

1. Estación Experimental de Zonas Áridas Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Campus UAL. Carretera de Sacramento s/n 04120 La Cañada de San Urbano, Almería. España
2. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España
3. Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante. Carr. de San Vicente del Raspeig, s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España
4. Environmental Sciences and Engineering, Biological and Environmental Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia

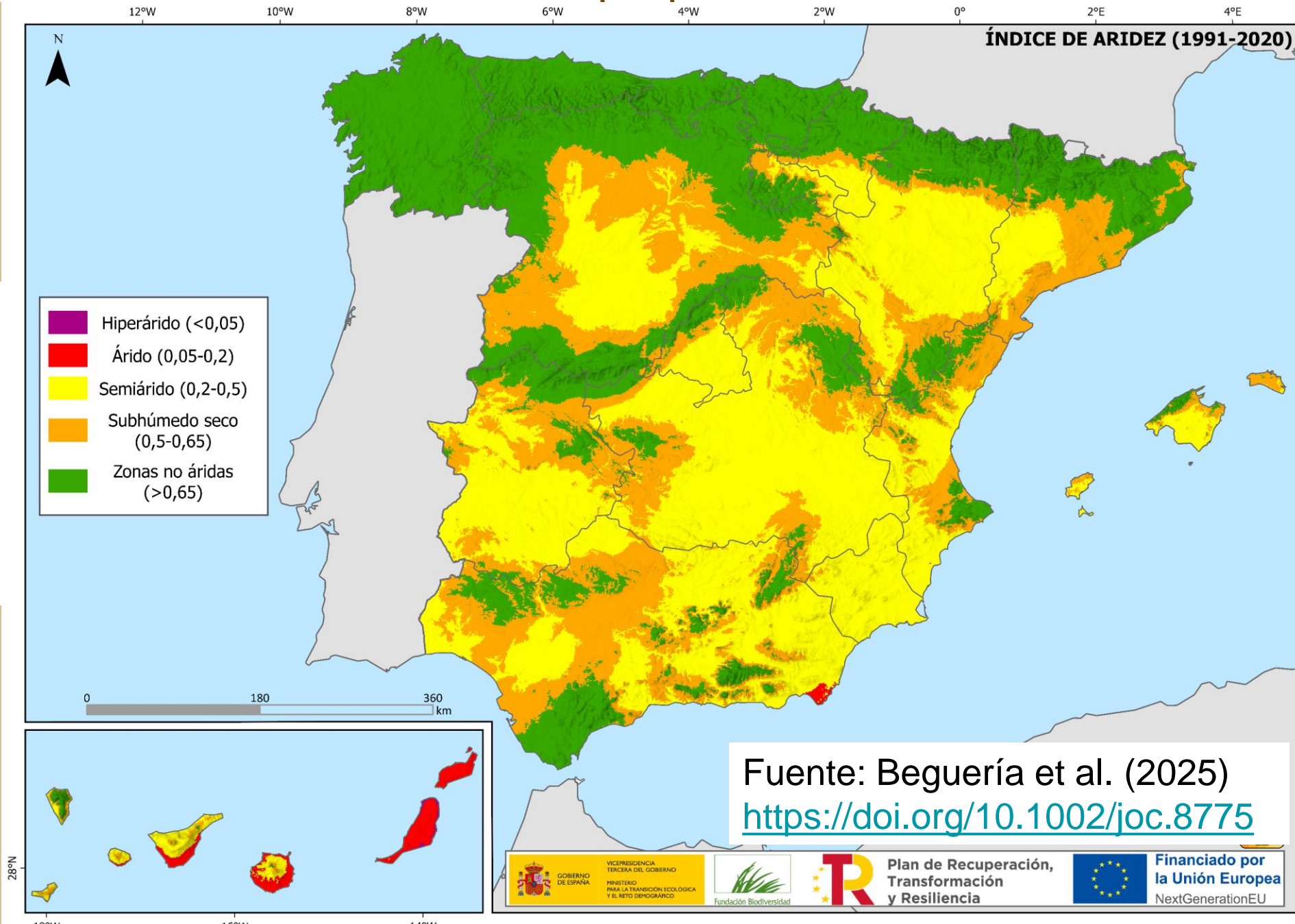
LA COMPLEJIDAD DE LA DESERTIFICACIÓN Y LA IMPORTANCIA DE LAS ZONAS ÁRIDAS

La desertificación se define por la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) como la «degradación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedo-secas como consecuencia de variaciones climáticas y actividades humanas», entendiéndose por degradación «la pérdida de productividad biológica, económica y de biodiversidad».

Lastrada por sus orígenes coloniales y asentada en el imaginario popular —y aún en diversos círculos académicos— la desertificación suele equipararse al avance del desierto, a las sequías o a la erosión. Ello ha conducido al fracaso a muchas de las soluciones que se han ido proponiendo para abordar este grave problema.

La desertificación es un problema propio de las tierras secas (*drylands*) o zonas áridas. La condición de «zona árida» viene determinada por el valor del índice de aridez (IA), que es la ratio entre precipitación y evapotranspiración potencial. La definición de la CNULD se refiere a aquellas zonas en las que el IA está comprendido entre 0,05 y 0,65.

En España las zonas áridas ocupan más del sesenta por ciento del territorio y en ellas viven 4 de cada 5 habitantes. Prestan servicios fundamentales como la fijación de carbono y albergan una buena parte de nuestra agricultura y su biodiversidad funcional es más alta que la de otros ecosistemas. Por tanto, conocer el estado de este inmenso territorio es fundamental.



UNA OPORTUNIDAD CIENTÍFICA Y UNA NECESIDAD POLÍTICA

Los esfuerzos por plasmar cartográficamente dónde tiene lugar la desertificación y cuál es su severidad han sido un reto continuo desde que en 1977 se presentase el primer mapa a escala global. La ausencia de mapas de desertificación en el último el último Atlas Mundial de Desertificación corrobora el descrédito de las metodologías usadas hasta la fecha.

Un problema recurrente con el que se topa la cartografía de la desertificación es que no es un único fenómeno, y que por tanto no se concreta en una única variable que se pueda medir en el terreno. Otro es el grado de subjetividad para determinar qué es y qué no es degradación.

En España e han hecho varios intentos para mostrar la desertificación de nuestro territorio. SURMODES señaló a nivel provincial, a partir de información climática y económica, los «puntos calientes» de la desertificación.

Tras más de cuatro décadas intentando cartografiar la desertificación, el veredicto del AMD ha dejado en blanco estos mapas. Uno de los principales problemas es que se pueden rellenar con información indirectamente relacionada con la desertificación y que en lugar de contribuir a resolverlo añadan más confusión. El proyecto ATLAS aborda este reto científico.

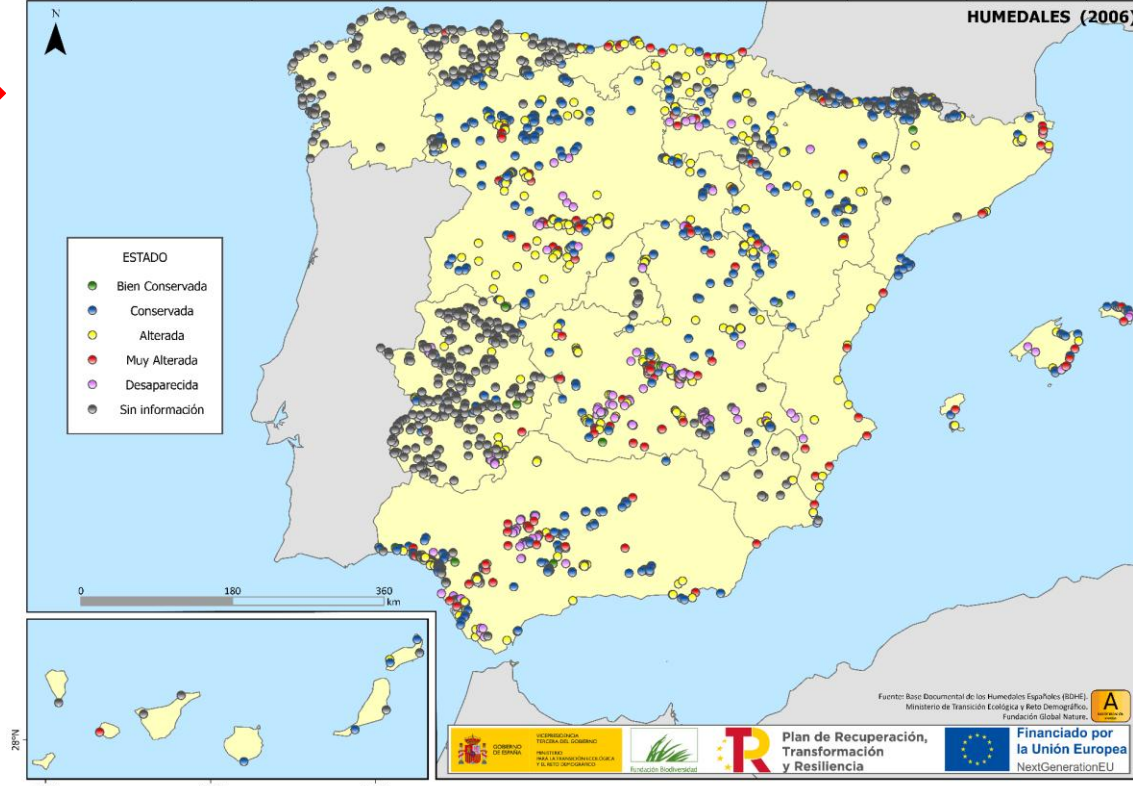
INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA CARTOGRAFIAR LA DESERTIFICACIÓN

Mediante la implementación de un modelo *Random Forest* y a partir de una colección de evidencias de degradación y una serie de variables predictivas se elaborará un mapa de la probabilidad de degradación de la tierra de España. Aplicando dos tipos de umbrales o máscaras se obtiene el mapa de desertificación de España. El primer umbral tiene que ver con la probabilidad por encima de la cual consideramos que el territorio se puede considerar degradado, y el segundo con el mapa de aridez, que permite «convertir» la degradación en desertificación.

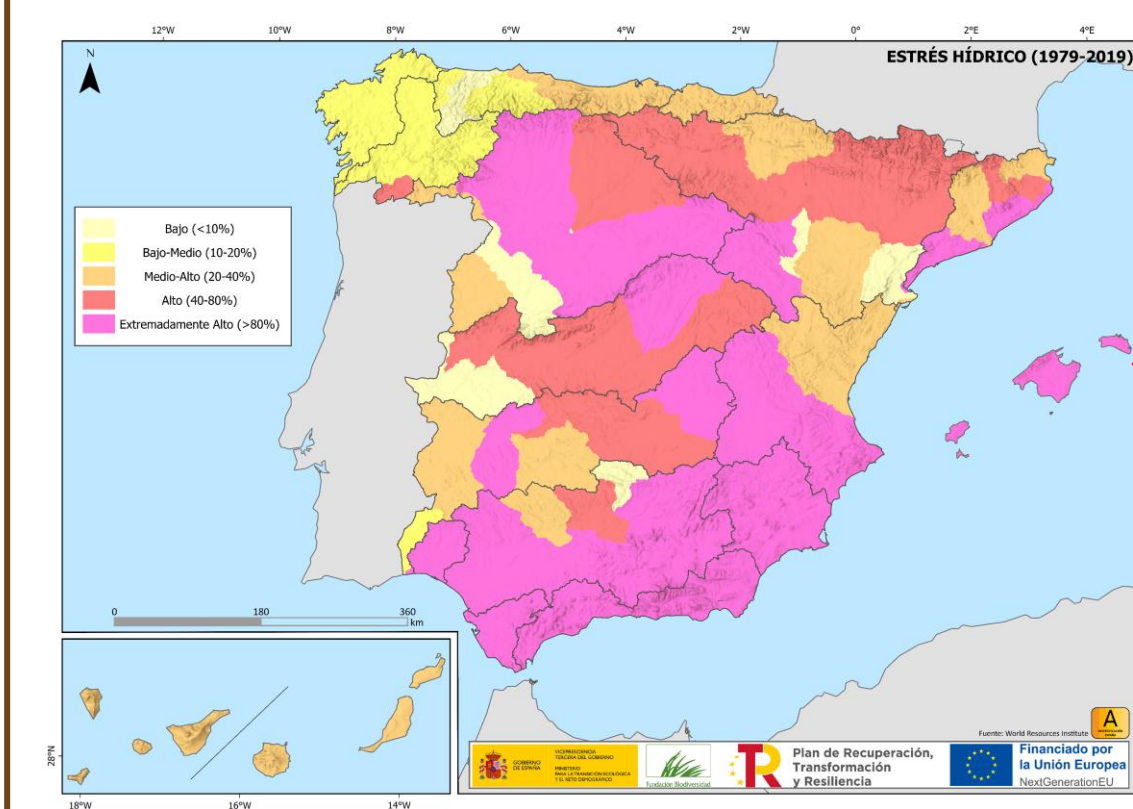
VARIABLES RESPUESTA		
Variable	Unidades	Fuente
Condición de la tierra. 2dRUE*	Sin unidades	Mapas II.3.6 y II.3.7
Estado de los humedales	Sin unidades	Mapa II.5.6
Estado de las masas de agua subterráneas	Sin unidades	Mapa II.2.8
Pérdida de cobertura forestal	Variable dicotómica (0, No hay cambios negativos; 1, Hay cambios negativos)	Trends. Earth. Conservation International. Disponible en: http://trends.earth2025
Cambios usos del suelo		
Cambios en las reservas de carbono del suelo		
Cambios en la productividad primaria		

*Se han utilizado los mapas más recientes de Estados y Tendencias (2010-2019) para la Península y Baleares. Se considera degradación la categoría «Degradado» del mapa de Estados y la categoría «Degradándose» del mapa de Tendencias.

Estado Humedales. Fuente: Fundación Global Nature <https://fundacionglobalnature.org/radiografia-humedales-espana/mapa-interactivo/>



El modelo elaborado permite obtener otro tipo de resultados más allá de los mapas. Entre ellos, el análisis de Bosques Aleatorios permite evaluar la importancia relativa de cada variable en la predicción de áreas desertificadas. Esta importancia se estima calculando la disminución en la precisión del modelo cuando los valores de una variable explicativa o predictor.



PREDICTORES		
Variable	Unidades	Fuente
Índice de Aridez	Sin unidades	Mapa II.1.7
Estrés Hídrico	Sin unidades (Índice entre 1 y 5)	Mapa II.2.1
Índice de influencia humana (IH)	Sin unidades (Índice entre 0 y 65)	Mapa II.6.7
Pérdida de cobertura forestal	Variable dicotómica (0, Sin pérdida; 1, Con pérdida)	Hansen et al. (2013)
Número de incendios	Número de incendios	Mapa II.4.8
Valor medio del NDVI del periodo de estudio 2001-2023	Sin unidades (Índice entre -1 y 1)	Mapa II.3.4
Densidad de población	Número de personas por km ²	Mapa II.6.4
Índice SPEI P10 (2001-2023)	Sin unidades	Mapa II.1.11
Presión ganadera (suma de ovejas, vacas y cabras)*	Unidades de Ganado Equivalente	Mapa II.4.7
Cambios en la superficie de regadío	Sin unidades (Índice entre -1 y 1)	Mapa II.2.12

*Dato comarcal

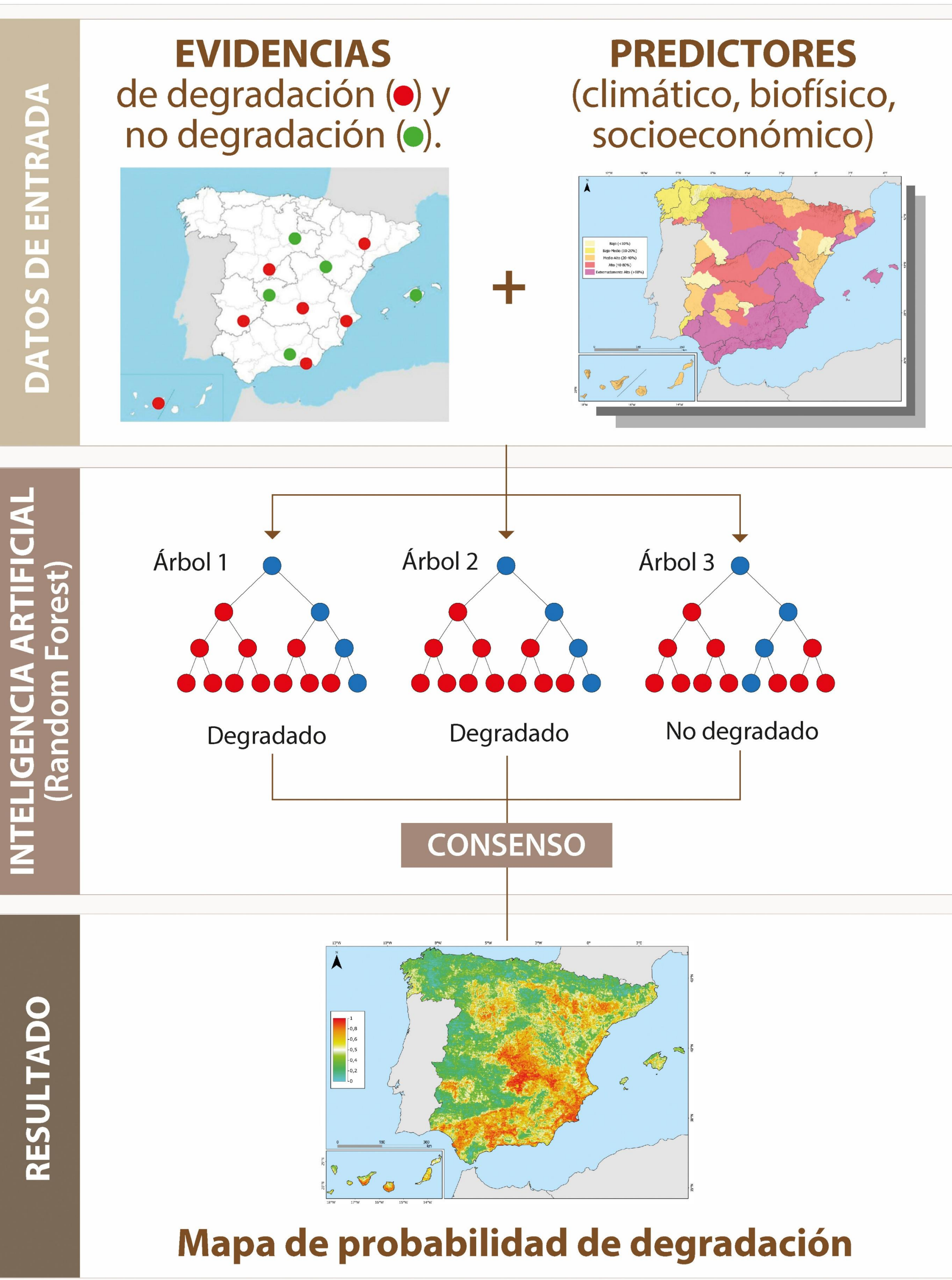
La batería de predictores usa parte de los Procesos asociados al cambio global (GCI) usados para ilustrar la Convergencia de Evidencias, del Atlas Mundial de la Desertificación

Otro de los análisis que produce un modelo *Random Forest* son las curvas de respuesta de los predictores —también conocidas como curvas de dependencia parcial. Se trata de representaciones gráficas que permiten visualizar cómo varía la predicción del modelo en función de un único predictor, manteniendo el resto constante.

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA Y CASOS DE ESTUDIO

Este Atlas es una propuesta para superar las controversias y ambigüedades que rodean a la desertificación. Para ello, los mapas de desertificación y degradación se complementan con dos aproximaciones. En primer lugar, se han seleccionado más de sesenta mapas divididos en seis secciones temáticas que conforman un relato ordenado de los múltiples aspectos relacionados con la desertificación. Con ello se ha ampliado el ámbito con el que tradicionalmente se ha relacionado la desertificación, la degradación del suelo, considerando, además, otros dos recursos esenciales del territorio, como son el agua, la cubierta forestal y la biodiversidad. Además, se añade una sección dedicada a la sociedad, en la que se intenta retratar el impacto de una sociedad eminentemente urbana desconectada de la naturaleza y el campo.

En segundo lugar, se presentan dieciséis casos de estudio de la mano de más de veinte expertos en diversas materias relacionadas con la desertificación..



AGRADECIMIENTOS

Esta investigación contó con el apoyo financiero de los proyectos "Plan Complementario de I+D+i en el área de Biodiversidad (PCBIO)" financiado por la Unión Europea en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - NextGenerationEU y por la Junta de Andalucía y ATLAS, que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

This research was financially supported by the project "Plan Complementario de I+D+i en el área de Biodiversidad (PCBIO)" funded by the European Union within the framework of the Recovery, Transformation and Resilience Plan - NextGenerationEU and by the Regional Government of Andalucía as well as by ATLAS, with the support of the Fundación Biodiversidad of the Spanish Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge (MITECO), within the framework of the Recovery, Transformation and Resilience Plan (PRTR), financed by the European Union - NextGenerationEU.

