIÓN ANTROPONATURAL EN EL PAISAJE

THREE WATER ARCHITECTURES FOR AN ANTHROPONATURAL RECONCILIATION IN THE LANDSCAPE

Ana Patricia Minguito García (ORCID 0000-0003-4117-6400)

RESUMEN El presente artículo explora tres estrategias contemporáneas desarrolladas para promover la regeneración de áreas paisajísticas terrestres y marinas gravemente deterioradas. Cada una de ellas se materializa en forma de esferas de arrecifes, colectores de niebla y granjas de agrivoltaica. El objetivo fundamental es demostrar cómo estos sistemas se inspiran en la biomímesis para contrarrestar desequilibrios causados por la actividad antropocéntrica como la sobrepesca, desertificación o pérdida de biodiversidad. A través de un análisis metodológico gráfico y teórico que comprende la realización de visitas de campo y la inmersión bibliográfica, se determina la morfología, funcionamiento y disposición espacial de cada uno de dichos artilugios ingenieriles, así como su genealogía histórica y vigencia actual. Aunque en cada uno se requiere de un diseño específico adaptado a las condiciones de contorno, todos ellos comparten una característica común: la utilización del agua como vector principal con el que crear simbiosis tangibles en el paisaje. Como conclusión, se esclarece que la efectividad de estas estrategias de regeneración ambiental radica en la correcta ordenación de los artefactos en cada contexto local, formando sistemas lineales o redes que toman de referencia los patrones históricos de organización territorial y el bagaje cultural constituido como consecuencia de las consecutivas interacciones antroponaturales.

PALABRAS CLAVE desequilibrio; ambiental; regeneración; *reef balls*; atrapanieblas; agrivoltaica animal

SUMMARY This article examines three contemporary strategies developed to regenerate severely degraded landscapes and seascapes. These take the form of reef balls, fog collectors, and agrivoltaic farms. The main aim is to showcase how these systems take inspiration from biomimicry to counteract the imbalances caused by anthropocentric activity such as overfishing, desertisation, and loss of biodiversity. A graphic and theoretical methodology consisting of fieldwork and in-depth bibliographical reviews is used to analyse the morphology, operation, and spatial placement of each of these works of engineering. Historical background and current relevance are also examined. Although individually these devices require a specific design adapted to the surrounding conditions, they all have one characteristic in common: the use of water as a main vector for the creation of tangible symbiosis within the landscape. In conclusion, the effectiveness of these strategies for environmental regeneration is clarified, based on the correct classification of the artefacts in individual local contexts, forming linear systems or networks which take as reference the historical patterns of territorial planning and the cultural baggage resulting from subsequent antroponatural interactions.

KEYWORDS imbalance; environmental; regeneration; reef balls; fog collectors; animal agrivoltaics

Persona de contacto / Corresponding author: ap.minguito@gmail.com. Universidad Politécnica de Madrid. España.

TRES PAISAJES EN DESEQUILIBRIO

El agua es uno de los materiales tradicionales que moldea el hábitat antropocéntrico, ya sea en la cabaña primitiva para protegerse de la lluvia que ilustra Laugier, o en los murmullos que regulan higrotérmicamente el Generalife. Esta interdependencia se ve acuciada en las llamadas “arquitecturas del paisaje”, donde el agua pasa de ser un recurso auxiliar a convertirse en la principal variable del proceso de diseño y construcción. No solo determina las condiciones de contexto que afectan a la inserción de la arquitectura, sino que además influye en su morfología para adaptarla a los ritmos ecosistémicos locales.

Nuestra realidad actual de inestabilidad climática acentúa esta relación, convirtiendo al agua en un bien máspreciado aún -si es posible-, por ser el principal elemento para contrarrestar el rápido incremento de temperaturas y periodos de sequía. Sin embargo, estos cambios también propician que la existencia del propio recurso se vea amenazada, anulando acuíferos y contaminando océanos por sobreexplotación. Para hacer frente a los desequilibrios heredados de esta paradoja, surgen contemporáneas estrategias arquitectónicas capaces de involucrarse positivamente en el entorno paisajístico. Entre ellas, caben destacar tres actuaciones ligadas a tres desequilibrios ecosistémicos, en

tres contextos paisajísticos distintos. Todos ellos se vinculan por el simple hecho de utilizar el agua como principio restaurador de la convivencia antroponatural.

En entornos marinos próximos a la costa, comunidades de bloques esféricos de hormigón se introducen en el fondo oceánico para crear una serie de arrecifes artificiales que el ecosistema termina acogiendo como propios, y frenar la destrucción coralina causada por la acidificación del agua y la pesca de explosión. Por otro lado, algunos perfiles montañosos del borde litoral se coronan con nuevas fachadas permeables que interceptan niebla en suspensión, para producir gotas de agua con las que hidratar áreas deforestadas. Por último, en los suelos deteriorados de páramos de interior antes destinados a la agricultura y ganadería y ahora ocupados por plantaciones fotovoltaicas, se construye una convivencia positiva entre ambos usos gracias a la creación de un microclima estable por evapotranspiración.

Más allá de su diversidad técnica y contextual, estos ejemplos comparten un corpus conceptual que sitúa al agua como vector constructor de resiliencias y agente metabólico. Este cambio responde a los desafíos del Antropoceno asociando los conceptos de “infraestructura lenta” y “water-sensitive design” respaldados por Shannon Mattern, John Tillman Lyle y Rosi Braidotti, para

1. Sección constructiva de un casquete artificial de arrecife.

potenciar un rediseño de los límites disciplinares en favor de una activa reconciliación ambiental. La arquitectura del paisaje ha de operar en una escala de tiempo prolongada para conseguir integrarse en los flujos hidrológicos locales, en lugar de simplemente interrumpirlos o simplificarlos. Por ello, los tres artefactos arquitectónicos enunciados se aproximan sistémicamente al ciclo del agua para recuperar hábitats dañados y amortiguar impactos antrópicos y climáticos. De ahí que, en lugar de adoptar una solución formalista común, cada uno se formule como un ensamblaje abierto capaz de acondicionarse a las circunstancias de contorno. Estos “proactivos” terminan funcionando como núcleo de activación de una red de relaciones estables, convirtiéndose en mediadores entre el ecosistema natural y la vida del antropo.

Una metodología de trabajo que combina la toma de fotografías y el desarrollo de dibujos analíticos de campo, permite comprobar cómo funcionan esas dinámicas de mediación. Dicha experiencia se complementa con fuentes especializadas que contextualizan cada actuación paisajística con sus antecedentes y vicisitudes, para así comprender más fehacientemente el papel que desempeña el agua. Los resultados obtenidos se organizan en una misma estructura genealógica, con el objetivo de esclarecer las causas del desequilibrio ecosistémico que propicia la inserción de cada artefacto. Como consecuencia, se enuncian las principales claves para la constitución de un modelo de restauración ambiental que utiliza el agua como mecanismo de construcción de simbiosis tangibles en el paisaje.

CENOTAFIOS PARA ARRECIFES

Los corales representan una de las bases fundamentales de la cadena trófica marina. Es el elemento a partir

del cual se construyen los arrecifes, gracias a su función de conexión interespecie. Sin corales, no hay arrecifes, y sin arrecifes, no se erige la arquitectura del hábitat. Sin embargo, estos entornos se encuentran en un importante punto de inflexión, con más de la mitad de las comunidades coralinas a nivel mundial en permanente amenaza. Aunque no puede revertirse este hecho, sí que puede frenarse el deterioro progresivo y comenzar una estrategia de regeneración que restituya poco a poco el equilibrio.

La causa principal de este desbarajuste es el calentamiento y acidificación de los océanos. La liberación de gases de efecto invernadero incrementa la temperatura del agua, llevando a un blanqueamiento coralino agudizado por la contaminación derivada de la lucrativa pesca de explosión que deteriora gravemente el ecosistema. De hecho, su alcance más destructivo no es con la comunidad de peces *per se*, sino con el propio sistema coralino. Su deterioro es tan masivo que imposibilita al arrecife regenerarse por sí mismo, necesitando de una intervención y gestión externa¹.

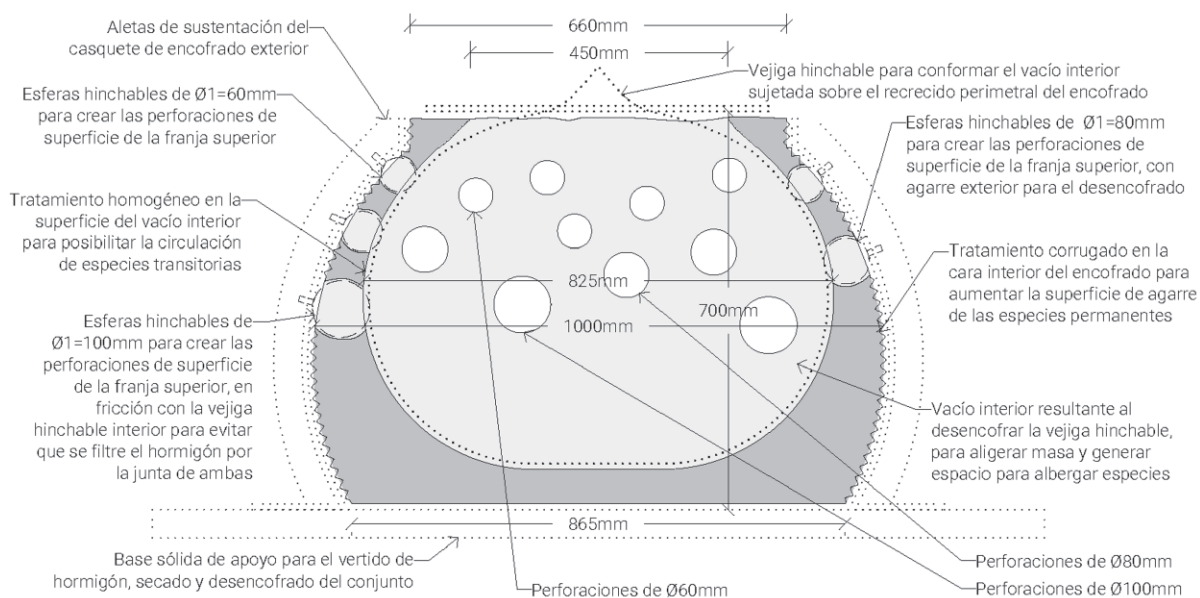
Además de las estructuras de hormigón armado que moldean las costas a antojo y demanda, existe otro tipo de arrecife artificial concebido como herramienta activa para la restauración de estos ecosistemas degradados². La clave de dicho cambio de paradigma reside en la biomimesis: ser capaz de replicar la estructura tridimensional de constitución coralina en lecho rocoso³. De tal forma que, a pesar de que se trate de una estrategia antropocéntrica, el hábitat resultante no sea puramente artificial. Para ello, resulta indispensable diseñar la herramienta arquitectónica conforme a las condiciones de contorno, tal y como constatan los estudios realizados entre 1990 y 2020⁴. Solo así, los bloques béticos introducidos como piezas esféricas exentas en el fondo marino son capaces

1 BELLWOOD, D.R. et al. Confronting the coral reef crisis. En: *Nature* [en línea]. Berlín: Springer Nature, junio 2004, vol. 429, pp. 827-833 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1476-4687. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02691>.

2 SEAMAN, William Jr. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. En: *Hydrobiologia* [en línea]. Ámsterdam: Springer, abril 2007, vol. 580, n.º 1, pp. 143-155 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1573-5117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0457-9>.

3 HYLKEMAA, Alwin et al. The effect of artificial reef design on the attraction of herbivorous fish and on coral recruitment, survival and growth. En: *Ecological Engineering* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, enero 2023, vol. 188 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2022.106882>.

4 BRACHO-VILLAVICENCIO, C.; MATTHEWS-CASCON, H.; ROSSI, S. Artificial Reefs around the World: A Review of the State of the Art and a Meta-Analysis of Its Effectiveness for the Restoration of Marine Ecosystems. En: *Environments* [en línea]. Basel: MDPI, julio 2023, vol. 10, n.º 7, p. 121 [consulta: 15-09-2025]. ISSN



1

de involucrarse directamente en los procesos físicos, biológicos, ecológicos y socio-económicos del ecosistema, como si se tratase de un componente más del mismo.

El precursor de esta estrategia se encuentra en los métodos tradicionales de pesca filipinos, basados en el entrelazamiento de rocas y madera anegada para la configuración de nidos en aguas mareales poco profundas⁵. Estos nidos se convierten en objetos condensadores de actividad, cuando peces y crustáceos absorben su estructura como hábitat de cría ante la amenaza de depredadores y otras prácticas pesqueras dañinas. Arrastrando esta herencia, investigadores de la Universidad de Georgia impulsan en 1993 la construcción de bloques esféricos de hormigón perforados perimetralmente para formar oquedades conectadas entre sí que imiten

la morfología de soporte de los arrecifes naturales⁶. Las botellas de vidrio con las que se fabrican las bombas caseras para la pesca de explosión pasan a utilizarse como moldes del encofrado de dichas oquedades, haciendo que el elemento que inicialmente provoca la destrucción del ecosistema coralino se conciba ahora como un recurso para construir su recuperación.

El diseño base de las denominadas *reef balls* consta de una esfera de 60-130 cm de diámetro⁷ (figura 1), que va sufriendo alteraciones en su morfología para imitar más fielmente la estructura funcional de un arrecife y acelerar los ritmos de regeneración. Una de estas transformaciones gira en torno a la materialidad. La esfera original se construye con una mezcla de áridos de diferente granulometría disponibles localmente -cal, arena, cenizas

2076-3298. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10070121>.

5 Dependiendo de la envergadura del nido reciben el nombre de *gango*, *amatong* o *balirong*.

6 Posteriormente, otras instituciones como el Instituto Tecnológico de Florida se unen también a esta vía de investigación.

7 BOHNSACK, J. A. Habitat structure and the design of artificial reefs. En: S. BELL; E. MCCOY y H. MUSHINSKY, eds. *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*. Nueva York: Chapman and Hall, 1990, pp. 412-426. ISBN 0-412-32270-6.

2. Formas de organización espacial en planta de los bloques artificiales en el fondo marino.
3. Agrupación de esferas de arrecifes ya asentados en el Gulf Breeze de Pensacola (Florida).

volcánicas o cemento Portland-. Sin embargo, al entrar en contacto con el ambiente corrosivo marino, esta composición se vuelve tóxica para algunas especies. Por ello, se añaden aditivos que disminuyen el pH de la mezcla hasta igualar la alcalinidad neutra del agua de mar, asegurando así la compatibilidad de la estructura⁸. Además, no se emplea ningún tipo de refuerzo de acero para garantizar su durabilidad, aunque pueden añadirse fibras vegetales o conchas de moluscos para aumentar la superficie de agarre de las especies⁹.

Otra alteración remarcable es la peculiaridad del diseño de la envolvente. Las perforaciones se distribuyen perimetralmente sobre el casquete superior, concentrando el 70% de la masa en la parte inferior de la esfera para asegurar su estabilidad. Aunque el objetivo esencial es bajar el centro de gravedad, el propio diseño facilita la adhesión de las especies y los encuentros entre las mismas. Sustituyendo el material plástico del encofrado por fibra de vidrio, y las botellas de vidrio por elementos hinchables, se van introduciendo distintos tamaños de oquedades. Por norma general, cada casquete tiende a contener 18 agujeros de diferente diámetro organizados en un patrón de equidistancias coherente, conectados entre sí mediante una gran abertura central que proporciona refugio a especies mayores. Por último, como tercera alteración, tiende a añadirse un tratamiento corrugado en la cara interior del encofrado para producir rugosidades heterogéneas en la superficie de la esfera, y provocar así mayor agarre. Como consecuencia, la esfera original evoluciona también hasta adoptar morfologías alternativas en forma de barreños, prismas trapezoidales o tortas estratificadas.

La implementación de estas esferas no trae consigo reintroducir ningún tipo de especie, sino apoyar la restauración del hábitat dejando que sea él mismo el que la gestione. Cada esfera de arrecife funciona como una comunidad en sí misma, pero si las especies de esta interaccionan con las de aquella, se genera un “vecindario” que acelera la recuperación del ecosistema global. Por ello, una vez son fabricadas en taller, se depositan en el fondo marino formando “bloques de arrecifes” de cuatro o cinco piezas, separadas prudentemente formando una comuna (figura 2). Así se originan hasta cuatro escalas de interacción: a nivel de objeto, cada esfera de hormigón aporta soporte para la instalación coralina y la fijación del sustrato arenoso; a escala de conjunto, establecen una estación de refugio y fertilización dentro del ciclo migratorio de las distintas especies; a nivel de vecindario, las propiedades geométricas e hidrodinámicas de los arrecifes permiten que no sean desplazados con las marejadas, mitigando la erosión de la costa baja; y a escala de barrio, estos arrecifes artificiales funcionan como verdaderos sumideros de CO₂¹⁰ (figura 3).

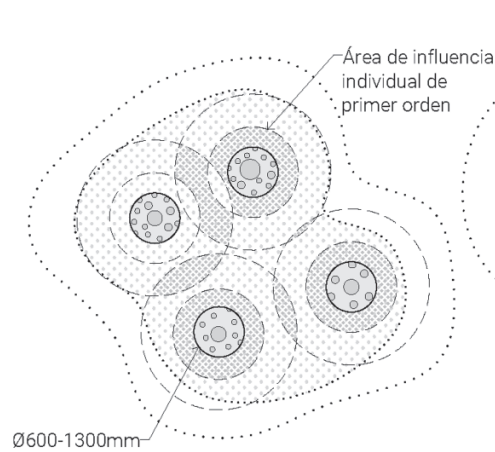
En definitiva, la construcción de estas arquitecturas del agua no solo ayuda a la propagación coralina, sino que permite regenerar arrecifes completos y aumentar la cantidad de biomasa local, al funcionar simplemente como un dispositivo de congregación. Así que, aunque la causa del desequilibrio sea antropocéntrica, la implementación de una medida de restauración también antropocéntrica -fabricada, de hecho, con un material antropocéntrico por antonomasia como es el hormigón-, supone la solución más pertinente. Cabe destacar la estrategia de regeneración promovida por la comunidad

8 Se añade microsilíce para disminuir el pH de la mezcla a 8,3 y obtener un hormigón de alta resistencia a la abrasión. SHERMAN, R.L.; GILLIAM, D.S.; SPIELER, R.E. Artificial reef design: void space, complexity, and attractants. En: *ICES Journal of Marine Science* [en línea]. Oxford University Press, febrero 2002, vol. 59 (supl.), pp. 196-200 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 1095-9289. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1163>.

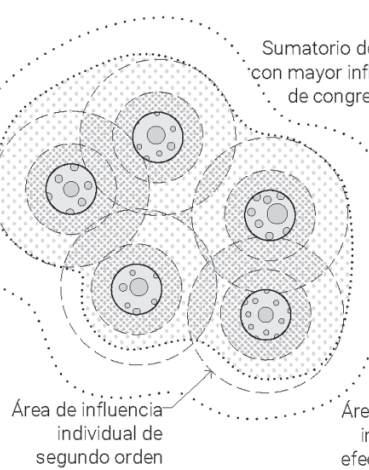
9 También pueden añadirse cenizas orgánicas obtenidas por procesos de cremación para acelerar el inicio de los intercambios ecosistémicos. PEROG, Bryce D. et al. Shell cover, rugosity, and tidal elevation impact native and non-indigenous oyster recruitment: Implications for reef ball design. En: *Ecological Engineering* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, julio 2023, vol. 192, p. 106969 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2023.106969>.

10 Ejemplos cuantificables de ello son las reservas de carbono registradas en los 7 km² de arrecifes artificiales que pueblan el golfo de México frente a la costa de Texas y Florida desde 2017. PIAZZA, B.P.; BANKS, P.D.; LA PEYRE, M.K. The potential for created oyster shell reefs as a sustainable shoreline protection strategy in Louisiana. En: *Restoration Ecology* [en línea]. Tucson: Society for Ecological Restoration, agosto 2005, vol. 13, n.º 3, pp. 499-506 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1526-100X. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x).

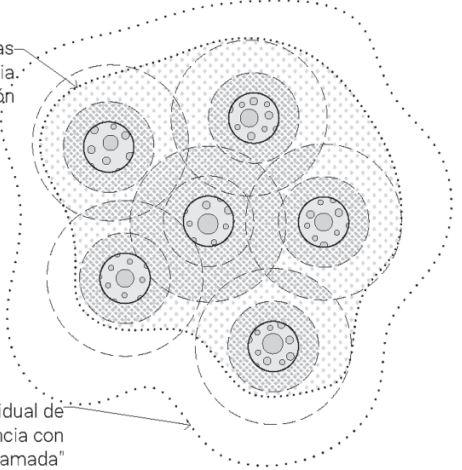
MODELO BASE DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL
4 MÓDULOS EN DISPOSICIÓN
SEMICONCÉNTRICA



ALTERNATIVAS DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL
5 MÓDULOS EN DISPOSICIÓN
SEMICONCÉNTRICA



ALTERNATIVAS DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL
5 MÓDULOS EN DISPOSICIÓN CONCÉNTRICA
CON UN MÓDULO EXTRA CENTRAL



2



3



4

de Subutuni en Tanzania para contrarrestar la pesca con dinamita que se mantiene en alza desde los años ochenta, así como las desarrolladas en las caletas chilenas de Quintay y Maitencillo entre 2013 y 2017, y la de la playa de la Malvarrosa de Valencia en 2014¹¹.

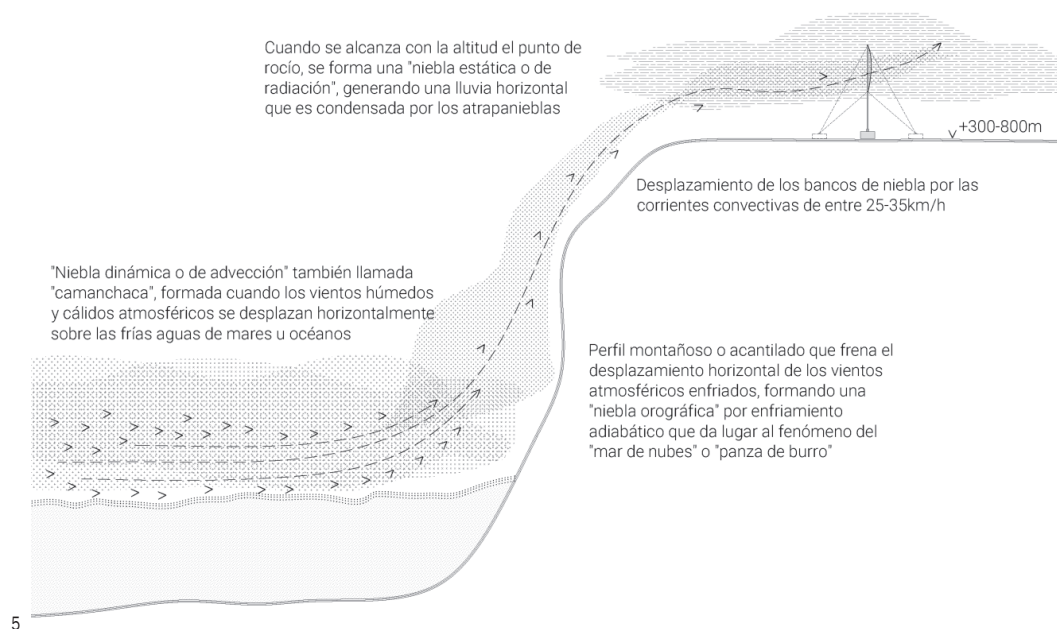
FACHADAS ATRAPANIEBLAS

Como intersticio entre mar e interior, se erige un territorio de amortiguación que afronta su propio desequilibrio por falta de hidratación. La desaparición de pantanos y

acuíferos por aumento de las temperaturas, trae consigo un incremento notable de los incendios forestales que, unido a la tala descontrolada y extensión de actividades agrícolas abrasivas, produce un avance sustancial de la desertificación del sustrato que destruye la cobertura de especies leñosas y arbustivas. No obstante, este territorio fronterizo también presenta alguna peculiaridad, que hace de la debilidad una oportunidad con la que frenar dicha erosión: la presencia de bancos de niebla en movimiento (figura 4).

11 LANDETA AUES, Fernando; AQUEVEQUE TORRES, Jorge. Arrecifes artificiales: Un imperativo medioambiental. En: *Revista de Marina* [en línea]. Valparaíso: Museo Naval, agosto 2023, año CXXXVIII, vol. 141, n.º 995, pp. 71-79 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0034-8511. Disponible en: <https://revistamarina.cl/es/download/arrecifes-artificiales-un-imperativo-medioambiental>.

4. Nieblas en la cabecera del barranco de Valleseco en Gran Canaria.
5. Diagrama de representación del fenómeno de producción de bancos de niebla para su captación mediante colectores.



La vegetación constituye el elemento base de la estructura funcional del ecosistema terrestre, ya que se trata del primer captador pasivo de agua de niebla conocido. En la isla de El Hierro, este fenómeno natural se aprovecha desde hace más de 2000 años de la mano de olivos y tilos como el Garoé, al que los bimbaches consideraban como germen de su supervivencia. El funcionamiento de estos "árboles que destilan agua" es sencillo: cuando la niebla se congrega en la densa copa formando una "nube" y se condensa al entrar en contacto con la superficie de las hojas, resbala por los tallos hacia el suelo hasta que es recogida en una alberca, cántaro o alforja¹². Tal y como los "molinos de viento" de Don Quijote evolucionan a aerogeneradores que aprovechan la energía del aire para producir electricidad, dichos cántaros se

transforman en artefactos capaces de interceptar partículas de agua en movimiento, que acogen el nombre de colectores o atrapanieblas.

La clave del éxito de la inserción de los atrapanieblas reside en la puesta en concordancia de tres tipos de fenómenos: una "niebla dinámica o de advección" originada por el desplazamiento de una masa de aire cálido y húmedo sobre la superficie fría del mar¹³; una "niebla orográfica" que se produce por el enfriamiento adiabático de la masa de aire húmedo que asciende por el perfil montañoso -efecto Foehn-; y una "niebla estática o de radiación" creada cuando se disipa la humedad del aire por un proceso similar al del rocío (figura 5). Dicho en otras palabras, cuando los vientos alisios cargados de humedad ascienden tras el calentamiento atmosférico diurno

12 Así lo narra fray Bartolomé de las Casas en la *Historia de las Indias* de 1524: "(...) en lo alto de este árbol siempre hay una nubecilla y el Garoé deja caer unas gotas de agua que encauzan hacia una modesta fuente; gracias a ella, viven, durante los periodos de sequía extrema, seres humanos y animales (...)". BARRIOS GARCÍA, José. La imagen del Garoé en la literatura y la cartografía. Apuntes para un catálogo cronológico (1572-1924). En: Francisco MORALES PADRÓN, coord. *XVIII Coloquio de Historia canario-americana* [en línea]. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria, 2010, pp. 1690-1698 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: <https://revistas.grancanaria.com/index.php/CHCA/article/view/9020/8460>.

13 Esta niebla de advección también recibe el nombre de camanchaca o "panza de burro".

6. Sección constructiva de una agrupación por solape de cuatro atrapanieblas para formar un sistema lineal de captación.

7. Vías de disposición lineal de atrapanieblas en planta.

desde el océano Atlántico o Pacífico por las crestas litorales hasta alcanzar los 300-800 m de altitud, se produce una inversión térmica en las capas de aire más cercanas al plano del suelo. Esta trae consigo una reducción de los 25-35 km/h iniciales debido al cambio de densidad que tiene lugar cuando el aire frío desciende a cotas más bajas, provocando la precipitación de una especie de lluvia horizontal¹⁴.

La arquitectura de un atrapanieblas responde a su funcionamiento como máquina frigorífica exterior, la cual consiste en bajar la temperatura del aire para condensar el agua contenida en el mismo. Esta dinámica de trabajo se basa nuevamente en la biomímesis, al imitar el modo de captación llevado a cabo por los árboles, simplemente que ahora se sustituye la lámina plana o limbo vegetal por mallas plásticas para interceptar la niebla. Cuando esta es arrastrada por el viento, las micropartículas que saturan el ambiente -de 1-40 μm de espesor¹⁵- chocan contra los hilos que conforman la malla, juntándose entre sí hasta que son suficientemente densas y configuran gotas. Es entonces cuando adquieren un peso sustancial y caen por capilaridad, tal y como discurren por el peciolo de la hoja. Después, llegan por gravedad hasta la base de la estructura, alimentando las raíces o la canaleta en forma de U de PVC o acero galvanizado de los depósitos de almacenamiento¹⁶.

Para que este proceso alcance un rendimiento viable, es necesario adoptar una geometría estructural específica, ya que el volumen de agua recogido por un atrapanieblas depende íntegramente de su eficiencia aerodinámica, de impacto y de drenaje¹⁷. Aunque

existen documentos que datan del siglo XVI, el auge de estas investigaciones se produce en la Cuenca de México y el desierto de Atacama cuatrocientos años después. Teniendo en cuenta la herencia de la cultura Inca sobre los "pozos de aire" que recolectan pasivamente la humedad ambiental gracias a la diferencia de temperaturas entre el día y la noche, comienza a metamorfosearse su apariencia hasta aproximarse a una "sábana tendida al viento".

En 1954, el doctor chileno Carlos Espinosa patenta el primer "atrapanieblas", al poner en consonancia un armazón cilíndrico y un entramado de hilos de nailon. En la década de 1960, los investigadores Robert Schemenauer y Pilar Cereceda diseñan un nuevo modelo que aumenta la ratio de agua captada, colocando una pantalla rectangular perpendicularmente a las masas de aire. Así nace el colector estándar comercializable -SCAN o Sistema de Captación de Agua de Niebla, también llamado SFC o *Standard Fog Collector*-, construido a partir de un armazón estructural, una malla filtradora y una canaleta. Dos postes de 3,00-4,00 m de altura fabricados con madera, acero o PVC rigidizado con una varilla interior, y sujetos al terreno con sendos contrapesos y un sistema de tensores de guaya y pernos para arriostrarlos, sostienen un marco rectangular de 1,00-6,00 m² a una altura entre 0,70-2,00 m, en donde se tensa el mallado plástico de filtración a través de cinchos o anclajes cada 15-20 cm (figura 6).

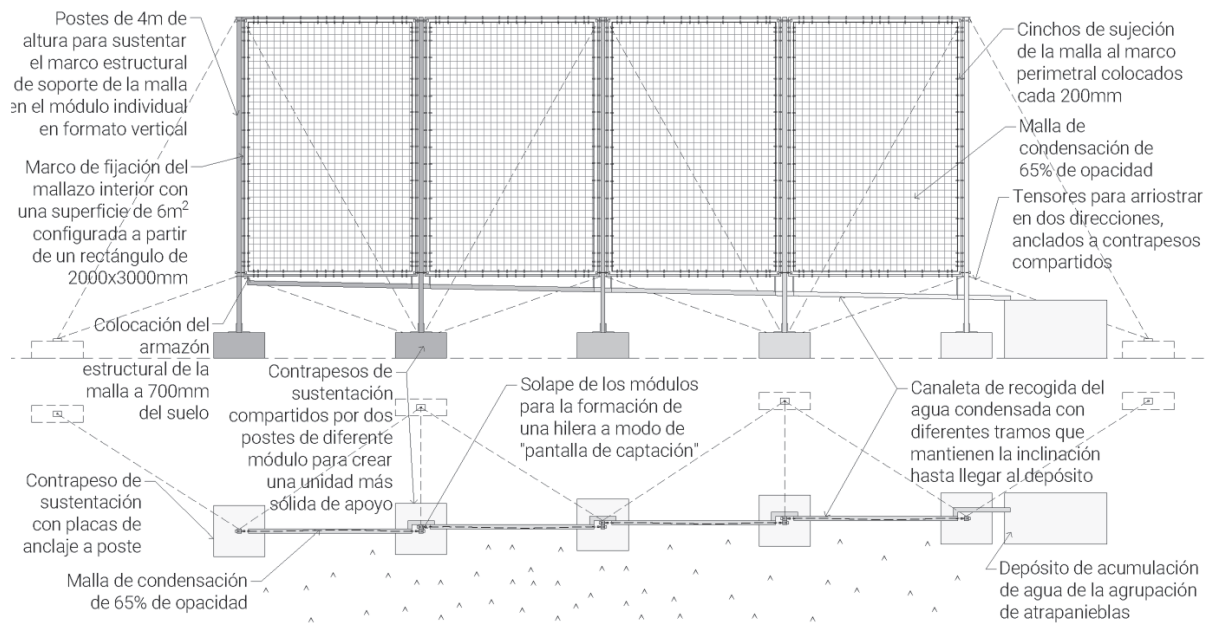
Un colector individual capta entre 3 y 5 litros al día por metro cuadrado, pero si se coordinan correctamente los parámetros de diseño ambientales y arquitectónicos,

14 ASOCIACIÓN ZABALKETA DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO. *Experiencias de captación de agua de niebla para reforestación* [en línea]. Bizkaia: Imprenta Garcinuño S. L., 2014 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: <https://zabalketa.org/archivos/publicaciones/libro-captacion-agua-niebla-reforestacion.pdf>.

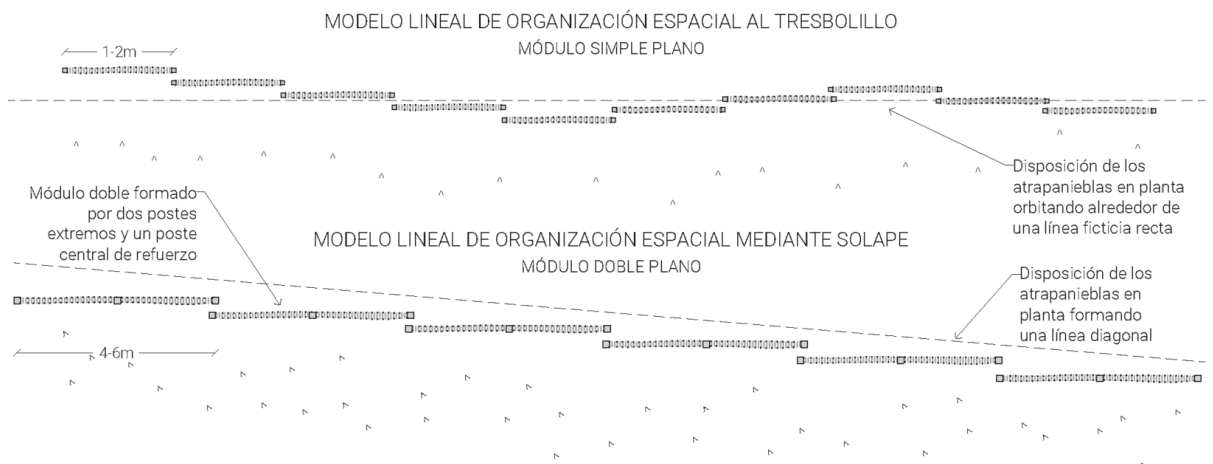
15 KLEMM, Otto et al. Fog as a fresh-water resource: overview and perspectives. En: *Ambio* [en línea]. Estocolmo: Royal Swedish Academy of Sciences, febrero 2012, vol. 41, n.º 3, pp. 221-234 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1654-7209. DOI: 10.1007/s13280-012-0247-8.

16 VERBRUGGHE, Nathalie; KHAN, Ahmed Z. Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. En: *International Journal of Low-Carbon Technologies* [en línea]. Oxford: Oxford University Press, marzo 2023, vol. 18, pp. 392-403 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1748-1325. DOI: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac129>.

17 La eficiencia aerodinámica es la capacidad de la malla para ser atravesada por el flujo de aire sin deformarse; la eficiencia de impacto se refiere a la capacidad de la malla para atrapar rápidamente las gotas de agua que pasan por ella; y la eficiencia de drenaje o escurrimiento se refiere a la cantidad de agua que es capaz de descender por capilaridad hasta la canaleta de recogida o depósito. RIVERA, Juan de Dios. Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. En: *Atmospheric Research* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, 2011, vol. 102, n.º 3, pp. 335-342 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.08.005>.



6



7

el rendimiento puede llegar a multiplicarse por diez. La clave recae en no colocar un solo atrapanieblas, sino en configurar una "fachada" que perfile la cresta de la montaña. Colocándose al tresbolillo orbitando alrededor de una línea ficticia, o bien mediante solape adquiriendo un

trazo diagonal (figura 7), se forma una red de dispositivos que trabajan conjuntamente como si se tratase de una gran vela que aprovecha la niebla en movimiento para ondearse, nada más que en lugar de generar desplazamiento, se opone resistencia para conseguir su



8

condensación. Así que, donde antes se encontraban los árboles eliminados por los incendios, ahora se yergue un bosque de atrapanieblas.

Es preciso tener en cuenta que no siempre existe una dirección de viento predominante, sino que son también frecuentes las corrientes convectivas. Si solo se disponen atrapanieblas planos, se pierde la posibilidad de interceptar parte de las partículas. Por ello, durante los años ochenta, los profesores Luis Santana Pérez y M.^a Victoria Marzol Jaén de la Universidad de La Laguna continúan perfeccionando el modelo comercializado, hasta que en 2008 se hace un avance sustancial de la mano del investigador Theo Hernando Olmo, dando la bienvenida al colector paralelepédico¹⁸ (figura 8). Cuadruplicando la superficie de la malla se crea una “caja de zapatos” donde quedan interceptadas las corrientes de niebla, permitiendo su lenta condensación hasta mejorar el rendimiento del prototipo individual.

También se intenta dar solvencia a otro de los condicionantes de diseño de estas arquitecturas del agua: la porosidad. Recurriendo nuevamente a la biomímesis, el proyecto “Life Nieblas” desarrollado en Gran Canaria instala un “colector de acículas”. Este artefacto consta de un armazón estructural inclinado 50° con respecto a la vertical, donde se sujetan travesaños de los que cuelgan hilos de acero que imitan las acículas del pino canario (figura 9). Esta especie de arpa o “peine metálico” permite que el aire circule sin generar apenas resistencia, capturando óptimamente las micropartículas de agua en suspensión¹⁹.

Por último, se recupera el diseño original del prototipo circular de Carlos Espinosa para combinarlo con mallas de iones metálicos y compuestos orgánicos -MOFs en su acrónimo inglés- y un pequeño reservorio biodegradable situado en su base llamado “cocoon”, con el fin de colocarlo a ras de suelo y asegurar un aporte de irrigación constante a un espécimen de repoblación concreto. La

18 MARZOL, María Victoria. Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). En: *Atmospheric Research* [en línea]. *Ámsterdam*: Elsevier, marzo 2008, vol. 87, n.º 3, pp. 352-361 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.019>.

19 GROH, Arnold. Highly effective fog-water collection with *Pinus canariensis*. En: *5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, 25-30 July 2010, Münster, Germany* [en línea]. Münster: University of Münster, 2010, p. 191 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://meetings.copernicus.org/fog2010/fogconference_2010_conference_book.pdf.

8. Colectores paralelepípedicos en el barranco de Valleseco en Gran Canaria.

9. Agrupación en hilera de colectores de acículas en Gran Canaria.



9

disposición de estos atrapanieblas en el territorio rompe la formación en hilera, situándose en diferentes estratos y al trespelillo, para facilitar en todo momento las dinámicas convectivas de intercepción²⁰ (figura 10).

La restauración del microclima se lleva a cabo a través de dos vías: desde un enfoque pasivo, el agua captada es acumulada en reservorios no estancos, para proporcionar una fuente de hidratación al entorno con la que reducir el riesgo de incendios; y activamente, el agua se transporta por canalizaciones a puntos concretos de reforestación. En definitiva, aprovechando la preexistencia de niebla en

movimiento, se obtiene un potencial mecanismo para la regeneración de áreas afectadas por la desertificación. Como ejemplo de implementación, se encuentran los diferentes tipos de colectores instalados desde 2021 en los barrancos de Valleseco, la Virgen y Andén en Gran Canaria, y los atrapanieblas que retienen el avance hacia el sur del desierto de Atacama en la reserva chilena de Coquimbo²¹.

GRANJAS DE AGRIVOLTAICA ANIMAL

La identificación de las granjas de agrivoltaica como arquitecturas del agua se comprende al valorar no solo

20 RITTER, A.; REGALADO, C.M.; GUERRA, J.C. Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). En: *Water* [en línea]. Basel: MDPI, 2015, vol. 7, n.º 7, pp. 3306-3319 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4441. DOI: <https://doi.org/10.3390/w7073306>.

21 En los barrancos de Gran Canaria se han "ordeñado" más de 100 000 litros para hidratar 25 000 árboles de laurisilva que recuperen la vegetación de Monteverde calcinada durante los incendios de 2019; en Coquimbo, 560 000 litros acumulados anualmente desde 2006 mantienen un millar de árboles endémicos como el quillay, peumo o guayacán. VIERA RUIZ, Gustavo. *Proyecto de Restauración Ambiental LIFE19 CCM/ES/001199* [en línea]. Gran Canaria: Gesplan, 2020 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://lifenieblas.com/sites/default/files/documentacion/2021/Action%20A.5%20EIA_LIFENIEBLAS%20-.pdf.

10. Colectores de niebla para la repoblación individual a pequeña escala en Gran Canaria.

11. Evolución de la organización de una planta fotovoltaica desde el esquema convencional al modelo de agrivoltaica animal.



10

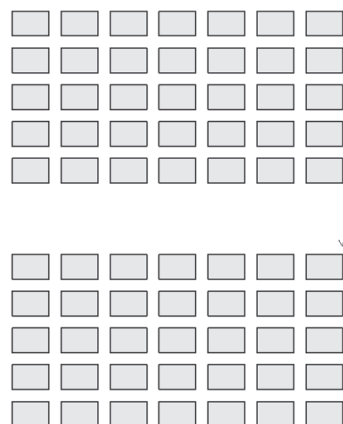
su lógica energética y agrícola, sino su funcionamiento como infraestructura capaz de manipular, conservar y redistribuir los ciclos higrorémicos en territorios áridos. Gracias al establecimiento de un circuito cerrado de evapotranspiración, el agua condensada en las superficies de los paneles por la sudoración y metabolismo vegetal y/o animal, cae hasta el sustrato hidratándolo.

El paisaje donde se desarrolla este tipo de prácticas también se caracteriza por una desertificación masiva,

pero esta vez por sobreproducción terrestre. El éxodo del campo a las ciudades tiene como consecuencia que se esté originando una merma considerable de las actividades del sector primario, a favor de un aumento de granjas fotovoltaicas. La expansión masiva de esta tecnología anula considerablemente la red de relaciones ecosistémicas que sí engendran los sistemas de cultivos²². Como contrapunto, en los últimos años se ha confirmado la viabilidad de combinar la producción de alimentos y

²² Tiende a generarse pérdida de biodiversidad y capacidad productiva del suelo, pérdida de servicios ecosistémicos como la polinización y atenuación del cambio climático, y pérdida de fuentes económicas para la vida rural. CHATZIPANAGI, A.; TAYLOR, N.; JAEGER-WALDAU, A. *Overview of the Potential and Cha-*

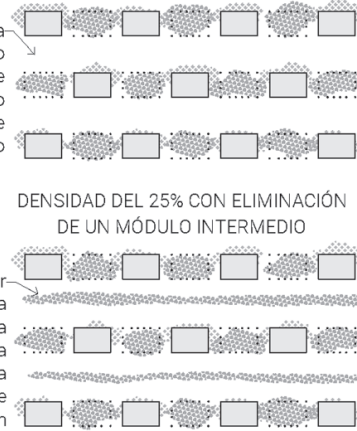
MODELO TRADICIONAL DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL RETÍCULA ORTOGONAL DE ALTA DENSIDAD



ALTERNATIVA LINEAL DE AGRIVOLTAICA DENSIDAD DEL 65% CON ESPACIADO DE 1/2 MÓDULO ENTRE FILAS



ALTERNATIVA A TRESBOLILLO DENSIDAD DEL 35% CON ELIMINACIÓN DE UN MÓDULO INTERMEDIO



11

energía en un mismo punto, tomando como referente el sistema agroforestal del intercultivo²³. Este se basa en la asociación en una misma parcela de hileras de bajo y alto porte, es decir, de árboles y cultivos. Si ahora dichos árboles se sustituyen por filas de paneles fotovoltaicos manteniendo las líneas de cultivos, se obtiene un modelo de producción compartida agrotecnológica. En 1982, los alemanes Adolf Goetzberger y Armin Zastrow inician las investigaciones en este campo²⁴, que continúa el ingeniero Christian Dupraz hasta combinar intencionadamente los términos agricultura y fotovoltaico creando la contracción “agrivoltaico”²⁵. Los primeros experimentos exitosos de producción concomitante agrícola-eléctrica se realizan en Montpellier en 2010, demostrando que el sombreado de cultivos por paneles tiene un efecto positivo para ambos agentes, gracias a que se crea un microclima estable por el ciclo de aprovechamiento de la humedad. Si se incluye la actividad ganadera en esta ecuación, la agrivoltaica transmuta de nombre a “pastoreo solar”, y si se

combinan todas ellas, se termina designando al sistema como “agrivoltaica animal”.

Para una producción en exclusiva de energía eléctrica, únicamente es necesaria la presencia de hileras de paneles conectados entre sí, pero si se añaden actividades agrícolas y/o ganaderas, el conjunto exige adoptar una estrategia de diseño espacial en forma de red (figura 11). Para fomentar la heterogeneidad de las funciones ecológicas, hay que pautar la correcta interrelación de los dos parámetros que determinan la densidad de una instalación: la altura de los paneles con respecto al suelo -que aumenta a 1,10-2,10 m²⁶-, y el interje o separación entre hileras -que se dilata a los 2,40-3,20 m, llegando en ocasiones a alcanzar los 4,80 m- (figura 12).

Generar una simbiosis tecnopastoralista entre artificio y naturaleza, consigue la no anulación del suelo sobre el que se implanta la infraestructura fotovoltaica, al tiempo que contribuye a la rehabilitación de los ciclos ecosistémicos locales. Al igual que sucede con

Ilenges for Agri-Photovoltaics in the European Union [en línea]. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2023 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC132879/JRC132879_01.pdf.

23 WANG, H. X. et al. Simulación del uso compartido del terreno agrícola por paneles solares fotovoltaicos y cultivo. En: F. Javier GARCÍA-RAMOS y Pablo MARTÍN-RAMOS, eds. *X Congreso Ibérico de Agroingeniería* [en línea]. Huesca: Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza, 2019, pp. 218-224 [consulta: 15-09-2025]. ISBN 978-84-16723-79-9. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.26754/uz.978-84-16723-79-9>.

24 GOETZBERGER A.; ZASTROW A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. En: *International Journal of Solar Energy* [en línea]. Londres: Taylor & Francis, febrero 2007 (1982), vol. 1, n.º 1, pp. 55-69 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1478-646X. DOI: <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>.

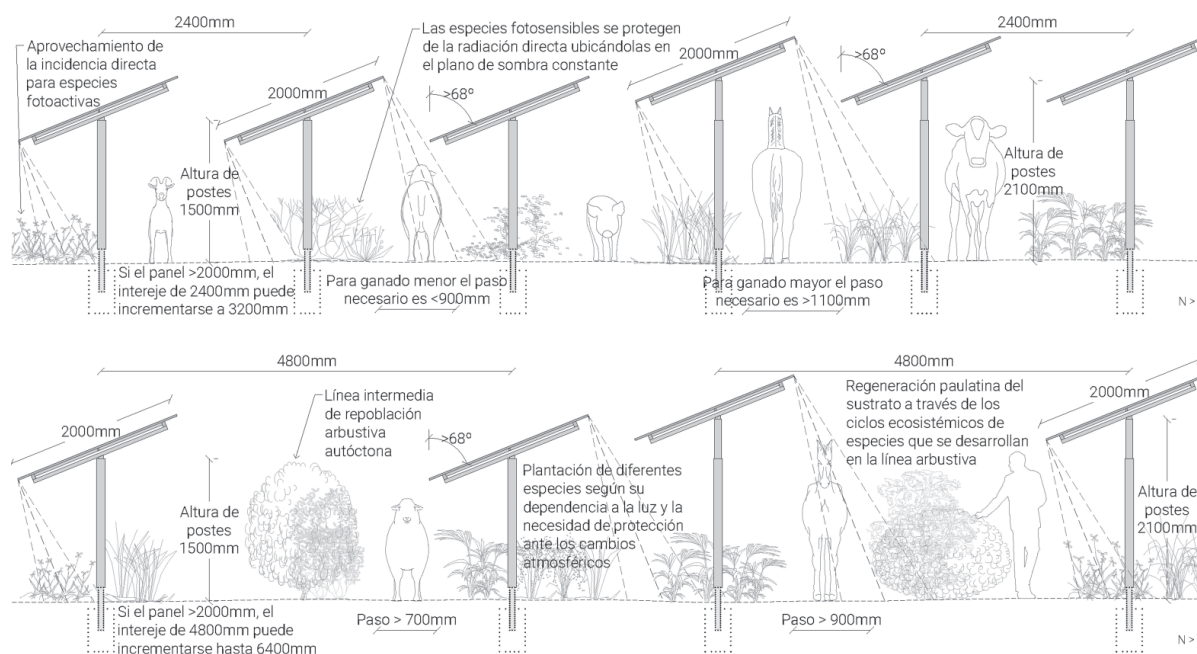
25 DUPRAZ, C. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. En: *Renewable Energy* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, octubre 2011, vol. 36, n.º 10, pp. 2725-2732 [consulta: 15-09-2025]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.

26 Generalmente, se utiliza ganado ovino, caprino y porcino para no superar nunca la altura de la instalación, pero también puede recurrirse a la presencia ocasional de algunos ejemplares vacunos o equinos en fase de cría. SOTO-GÓMEZ, Diego. Integration of Crops, Livestock, and Solar Panels: A Review of Agrivoltaic Systems. En: *Agronomy* [en línea]. Basel: MDPI, agosto 2024, vol. 14, n.º 8, p. 1824 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4395. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>.

12. Disposición de los paneles fotovoltaicos según las variaciones de altura e interje.

13. Relaciones ecosistémicas que dan lugar a la creación de un microclima estable de temperatura y humedad.

14. Ganado ovino pastando a la sombra de plantaciones agrivoltaicas en Sevilla.



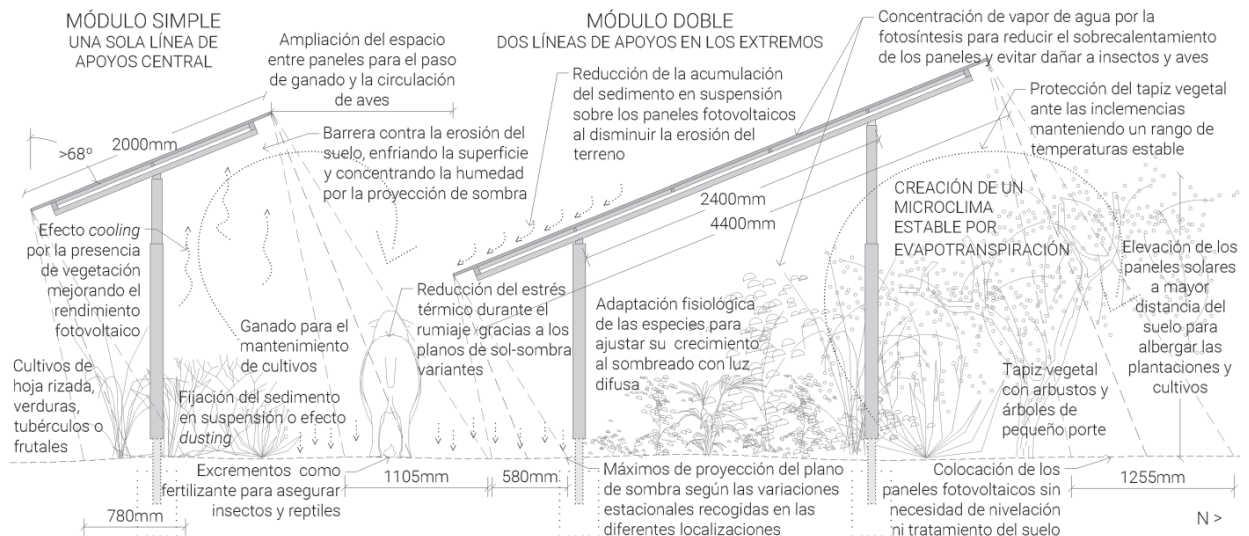
12

los atrapanieblas y las esferas de arrecife, incluir un artefacto tridimensional aparentemente ajeno al entorno natural logra, paradójicamente, dar una segunda vida al paisaje degradado y mejorar los rendimientos de captación solar. Poner en relación la estaticidad de las estructuras fotovoltaicas y el dinamismo de las especies vegetales y animales, crea una especie de microclima de invernadero gracias a que la sombra que proyectan los paneles enfría las temperaturas superficiales del plano del suelo, aumentando la concentración de humedad y fomentando la evapotranspiración²⁷ (figura 13). Las especies se benefician de la sombra y protección que proporcionan las hileras y no de la exposición directa al sol que quema las hojas e incrementa la temperatura del ganado, reduciendo los indicadores de estrés térmico en verano y manteniendo el confort en invierno

(figura 14). Esto hace que terrenos no aptos para el cultivo puedan convertirse en fértiles tras la instalación de los paneles -opuestamente de como sucede en el modelo de instalación tradicional-.

El ganado recupera también la labor de polinización perdida, distribuyendo esporas y semillas mientras reduce el efecto *dusting* de forma más efectiva que los métodos de mantenimiento mecánicos: por un lado, se fija el sedimento en suspensión debido a esa hidratación del sustrato que provoca la proyección del plano de sombra y, por otro lado, el tránsito de animales ayuda a conservar limpias las superficies fotovoltaicas de la acumulación de partículas que merman su captación. Además, es el propio ganado el que sana las plantaciones de posibles malas hierbas o especies invasivas que crean cierta "sombra de panel" que

27 HASSANPOUR ADEH, E.; HIGGINS, C.W.; SELKER, J.S. Remarkable solar panels Influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. En: PLoS ONE [en línea]. California: Public Library of Science (PLOS), noviembre 2018, vol. 13, n.º 11, e0203256 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1932-6203. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.



13



14

15. Plantaciones de cultivos bajo paneles fotovoltaicos en Murcia.



15

impide alcanzar el máximo rendimiento, y aumentan el riesgo de incendio por “efecto lupa”²⁸. Por último, el microclima higratérmico construido influye directamente en la eficacia de la producción de energía: gracias a la evaporación del agua que proporcionan las plantas al realizar la fotosíntesis (figura 15), se produce un enfriamiento constante localizado -también llamado efecto *cooling*-, que reduce las altas temperaturas de los paneles que actúan en detrimento de su eficiencia.

De forma similar a los casquetes de arrecifes, las granjas de agrivoltaica animal añaden mayor

heterogeneidad a los ritmos ecosistémicos en múltiples niveles: en primer lugar, los paneles fotovoltaicos aportan una estructura física al entorno como toldo bajo el cual albergar una gran diversidad botánica; en segundo lugar, la presencia de vegetación concentra el vapor de agua bajo los paneles, provocando una reducción significativa de su temperatura superficial y evitando dañar a aves o insectos por sobrecalentamiento; y en tercer lugar, aumentar el interceje para el paso del ganado permite a las aves transitar con libertad, reduciendo considerablemente su índice de mortalidad. Así lo confirman las granjas de Carmona, Totana o Guadamur, o las del

28 WESELEK, Alex. et al. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development* [en línea]. París: INRAE, junio 2019, vol. 39, n.º 35 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1773-0155. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.

Domaine de Nidolères y Monticelli d'Ongina, además de las nueva-zelandesas de Taupō y Canterbury, o la cooperativista de Qinghai.

CONCLUSIONES PARA UN MODELO DE ACTUACIÓN

El gran desafío de estas estrategias ideadas para regenerar zonas degradadas por desequilibrios relacionados con la actividad antropocéntrica, es configurar un modelo de recuperación ambiental replicable en otros contextos. Recurrir a fuentes no convencionales más ligadas a la tecnología que a la propia naturaleza para construir artefactos que permitan suplir la captación de agua tradicional y reducir la escasez hídrica del territorio que disminuye los ritmos ecosistémicos, representa una oportunidad viable con la que comenzar a hablar de una latente reconciliación. Y en este sentido, tanto las esferas de arrecife como los colectores de niebla y sistemas de agrivoltaica animal, personifican tres potenciales mecanismos para promover un patrón de actuación verídico.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los condicionantes de contorno determinan el funcionamiento y morfología de cada una de estas arquitecturas, por lo que es necesario un protocolo de actuación pormenorizado. Con el fin de que los tres artilugios ingenieriles se involucren en los ritmos metabólicos locales y reactiven el ecosistema, debe acogerse una materialidad, dimensión y disposición específicas, que no implica poder solventar otros desequilibrios diferentes. No obstante, existe un punto común en las leyes de ordenación territorial. Aunque cada artefacto se basa en la biomímesis para determinar los rasgos de su arquitectura, las estrategias de implantación configuran agrupaciones, sistemas o redes que toman como referencia los modelos urbanísticos de organización histórica para formar conjuntos, hileras o retículas. Esta traslación de la arquitectura al territorio y viceversa, es la que precisamente encauza la simbiosis antroponatural, mostrando un abanico de espacios performativos de morfología variable. A fin

de cuentas, un paisaje no se define solo por su riqueza natural, sino por la memoria, identidad y resiliencia creada por interacción.

Pese a todo, la inserción de estos artefactos plantea una serie de tensiones entre innovación tecnológica, restauración ecológica y preservación cultural, que exigen una valoración crítica de la estrategia de implementación. La inserción de esferas para restaurar hábitats coralinos diezmados debe fundamentarse en estudios previos para no alterar la morfología perceptual del fondo marino²⁹. Gracias a que estos artefactos replican la fisionomía de un arrecife natural, se consigue mermar considerablemente esta afección. En el caso de los atrapanieblas colocados en los Andes o sierras canarias, es necesaria una gestión comunitaria para evitar el abandono de las infraestructuras o el surgimiento de conflictos por el reparto del agua. Además, es preciso subrayar que los atrapanieblas se instalan como estructuras temporales que son retiradas sin dejar residuo cuando cesa el desequilibrio, para precisamente no provocar un permanente impacto visual. Por último, es fundamental variar la densidad, altura y orientación de los paneles de las granjas agrivoltaicas para evitar transformar radicalmente la lectura del territorio rural³⁰. Aunque la recuperación del suelo prima por encima del impacto socio-cultural, es recomendable incluir especies vegetales autóctonas en los perímetros de las plantaciones, e involucrar a agricultores y pastores locales en su gestión, además de monitorizar los servicios ecosistémicos.

La clave del éxito compartido es estas estrategias de implantación se basa, esencialmente, en el entendimiento y manipulación de una única variable: el agua -ya sea en estado líquido o en vapor-. Este recurso se convierte en un constatado proactivo para la construcción de equilibrios intencionados en el paisaje, gracias a que permite crear entrelazamientos tangibles entre los polos de la ecuación antroponatural. Conseguir que cada artefacto se adapte a las especificaciones del contexto, cualifica la calidad del paisaje no solo por su

29 Especialmente en zonas donde la actividad pesquera o submarina forma un imaginario consolidado.

30 Este tiende a homogeneizarse por la repetición infinita de módulos fotovoltaicos o la reducción del número de corredores ecológicos.

capacidad de absorber una intervención sin conflicto, sino porque esa intervención se convierte en un nuevo relato integrado en el espacio codificado culturalmente por la interacción antroponatural. En definitiva, la consonancia instaurada genera tal beneficio recíproco que

hace que sea indispensable la presencia de dichas arquitecturas para que la dinámica estabilizadora pueda perdurar en el tiempo, y se asegure la supervivencia del propio ecosistema si dichos desequilibrios vuelven a resurgir.■

Financiación.

Este trabajo ha sido realizado dentro el marco del -.

Agradecimientos:

a las enriquecedoras aportaciones de los revisores, al trabajo del equipo editorial, y al amparo de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Bibliografía citada

ASOCIACIÓN ZABALKETA DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO. *Experiencias de captación de agua de niebla para reforestación* [en línea]. Bizkaia: Imprenta Garcinuño S. L., 2014 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: <https://zabalketa.org/archivos/publicaciones/libro-captacion-agua-niebla-reforestacion.pdf>.

BARRIOS GARCÍA, José. La imagen del Garoé en la literatura y la cartografía. Apuntes para un catálogo cronológico (1572-1924). En: Francisco MORALES PADRÓN, coord. *XVIII Coloquio de Historia canario-americana* [en línea]. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria, 2010, pp. 1690-1698 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: <https://revistas.grancanaria.com/index.php/CHCA/article/view/9020/8460>.

BELLWOOD, D.R. et al. Confronting the coral reef crisis. En: *Nature* [en línea]. Berlín: Springer Nature, junio 2004, vol. 429, pp. 827-833 [consulta: 15-05-2025]. ISSN-e 1476-4687. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02691>.

BOHNSACK, J. A. Habitat structure and the design of artificial reefs. En: S. BELL; E. MCCOY y H. MUSHINSKY, eds. *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*. Nueva York: Chapman and Hall, 1990, pp. 412-426. ISBN 0-412-32270-6.

BRACHO-VILLAVICENCIO, C.; MATTHEWS-CASCON, H.; ROSSI, S. Artificial Reefs around the World: A Review of the State of the Art and a Meta-Analysis of Its Effectiveness for the Restoration of Marine Ecosystems. En: *Environments* [en línea]. Basel: MDPI, julio 2023, vol. 10, n.º 7, p. 121 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 2076-3298. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10070121>.

CHATZIPANAGI, A.; TAYLOR, N.; JAEGER-WALDAU, A. *Overview of the Potential and Challenges for Agri-Photovoltaics in the European Union* [en línea]. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2023 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC132879/JRC132879_01.pdf.

DUPRAZ, C. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. En: *Renewable Energy* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, octubre 2011, vol. 36, n.º 10, pp. 2725-2732 [consulta: 15-09-2025]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.

GOETZBERGER A.; ZASTROW A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. En: *International Journal of Solar Energy* [en línea]. Londres: Taylor & Francis, febrero 2007 (1982), vol. 1, n.º 1, pp. 55-69 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1478-646X. DOI: <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>.

GROH, Arnold. Highly effective fog-water collection with *Pinus canariensis*. En: *5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, 25-30 July 2010, Münster, Germany* [en línea]. Münster: University of Münster, 2010, p. 191 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://meetings.copernicus.org/fog2010/fogconference_2010_conference_book.pdf.

HASSANPOUR ADEH, E.; HIGGINS, C.W.; SELKER, J.S. Remarkable solar panels Influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. En: *PLoS ONE* [en línea]. California: Public Library of Science (PLOS), noviembre 2018, vol. 13, n.º 11, e0203256 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1932-6203. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.

- HYLKEMAA, Alwin et al. The effect of artificial reef design on the attraction of herbivorous fish and on coral recruitment, survival and growth. En: *Ecological Engineering* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, enero 2023, vol. 188 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106882>.
- KLEMM, Otto et al. Fog as a fresh-water resource: overview and perspectives. En: *Ambio* [en línea]. Estocolmo: Royal Swedish Academy of Sciences, febrero 2012, vol. 41, n.º 3, pp. 221-234 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1654-7209. DOI: [10.1007/s13280-012-0247-8](https://doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8).
- LANDETA AUES, Fernando; AQUEVEQUE TORRES, Jorge. Arrecifes artificiales: Un imperativo medioambiental. En: *Revista de Marina* [en línea]. Valparaíso: Museo Naval, agosto 2023, año CXXXVIII, vol. 141, n.º 995, pp. 71-79 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0034-8511. Disponible en: <https://revistamarina.cl/es/download/arrecifes-artificiales-un-imperativo-medioambiental>.
- MARZOL, María Victoria. Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). En: *Atmospheric Research* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, marzo 2008, vol. 87, n.º 3, pp. 352-361 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.019>.
- PEROG, Bryce D. et al. Shell cover, rugosity, and tidal elevation impact native and non-indigenous oyster recruitment: Implications for reef ball design. En: *Ecological Engineering* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, julio 2023, vol. 192, p. 106969 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106969>.
- PIAZZA, B.P.; BANKS, P.D.; LA PEYRE, M.K. The potential for created oyster shell reefs as a sustainable shoreline protection strategy in Louisiana. En: *Restoration Ecology* [en línea]. Tucson: Society for Ecological Restoration, agosto 2005, vol. 13, n.º 3, pp. 499-506 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1526-100X. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x).
- RITTER, A.; REGALADO, C.M.; GUERRA, J.C. Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). En: *Water* [en línea]. Basel: MDPI, 2015, vol. 7, n.º 7, pp. 3306-3319 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4441. DOI: <https://doi.org/10.3390/w7073306>.
- RIVERA, Juan de Dios. Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. En: *Atmospheric Research* [en línea]. Ámsterdam: Elsevier, 2011, vol. 102, n.º 3, pp. 335-342 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.08.005>.
- SEAMAN, William Jr. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. En: *Hydrobiologia* [en línea]. Ámsterdam: Springer, abril 2007, vol. 580, n.º 1, pp. 143-155 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1573-5117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0457-9>.
- SHERMAN, R.L.; GILLIAM, D.S.; SPIELER, R.E. Artificial reef design: void space, complexity, and attractants. En: *ICES Journal of Marine Science* [en línea]. Oxford University Press, febrero 2002, vol. 59 (supl.), pp. 196-200 [consulta: 15-09-2025]. ISSN 1095-9289. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1163>.
- SOTO-GÓMEZ, Diego. Integration of Crops, Livestock, and Solar Panels: A Review of Agrivoltaic Systems. En: *Agronomy* [en línea]. Basel: MDPI, agosto 2024, vol. 14, n.º 8, p. 1824 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4395. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>.
- VERBRUGGHE, Nathalie; KHAN, Ahmed Z. Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. En: *International Journal of Low-Carbon Technologies* [en línea]. Oxford: Oxford University Press, marzo 2023, vol. 18, pp. 392-403 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1748-1325. DOI: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac129>.
- VIERA RUIZ, Gustavo. *Proyecto de Restauración Ambiental LIFE19 CCM/ES/001199* [en línea]. Gran Canaria: Gesplan, 2020 [consulta: 15-09-2025]. Disponible en: https://lifenieblas.com/sites/default/files/documentacion/2021/Action%20A.5%20EIA_LIFENIEBLAS%20-.pdf.
- WANG, H. X. et al. Simulación del uso compartido del terreno agrícola por paneles solares fotovoltaicos y cultivo. En: F. Javier GARCÍA-RAMOS y Pablo MARTÍN-RAMOS, eds. *X Congreso Ibérico de Agroingeniería* [en línea]. Huesca: Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza, 2019, pp. 218-224 [consulta: 15-09-2025]. ISBN 978-84-16723-79-9. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.26754/uz.978-84-16723-79-9>.
- WESELEK, Alex. et al. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development* [en línea]. Paris: INRAE, junio 2019, vol. 39, n.º 35 [consulta: 15-09-2025]. ISSN-e 1773-0155. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.

Ana Patricia Minguito (Madrid, 1995); arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid desde 2018, con Másteres en Arquitectura y Urbanismo y en Proyectos Arquitectónicos Avanzados en 2019 y 2020. Profesora ayudante-mentora en Proyectos Arquitectónicos de Grado y Máster entre 2019-2022 y profesora ayudante-investigadora en el Departamento de Composición desde 2022 en la ETSAM. Ha publicado en medios especializados como AhAU (*Ciudad y naturaleza*, 2024), ZARCH (n.23, 2024), Constelaciones (n.12, 2024), REIA (n.23, diciembre 2023), JIDA (n. 9 y 12, 2021 y 2024) o INCUNA (2019), y organizado actividades como los Seminarios de Investigación en Historia Medioambiental de la Arquitectura "SIHMA" (2023-2025) y los ciclos de conferencias "¿Para qué sirve la Historia?" (2022-2024). En 2023 es invitada como Research-Teaching Fellow por la Tulane School of Architecture de New Orleans.

TRES ARQUITECTURAS DEL AGUA PARA UNA RECONCILIACIÓN ANTROPONATURAL EN EL PAISAJE THREE WATER ARCHITECTURES FOR AN ANTHROPONATURAL RECONCILIATION IN THE LANDSCAPE

Ana Patricia Minguito García (ORCID: 0000-0003-4117-6400)

p.141 THREE LANDSCAPES IN IMBALANCE

Water is one of the traditional materials which shape the anthropocentric habitat, whether in the primitive cabins providing shelter from the rain, as illustrated by Laugier, or in the murmurs which offer hygrothermal regulation in the Generalife. This interdependence is heightened in "landscape architecture", where water goes from being an auxiliary resource to become the main variable for the design and construction process. Not only does this determine the context conditions which affect the integration of the architecture, it also influences morphology, and adapts it to the local pace of the ecosystems.

Current climate instability further highlights this relationship, making water the main element for countering the rapid increase in temperatures and droughts, an even more precious asset if possible. These changes have also resulted in a threat to the existence of the water itself, erasing aquifers and polluting oceans through overexploitation. In order to counter the imbalances stemming from this paradox, contemporary architectural strategies have arisen which can act positively in the surrounding landscape. Among these it is worth highlighting three actions linked to three ecosystem imbalances in three different landscape contexts. The common link for all these is simply the use of water as a means of restoring anthroponatural coexistence.

In marine environments near the coast, communities of concrete balls are introduced to the sea bed, creating a series of artificial reefs which the ecosystem ultimately adopts as its own, and halting the destruction of the coral reefs caused by the acidification of the water and blast fishing. Furthermore, some coastline mountain profiles are crowned with new permeable façades which intercept fog to produce water droplets for hydrating deforested areas. Finally, on the degraded soil of inland moors, once used exclusively for agriculture and livestock and now occupied by photovoltaic plantations, a positive coexistence of both uses is achieved thanks to the creation of a stable microclimate through evapotranspiration.

Beyond their diverse techniques and contexts, both examples share a conceptual reasoning which views water as a metabolic agent and the driving force of resilience. This change is a response to the challenges of the Anthropocene, linking the concepts of "slow infrastructure" and "water-sensitive design" supported by Shannon Mattern, John Tillman

p.142 Lyle and Rosi Braidotti to promote a redesign of the limits of the discipline, actively benefitting reconciliation with the environment. Landscape architecture must operate on a long-term scale in order to successfully become part of local hydrological flows, instead of merely interrupting or simplifying these. Therefore, the systems for the three architectural devices bear closer relation to the water cycle for recovering damaged habitats and mitigating anthropic and climate impact. This explains why, rather than opting for a common formalist solution, each of these devices is formulated as an open framework which can be adapted to the surrounding conditions. These "proactive tools" eventually act as the nucleus for the activation of a stable relationship network, becoming mediators between the natural ecosystem and human life.

A work methodology combining photographs and analytical fieldwork shows how these mediation dynamics work. This experience is complemented with specialist sources providing a context for each action in the landscape, recording its antecedents and challenges to achieve a greater understanding of the role of water. The results obtained are organised according to a single structural classification to pinpoint the causes of the ecosystem imbalance which have led to the introduction of each device. This establishes the main key points for the constitution of an environmental restoration model using water as a mechanism to construct tangible symbiosis in the landscape.

CENOTAPHS FOR REEFS

Coral is one of the main foundations of the marine food chain, the element on which reefs are built given its role for connecting different species. Without coral there are no reefs, and without these, the architecture of the habitat cannot be built. However, these settings have reached a major turning point, as more than half of the world's coral communities are under permanent threat. Although this cannot be reversed, the progressive degradation can be halted, incorporating a regeneration strategy which gradually restores balance.

The main cause of imbalance is the warming and acidification of oceans. Greenhouse gas emissions, together with the pollution caused by lucrative blast fishing which seriously harms the ecosystem, increase water temperatures and bleach the coral. In fact, the greatest extent of its destruction is not found in the fish specimens *per se*, but in the coral system itself. This degradation is so widespread that it prevents the reef from regenerating on its own, making external intervention and management necessary¹.

In addition to the reinforced concrete structures which shape the coasts at will, another type of artificial reef has been engineered as a tool for the active restoration of these damaged ecosystems². The key to this paradigmatic shift is biomimicry: the ability to replicate a three-dimensional coral structure on a rocky bed³. Thus, the resulting habitat is not purely artificial despite being the product of an anthropocentric strategy. For this, it is essential to design architectural tools in keeping with surrounding conditions, as reported in the studies conducted between 1990 and

2020⁴. Only thus did the benthic blocks introduced as freestanding spherical pieces into the sea bed become a direct part of the physical, biological, ecological, and socio-economic processes of the ecosystem, functioning as just another component. **p.143**

The precursor of this strategy can be traced to traditional Filipino fishing methods, based on the interweaving of rocks and submerged timber to build weirs in shallow tidal waters⁵. These weirs become objects which concentrate activity when fish and crustaceans absorb their structure as a breeding habitat protected from predators and other harmful fishing practices. In 1993, with this legacy in mind, researchers from the University of Georgia encouraged the construction of concrete balls with perimeter perforations forming interconnected cavities and imitating the shape of the structure of natural reefs⁶. The glass bottles used to manufacture the homemade explosives for blast fishing went on to become formwork moulds for these openings. As a result, the element which initially destroyed the coral ecosystem is now viewed as a resource to promote its recovery.

The basic design of these reef balls is a sphere with a 60-130 cm diameter⁷ (figure 1), which changes shape in order to more faithfully reproduce the functional structure of a reef, speeding up regeneration. One of these transformations revolves around their material form. The original sphere is built with an aggregate mix of different particle sizes which are locally available: lime, sand, volcanic ash, and Portland cement. However, this composition can become toxic for some species upon contact with the corrosive marine environment. Therefore, additives are incorporated to reduce the pH of the mix to match the neutral alkalinity of the sea water, thus ensuring structural compatibility⁸. Furthermore, no steel reinforcement of any sort is used to guarantee durability, although plant fibres or mollusc shells can be added to increase surfaces for species to grip⁹. **p.144**

Another remarkable alteration is the unique design of the envelope. Perforations are distributed along the perimeter on the upper hull, while 70% of the mass is found on the lower part of the sphere, ensuring its stability. Although the main objective is to lower the centre of gravity, the design facilitates the adherence of species and the connections between them. Different opening sizes are gradually introduced by replacing the plastic material with fibreglass, while inflatable elements replace glass bottles. Hulls generally feature 18 holes with different diameters following a coherent pattern with equal distances, interconnected through a large central opening which provides shelter to larger species. Finally, a third alteration is the frequent addition of a corrugated treatment on the inner face of the formwork to produce different rugosities on the surface of the ball, allowing a greater capacity for grip. Consequently, the original sphere also evolves to change shape in the form of basins with handles, trapezoidal prisms or stratification.

These spheres are not designed to ensure the reintroduction of a specific species, but rather to restore the habitat, allowing it the freedom to manage this. Each reef ball operates as a community in and of itself, but if species from different balls interact, this results in a "neighbourhood" which speeds up the recovery of the global ecosystem. To do so, these reef balls produced in workshops are deposited on the sea bed forming "reef blocks" of four or five pieces, placed at prudent distances to form a commune (figure 2). This results in the establishment of up to four scales of interaction: as an object, each concrete ball provides a medium for installing coral and fixing the sandy substratum; as a complex, a station is established for shelter and fertilisation within the migration cycle of different species; on a neighbourhood scale, the geometric and hydrodynamic properties of the reefs prevent them from being shifted by tidal movements, mitigating the erosion of the low coast; and at district level, these artificial reefs operate as veritable CO₂ sumps¹⁰ (figure 3).

In short, as well as aiding the propagation of coral, the construction of these water structures enables the regeneration of complete reefs and increases the amount of local biomass, while simply operating as a meeting point. Thus, although the cause of the imbalance is anthropocentric, so is the implementation of a restoration measure, which is in fact manufactured in concrete, a characteristically anthropocentric material and the most suitable solution. It is worth highlighting the regeneration strategy promoted by the Subutuni community in Tanzania to counter blast fishing, increasingly prevalent since the 1980s, as well as the strategies developed in the Chilean coves of Quintay and Maitencillo between 2013 and 2017, and that of Malvarrosa beach in Valencia in 2014¹¹. **p.146**

FOG COLLECTOR FAÇADES

As liminal spaces between sea and land, we find territories for attenuation facing their own imbalance due to a lack of hydration. The disappearance of reservoirs and aquifers caused by the rising temperatures is accompanied by a sharp rise in forest fires which, together with uncontrolled felling and widespread abrasive agricultural activities, contributes to increasing desertisation of the soil, destroying the cover of timber and shrubs. However, the unique characteristics of this border territory can transform weaknesses into opportunities to halt this erosion: the presence of moving fog banks (figure 4).

Vegetation, the first known passive collector of fog water, is the basic element of the functional structure of the terrestrial ecosystem. On the island of El Hierro, this natural phenomenon has been known for over 2000 years using **p.147**

olive trees and Garoé or linden trees, which the early inhabitants of the island, *bimbaches*, considered vital to their survival. The operation of these “trees which distil water” is simple: when fog collects in the dense treetops forming a “cloud” it condenses upon contact with the surface of the leaves, sliding down the stems to the ground where it is collected in a pool, pitcher or saddlebag¹². Just as Don Quixote’s “windmills” evolved into aerogenerators which use wind energy to produce electricity, these pitchers are transformed into artefacts known as fog collectors which can intercept water particles in movement.

The key to successfully incorporating fog collectors lies in the alignment of three types of phenomena: a “dynamic or advection fog” caused by the shift of a warm and humid air mass over the cold surface of the sea¹³; an “orographic fog” produced by the adiabatic cooling of the humid air mass travelling up the mountain profile, the Foehn effect; and a “static or radiation fog” created when the air humidity is dissipated in a process similar to that of dew (figure 5). In other words, when the humidity-charged trade winds rise along the coastal ridges following daily atmospheric heating from the Atlantic or Pacific Oceans, reaching an altitude of 300-800 m, there is a thermal inversion in the layers of air closest to ground level. This in turn leads to a decrease in the initial 25-35 km/h due to the change in density caused by cold air reaching the lowest levels, giving rise to the precipitation of a sort of driving rain¹⁴.

The architecture of a fog collector is designed to function as an exterior cooling machine, tasked with lowering the air temperature in order to condense the water found within it. This work dynamic is again based on biomimicry, as it imitates the catchment system of trees, but replaces the flat sheet or plant limbo with plastic mesh to intercept the fog. When this fog is dragged by the wind, the 1-40 μm thick¹⁵ microparticles saturating the ambient air strike the threads of the mesh, accumulating until they are sufficiently dense to form droplets. At this point they become so heavy that they fall due to capillarity, travelling down the petiole of the leaf. Subsequently, gravity causes them to reach the base of the structure, feeding the roots or the PVC or galvanised steel U-bend of the storage deposits¹⁶.

In order for this process to perform viably a specific structural geometry must be adopted, as the volume of water gathered by a fog collector is fully dependent on its efficiency in terms of aerodynamics, impact, and drainage¹⁷. While the existence of fog collectors is documented as far back as the 16th century, research into these became particularly prominent four centuries later, in the Basin of Mexico and the Atacama Desert. Bearing in mind the legacy of Inca culture for the “air wells” which passively collect ambient humidity, and taking advantage of the difference between daytime and night-time temperatures, they began to resemble “sheets hanging in the wind”.

In 1954, Chilean doctor Carlos Espinosa patented the first “fog collector”, combining a cylindrical structure and a nylon thread mesh. In the 1960s, researchers Robert Schemenauer and Pilar Cereceda designed a new model which increased the ratio of water collected, by placing a rectangular screen perpendicular to air masses. Thus, the commercialisable standard collector, also known as SFC or Standard Fog Collector, was born, built with a structural framework, a filter mesh and a collection channel. Two posts 3.00-4.00 m high made of timber, steel or PVC with an inner rod reinforcement were secured to the ground using counterweights on each, with a system of cable tensors and bolts to brace them. These support a 1.00-6.00 m² rectangular frame at a height of 0.70-2.00 m, where the plastic filtering mesh is tensed, anchored or zip tied 15-20 cm apart (figure 6).

An individual collector gathers between 3 and 5 l/m² a day but, if environmental and architectural design parameters are coordinated correctly, performance can increase tenfold. The key to this is not limiting the installation to a single collector, but rather building a “façade” which follows the mountain ridge. These are placed in a triangular layout orbiting a fictitious line, or overlapping to form a diagonal outline (figure 7), creating a network of devices working jointly and flying like a large sail powered by moving fog. Instead of generating movement, resistance is created to achieve condensation. Thus, the space previously occupied by trees destroyed by fires now hosts a forest of fog collectors.

It should be borne in mind that there is not always a predominant wind direction and convective currents are also frequent. If only flat fog collectors are available, it is no longer possible to intercept a fraction of the particles. Therefore, in the 1980s, Professors Luis Santana Pérez and M.^a Victoria Marzol Jaén from the University of La Laguna continued to perfect the commercially available model. In 2008, substantial advances were made by researcher Theo Hernando Olmo, and the parallelepiped collector¹⁸ became available (figure 8). The mesh surface is quadrupled to create a “shoebox” in which fog currents are intercepted and allowed to slowly condense, thus improving the performance of the individual prototype.

Attempts are also made to resolve another conditioning factor in the design of these water architectures: porosity. Resorting once again to biomimicry, the “Life Nieblas” project developed in Gran Canaria installed a “pine needle collector”. This device consists of a structural framework at a 50° angle in relation to the vertical, with cross beams from which steel threads hang, imitating the needles of the Canary pine trees (figure 9). This type of harp or “metal comb” allows air to circulate, barely generating resistance and optimally capturing water microparticles in suspension¹⁹.

Finally, the original design of Carlos Espinosa’s circular prototype was recovered and combined with metal ion meshes and organic compounds (MOFs) and a small biodegradable deposit at the base, known as a “cocoon”, to be placed at ground level, ensuring constant irrigation to a given example of repopulation. These fog collectors were placed in triangular formations on different strata in the territory, breaking with linear formation and continuously facilitating convective interception dynamics²⁰ (figure 10).

The microclimate is restored in two ways: following a passive approach, where captured water is accumulated in permeable deposits to provide a source of hydration for the surroundings and reduce the risk of fire; and following an active approach, whereby water is transported through channels to specific reforestation points. In short, taking

advantage of the pre-existence of fog in movement, a device is obtained for the potential regeneration of areas affected by desertisation. Notable examples of implementation include the different types of collectors installed in 2021 on the ravines of Valleseco, la Virgen and Andén in Gran Canaria, and the fog collectors which halt the southerly advances of the Atacama Desert in the Chilean reserve of Coquimbo²¹.

ANIMAL AGRIVOLTAIC FARMS

The classification of agrivoltaic farms as water architectures is established not only by its energy and agricultural logic, **p.152** but also by its operation as an infrastructure which can handle, conserve and redistribute hygrothermal cycles in arid territories. By establishing a closed evapotranspiration circuit, the water condensed on the panel surfaces as a result of sweating and plant and/or animal metabolism and falls to the earth, hydrating it.

The landscape where this type of practice takes place is also one of mass desertisation, in this case due to overproduction of the land. Rural exodus to the cities is leading to a considerable degradation of the activities of the primary sector in favour of an increasing number of photovoltaic farms. The mass expansion of this technology to a large extent cancels out the network of ecosystem relations which are in fact the result of cultivation systems²². In contrast, in recent years the viability of combining food and energy production in a single point has been confirmed, **p.153** taking as reference the agroforestry intercropping system²³. This system is based on grouping trees and crops in low and tall rows on a single plot. If these trees are replaced with rows of photovoltaic panels respecting existing crop lines, this becomes a shared agrotechnological production model. In 1982, German researchers Adolf Goetzberger and Armin Zastrow began to work in this field²⁴, to be followed by the engineer Christian Dupraz who deliberately merged the terms agriculture and photovoltaic to coin the term "agrivoltaic"²⁵. The first successful experiments combining agricultural-electric production were carried out in Montpellier in 2010, proving the all-round benefits of using panels to generate shade for crops, creating a stable microclimate by making use of humidity cycles. If livestock activity is included in this equation, the name changes from agrivoltaic to "solar grazing", and if all activities are combined the system is then termed "animal agrivoltaic".

In order to solely produce electric energy all that is needed are rows of interconnected panels. However, if agricultural and/or livestock activities are added it becomes necessary to adopt a spatial design strategy in the form of a net (figure 11). To build on the heterogeneous nature of the ecological functions it becomes necessary to establish a correct relationship between the two parameters determining the density of an installation: panel height from the ground of 1.10-2.10 m²⁶, and the interaxis or separation between rows, which increases to 2.40-3.20 m and, occasionally, to 4.80 m (figure 12).

Generating a techno-pastoralist symbiosis between artifice and nature ensures that the soil on which the photovoltaic infrastructure is placed is not annulled, but contributes to the rehabilitation of local ecosystem cycles. As is the case with fog collectors and reef balls, by including a three-dimensional artefact apparently alien to the local environments, paradoxically new life can be breathed into the degraded landscape to improve the performance of solar capture. Establishing a correlation between the static nature of photovoltaic structures and the dynamism of plant and animal species establishes a sort of greenhouse microclimate as the shade cast by the panels cools the surface temperatures at ground level, increasing the concentration of humidity and promoting evapotranspiration²⁷ (figure 13). Plants and livestock benefit from the shade and protection provided by the rows, reducing thermal stress indicators in summer and maintaining comfort levels in winter (figure 14). This contrasts with direct solar exposure which burns leaves and raises the temperature for the livestock. Thus, land unsuited to cultivation can become fertile following the installation of these panels, in contrast to what happens with the traditional installation model. **p.154**

Livestock also recovers the lost task of pollination, distributing spores and seeds while reducing the dusting effect more efficiently than mechanical maintenance methods. On the one hand, the sediment is in suspension thanks to the hydration of the soil caused by the shade cast, and on the other, the transit of animals helps to keep the photovoltaic surfaces clean from the accumulation of particles which hinder solar capture. Furthermore, livestock clears the plantations of any possible weeds or invasive species which create a degree of "panel shade", preventing maximum performance from being reached and increasing the risk of fire due to the "magnifying glass effect"²⁸. **p.156** Finally, the hygrothermal climate created has a direct bearing on the efficiency of energy production: thanks to the water evaporation resulting from plant photosynthesis (figure 15), a localised constant cooling effect lowers the high temperatures which negatively affect the efficiency of the panels.

Like the reef hulls, animal agrivoltaic farms add heterogeneity to the rhythms of ecosystems at many different levels. Firstly, photovoltaic panels provide the environment with a physical structure that adds an awning to protect a wide range of botanical species; secondly, the presence of vegetation concentrates water vapour under the panels, significantly reducing the initial temperature and preventing damage to birds or insects due to overheating; and thirdly, increasing the interaxis accessible to the livestock means that birds can roam freely, greatly reducing their mortality index. This is confirmed by farms in Carmona, Totana and Guadamur; as well as those in Domaine de Nidolères and Monticelli d'Ongina; Taupō and Canterbury in New Zealand; and the cooperativist farm in Qinghai. **p.157**

CONCLUSIONS FOR AN ACTION MODEL

These strategies, devised for the regeneration of areas degraded by imbalances resulting from anthropocentric activity, face a major challenge from the configuration of an environmental recovery model that can be replicated

in other contexts. A viable opportunity, pointing to the possibility of initial steps towards a latent reconciliation, is that of resorting to non-conventional sources more linked to technology than to nature, building devices that can replace traditional water collection and reduce water scarcity in the region, leading to a slowing down of the rhythm of the ecosystem. In this regard, reef balls, fog collectors, and animal agrivoltaic systems represent three potential mechanisms for the promotion of proper action guidelines.

It should be borne in mind that the conditioning factors of the surroundings determine the operation and morphology of each of these architectures, creating a need for a detailed action protocol. In order for all three engineering devices to be involved in the local metabolic rhythms and reactivate the ecosystem, specific materials, dimensions, and position must be adopted. However, this does not guarantee other different imbalances can be resolved. Territorial planning laws offer common ground. Although biomimicry is used to determine the architectural features for each device, implementation strategies form complexes, rows or grids by configuring groups, systems or networks which use the historical urban planning models as reference. This transfer of architecture to territory and vice versa specifically guides anthroponatural symbiosis, showing a wide range of performative spaces with variable morphology. After all, a landscape is not only defined by its natural wealth, but also by the memory, identity and resilience created through interaction.

Despite all this, incorporating these artefacts can lead to a degree of conflict between technological innovation, restoring the environment, and cultural preservation, all requiring a critical evaluation of the implementation strategy. Inserting spheres to restore ravaged coral habitats must be based on prior studies to avoid altering the perceived morphology of the sea bed²⁹. As these artefacts replicate the physiognomy of a natural reef, this issue is mostly avoided. In the case of the fog collectors installed in the Andes or mountain ranges in the Canary Islands, community management is needed to prevent the abandonment of infrastructures or the appearance of conflicts arising from water distribution. It should also be emphasised that fog collectors are installed as temporary structures which are removed leaving no trace once the imbalance is corrected. This is done specifically to avoid permanent visual impact. Finally, it is vital to vary the density, height and orientation of the panels in agrivoltaic farms to avoid radically transforming the reading of rural territory³⁰. Although the recovery of soil must be prioritised over sociocultural impact, it is advisable to include autochthonous plant species on the fringes of the crop plantations, involving local farmers and local shepherds in this management, as well as monitoring ecosystem services.

The key to the joint success of all these implementation strategies is based mostly on the understanding and handling of a single variable, water, either in the form of liquid or vapour. This resource has been proved to be a proactive asset in the construction of deliberate equilibrium in the landscape, allowing the creation of tangible links between the poles of the anthroponatural equation. Successfully ensuring that each artefact adapts to the specifications of the context defines the quality of the landscape, not only for its capacity to absorb an intervention without conflict, but also for the transformation of this intervention into a new narrative within a space that has been culturally codified by anthroponatural interaction. In short, the agreement established such mutually beneficial results that the presence of these architectures has become indispensable to the continued survival of the stabilising dynamics, in turn ensuring the survival of the ecosystem itself if these imbalances should ever reappear.■

Funding.

This work was carried out within the framework of the Programa Propio I+D+I of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Acknowledgements:

The author wishes to thank the reviewers for their generous contributions, as well as the editorial team for their invaluable work, and the Universidad Politécnica de Madrid (UPM) for its support.

1 BELLWOOD, D.R. et al. Confronting the coral reef crisis. In: *Nature* [online]. Berlin: Springer Nature, June 2004, vol. 429, pp. 827-833 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1476-4687. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02691>.

2 SEAMAN, William Jr. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. In: *Hydrobiologia* [online]. Amsterdam: Springer, April 2007, vol. 580, n.º 1, pp. 143-155 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1573-5117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0457-9>.

3 HYLKEMAA, Alwin et al. The effect of artificial reef design on the attraction of herbivorous fish and on coral recruitment, survival and growth. In: *Ecological Engineering* [online]. Amsterdam: Elsevier, January 2023, vol. 188 [accessed: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106882>.

4 BRACHO-VILLAVICENCIO, C.; MATTHEWS-CASCON, H.; ROSSI, S. Artificial Reefs around the World: A Review of the State of the Art and a Meta-Analysis of Its Effectiveness for the Restoration of Marine Ecosystems. In: *Environments* [online]. Basel: MDPI, July 2023, vol. 10, n.º 7, p. 121 [accessed: 15-09-2025]. ISSN 2076-3298. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10070121>.

5 Depending on the size of the weir these are called *gango*, *amatong* or *balirong*.

6 Later, other institutions such as the Florida Institute of Technology also joined this line of research.

7 BOHNSACK, J. A. Habitat structure and the design of artificial reefs. In: S. BELL; E. MCCOY and H. MUSHINSKY, eds. *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*. New York: Chapman and Hall, 1990, pp. 412-426. ISBN 0-412-32270-6.

8 Microsillex is added to reduce the pH of the mix to 8.3 and obtain concrete highly resistant to abrasion. SHERMAN, R.L.; GILLIAM, D.S.; SPIELER, R.E. Artificial reef design: void space, complexity, and attractants. In: *ICES Journal of Marine Science* [online]. Oxford University Press, February 2002, vol. 59 (supl.), pp. 196-200 [accessed: 15-09-2025]. ISSN 1095-9289. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1163>.

- 9 It is also possible to add organic ash obtained from cremation processes to speed up the start of ecosystem exchanges. PEROG, Bryce D. et al. Shell cover, rugosity, and tidal elevation impact native and non-indigenous oyster recruitment: Implications for reef ball design. In: *Ecological Engineering* [online]. Amsterdam: Elsevier, July 2023, vol. 192, p. 106969 [accessed: 15-09-2025]. ISSN 2719-7050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106969>.
- 10 Quantifiable examples of this are the carbon reserves recorded in the 7 km² of artificial reefs populating the Gulf of Mexico facing the coasts of Texas and Florida since 2017. PIAZZA, B.P.; BANKS, P.D.; LA PEYRE, M.K. The potential for created oyster shell reefs as a sustainable shoreline protection strategy in Louisiana. In: *Restoration Ecology* [online]. Tucson: Society for Ecological Restoration, August 2005, vol. 13, n.º 3, pp. 499-506 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1526-100X. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00062.x).
- 11 LANDETA AUES, Fernando; AQUEVEQUE TORRES, Jorge. Arrecifes artificiales: Un imperativo medioambiental. In: *Revista de Marina* [online]. Valparaíso: Museo Naval, August 2023, year CXXXVIII, vol. 141, n.º 995, pp. 71-79 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 0034-8511. Available at: <https://revistamarina.cl/es/download/arrecifes-artificiales-un-imperativo-medioambiental>.
- 12 As narrated by fray Bartolomé de las Casas in *Historia de las Indias* in 1524: "(...) en lo alto de este árbol siempre hay una nubecilla y el Garoé deja caer unas gotas de agua que encauzan hacia una modesta fuente; gracias a ella, viven, durante los periodos de sequía extrema, seres humanos y animales (...)" BARRIOS GARCÍA, José. La imagen del Garoé en la literatura y la cartografía. Apuntes para un catálogo cronológico (1572-1924). In: Francisco MORALES PADRÓN, coord. XVIII Coloquio de Historia canario-americana [online]. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria, 2010, pp. 1690-1698 [accessed: 15-09-2025]. Available at: <https://revistas.grancanaria.com/index.php/CHCA/article/view/9020/8460>.
- 13 This advection fog is also known as *camanchaca* or "panza de burro".
- 14 ASOCIACIÓN ZABALKETA DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO. *Experiencias de captación de agua de niebla para reforestación* [online]. Bizkaia: Imprenta Garcinuño S. L., 2014 [accessed: 15-09-2025]. Available at: <https://zabalketa.org/archivos/publicaciones/libro-captacion-agua-niebla-reforestacion.pdf>.
- 15 KLEMM, Otto et al. Fog as a fresh-water resource: overview and perspectives. In: *Ambio* [online]. Stockholm: Royal Swedish Academy of Sciences, February 2012, vol. 41, n.º 3, pp. 221-234 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1654-7209. DOI: [10.1007/s13280-012-0247-8](https://doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8).
- 16 VERBRUGGHE, Nathalie; KHAN, Ahmed Z. Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. In: *International Journal of Low-Carbon Technologies* [online]. Oxford: Oxford University Press, March 2023, vol. 18, pp. 392-403 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1748-1325. DOI: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac129>.
- 17 Aerodynamic efficiency is the capacity of the mesh to let through air flow without deformation; impact efficiency refers to the capacity of the mesh to quickly trap water drops which pass through it; and drainage or runoff efficiency refers to the amount of water that can descend by capillarity to the collection channel or deposit. RIVERA, Juan de Dios. Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. In: *Atmospheric Research* [online]. Amsterdam: Elsevier, 2011, vol. 102, n.º 3, pp. 335-342 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.08.005>.
- 18 MARZOL, María Victoria. Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). In: *Atmospheric Research* [online]. Amsterdam: Elsevier, March 2008, vol. 87, n.º 3, pp. 352-361 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 0169-8095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.019>.
- 19 GROH, Arnold. Highly effective fog-water collection with *Pinus canariensis*. In: 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, 25-30 July 2010, Münster, Germany [online]. Münster: University of Münster, 2010, p. 191 [accessed: 15-09-2025]. Available at: https://meetings.copernicus.org/fog2010/fogconference_2010_conference_book.pdf.
- 20 RITTER, A.; REGALADO, C.M.; GUERRA, J.C. Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). In: *Water* [online]. Basel: MDPI, 2015, vol. 7, n.º 7, pp. 3306-3319 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4441. DOI: <https://doi.org/10.3390/w7073306>.
- 21 In the ravines of Gran Canaria more than 100 000 litres have been "milked" to hydrate 25 000 trees in the laurisilva to aid recovery of the vegetation in Monteverde burnt during the 2019 fires; in Coquimbo, 560 000 litres accumulated annually since 2006 irrigate a thousand native trees including the quillay, peumo and guayacán. VIERA RUIZ, Gustavo. *Proyecto de Restauración Ambiental LIFE19 CCM/ES/001199* [online]. Gran Canaria: Gesplan, 2020 [accessed: 15-09-2025]. Available at: https://lifenieblas.com/sites/default/files/documentacion/2021/Action%20A.5%20EIA_LIFENIEBLAS%20-.pdf.
- 22 There is a tendency towards loss of biodiversity and production capacity of the soil, loss of ecosystem services such as pollination and lessening of climate change, and loss of funding for rural live. CHATZIPANAGI, A.; TAYLOR, N.; JAEGER-WALDAU, A. *Overview of the Potential and Challenges for Agri-Photovoltaics in the European Union* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023 [accessed: 15-09-2025]. Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC132879/JRC132879_01.pdf.
- 23 WANG, H. X. et al. Simulación del uso compartido del terreno agrícola por paneles solares fotovoltaicos y cultivo. In: F. Javier GARCÍA-RAMOS y Pablo MARTÍN-RAMOS, eds. *X Congreso Ibérico de Agroingeniería* [online]. Huesca: Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza, 2019, pp. 218-224 [accessed: 15-09-2025]. ISBN 978-84-16723-79-9. Available at: DOI: <http://dx.doi.org/10.26754/uz.978-84-16723-79-9>.
- 24 GOETZBERGER A.; ZASTROW A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. In: *International Journal of Solar Energy* [online]. London: Taylor & Francis, February 2007 (1982), vol. 1, n.º 1, pp. 55-69 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1478-646X. DOI: <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>.
- 25 DUPRAZ, C. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. In: *Renewable Energy* [online]. Amsterdam: Elsevier, October 2011, vol. 36, n.º 10, pp. 2725-2732 [accessed: 15-09-2025]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
- 26 Generally, sheep, goats and pigs are used so as not to exceed the height of the installation, but occasionally calves and foals are also included. SOTO-GÓMEZ, Diego. Integration of Crops, Livestock, and Solar Panels: A Review of Agrivoltaic Systems. In: *Agronomy* [online]. Basel: MDPI, August 2024, vol. 14, n.º 8, p. 1824 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 2073-4395. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>.
- 27 HASSANPOUR ADEH, E.; HIGGINS, C.W.; SELKER, J.S. Remarkable solar panels Influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. In: *PLoS ONE* [online]. California: Public Library of Science (PLOS), November 2018, vol. 13, n.º 11, e0203256 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1932-6203. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.
- 28 WESELEK, Alex. et al. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development* [online]. Paris: INRAE, June 2019, vol. 39, n.º 35 [accessed: 15-09-2025]. ISSN-e 1773-0155. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.
- 29 Particularly in areas where fishing or underwater activity present a consolidated image.
- 30 This tends to be homogenised due to the endless repetition of photovoltaic modules or the reduction in the number of ecological corridors.

33

• **ARTÍCULO EDITORIAL • ESPECULACIONES SOBRE ARQUITECTURA Y AGUA** / SPECULATIONS ON ARCHITECTURE AND WATER. Gloria Rivero-Lamela • **ARTÍCULOS • CASTILLOS DE ARENA Y AGUA. ENCUENTROS CRUZADOS EN LOS BORDES DEL MAR** / SAND AND WATER CASTLES. CROSSING ENCOUNTERS AT THE EDGE OF THE SEA. Javier Navarro de Pablos; Ángel Martínez García-Posadas • **FORMAS DE LLEGAR AL AGUA: ARQUITECTURAS DEL BALNEARIO COMO GEOGRAFÍAS ARTIFICIALES** / WAYS OF REACHING THE WATER: BEACH ARCHITECTURES AS ARTIFICIAL GEOGRAPHIES. Cláudia Costa Cabral; Horacio Torrent • **LA MEMORIA DEL AGUA: VIDA URBANA EN LAS LAGUNAS DE CONCEPCIÓN (CHILE)** / THE MEMORY OF WATER: URBAN LIFE IN THE LAGOONS OF CONCEPCIÓN (CHILE). Carolina Catrón Lazo; Julián Galindo González • **DEL MONUMENTO AL JUEGO. LA FUENTE Y EL PARQUE DE LA CRUZ ROJA EN BURGOS (LEANDRO SILVA, 1973)** / FROM MONUMENTALISM TO PLAY: THE RED CROSS PARK FOUNTAIN AND GARDEN IN BURGOS (LEANDRO SILVA, 1973). Luis Santos y Ganges; Marina Jiménez Jiménez • **HEISSE BRUNNEN, BADEN Y ENNETBADEN, SUIZA: EL AGUA COMO ESPACIO COMÚN** / HEISSE BRUNNEN, BADEN AND ENNETBADEN, SWITZERLAND: WATER AS A COMMON SPACE. Alba Balmaseda Domínguez • **EL AGUA COMO PRINCIPAL CONDUCTOR DE VIDA EN LA COMUNIDAD MULTIESPECIE DE HARIE** / WATER AS THE FUNDAMENTAL CONDIT OF LIFE IN THE MULTISPECIES COMMUNITY OF HARIE. Nekane Azpiazu; Íñigo García Odiaga • **UN PAISAJE DE REGADÍO EN RIESGO: LA HUERTA PERIURBANA DEL EBRO AGUAS ABAJO DE ZARAGOZA** / AN IRRIGATED LANDSCAPE AT RISK: THE PERI-URBAN HUERTA OF THE EBRO DOWNSTREAM FROM ZARAGOZA. Cecilia Sanz García; Carmen Díez Medina; Javier Monclús Fraga • **TRES ARQUITECTURAS DEL AGUA PARA UNA RECONCILIACIÓN ANTROPONATURAL EN EL PAISAJE** / THREE WATER ARCHITECTURES FOR AN ANTHROPONATURAL RECONCILIATION IN THE LANDSCAPE. Ana Patricia Minguito García • **RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS • LUIS JOSÉ GARCÍA PULIDO. LA DIMENSIÓN TERRITORIAL DEL ENTORNO DE LA ALHAMBRA.** Antonio Gámiza Gordo • **FRANCISCO DEL CORRAL DEL CAMPO: . AGUA, ESENCIA DEL ESPACIO EN LA OBRA DE CARLO SCARPA.** Ricardo de Merí.