

LA FUNCIÓN ECOLÓGICA Y SOCIAL DE LOS PAISAJES ÁRIDOS ANDALUCES

En el marco del Plan Complementario de Biodiversidad, el centro ENGLOBA de la Universidad de Almería impulsa un ambicioso proyecto para la evaluación integrada de las funciones ecosistémicas y los valores sociales de los paisajes bioculturales de las zonas áridas de Andalucía.

MIGUEL BLANCO

FOTOS: ENGLOBA

Regular el clima y almacenar agua, mantener la fertilidad del suelo o favorecer la biodiversidad que sustenta la agricultura son algunos de los servicios que los ecosistemas prestan a la sociedad. Ahora, un equipo del Centro Andaluz para el Cambio Global (ENGLOBA) está investigando cómo funciona esta aportación en las zonas áridas y semiáridas de Andalucía.

Este estudio forma parte del Plan Complementario de Biodiversidad, una iniciativa del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y las comunidades autónomas con la que se busca desarrollar soluciones basadas en la naturaleza frente a la crisis de biodiversidad y el cambio climático. Andalucía participa con la coordinación científica del CEI Cambio, que conecta a equipos de investigación de todo el territorio. Con 24 subproyectos y una inversión de 6 millones de euros, el programa andaluz abarca desde los ecosistemas marinos hasta los paisajes agrícolas, integrando todas las universidades andaluzas y centros del CSIC. Su meta es diseñar una red de seguimiento y evaluación que permita entender cómo responde la biodiversidad al impacto humano y cómo puede sostener el desarrollo sostenible.

La Universidad de Almería (UAL) lidera el subproyecto SP4 - Indicadores para el seguimiento del suministro y la demanda de funciones y servicios de los ecosistemas áridos antropizados de Andalucía. Coordinado desde ENGLOBA, este trabajo convierte a Almería en el nodo de observación de las zonas áridas y semiáridas de la región.

El objetivo es diseñar indicadores que midan el equilibrio entre lo que los ecosistemas pueden ofrecer, como el suministro de servicios ecosistémicos, y lo que la sociedad demanda: agua, suelo fértil, clima estable y biodiversidad útil. Estos indicadores permitirán anticipar riesgos, orientar políticas y promover la sostenibilidad en sectores clave como la agricultura, la ganadería o el turismo de naturaleza.

Para ello, se combinan datos de campo y observaciones por satélite, lo que permite seguir en tiempo casi real los cambios en suelos, vegetación y ríos bajo el impacto del clima y de la actividad humana. Así, el proyecto busca construir una base sólida de conocimiento que

ayude a gestionar mejor los recursos naturales, anticipar los efectos del cambio global y garantizar que los ecosistemas andaluces sigan sosteniendo el bienestar y la calidad de vida de las personas.

UN LABORATORIO NATURAL EN EL SURESTE IBÉRICO

Los estudios se están desarrollando en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar y el Espacio Natural de Sierra Nevada, donde la UAL cuenta con infraestructuras de campo y tecnología de vanguardia para el seguimiento ambiental. Para la investigación, se está trabajando en cinco ámbitos. Por un lado, se evalúan las funciones ecosistémicas del suelo. Aquí se mide la respiración del suelo y la expulsión de dióxido de carbono, el potencial de absorción de metano y su capacidad de almacenamiento de agua. El coordinador de este apartado es Cecilio Oyonarte, responsable del equipo de Balance de Carbono y Suelos - Ecozonar de ENGLOBA.

Por otra parte, se estudian los ecosistemas dependientes de aguas subterráneas del azufaifo (*Ziziphus lotus*), cuál es su papel en la regulación del agua y del carbono y como refugio de biodiversidad útil para la agricultura. Lo coordina María Jacoba Salinas, secretaria de ENGLOBA y responsable del equipo de Biodiversidad y Cambio Global - Ecozonar. También se trabaja en los ríos y acequias de montaña, evaluando las prácticas tradicionales de siembra y cosecha de agua y sus beneficios para la biodiversidad y la regulación hídrica. El coordinador es Jesús Casas, responsable del equipo de Ecología Acuática y Acuicultura de ENGLOBA.

Otro apartado está dedicado a los indicadores socioecológicos para el análisis de los paisajes bioculturales. Aquí se evalúan las percepciones y valores sociales que se tiene sobre las contribuciones de la naturaleza a las personas en paisajes bioculturales. Con esto, se busca identificar desequilibrios entre la demanda social y el potencial de provisión de servicios de regulación. El coordinador es Antonio Castro, responsable del equipo de Socioecosistemas y Sostenibilidad-Sostenibilidad, Resiliencia y Gobernanza de Sistemas Socio-Ecológicos de ENGLOBA.

Por último, están trabajando en la teledetección de las funciones de los ecosistemas. Para ello, el equipo utiliza imágenes de satélite con



los que siguen la evolución de la vegetación, la humedad del suelo y la evapotranspiración a escala de paisaje. A través de índices como NDVI (verde de la vegetación) o LSWI (contenido hídrico), se detectan patrones estacionales y se evalúan los efectos de las sequías y el cambio climático sobre los ecosistemas áridos. Estos datos se completan con observaciones en campo, abarcando así todo el territorio. Este apartado está coordinado por Jesús Cabello, director de ENGLOBA y coordinador general del conjunto de los proyectos de la UAL.

RESULTADOS ESPERADOS

Con toda esta información, los investigadores del centro ENGLOBA esperan elaborar un sistema de indicadores para el seguimiento de las funciones y servicios de los ecosistemas áridos y semiáridos de Andalucía; modelos y cartografías sobre carbono, agua y biodiversidad, útiles para la gestión del territorio y la adaptación al cambio climático; bases de datos georreferenciadas y sistemas de monitoreo a largo plazo; y formación y transferencia hacia administraciones, empresas y sectores estratégicos en este ámbito. Este proyecto de investigación del centro ENGLOBA es pionero al integrar tecnología avanzada, conocimiento tradicional y enfoques socioecológicos para entender los ecosistemas áridos. Además, con él se amplía la red internacional de observación con la que ya viene colaborando la UAL: FLUXNET, eLTER, LTER-España, GBIF, LifeWatch ERIC (INDALO), GLOBE, ESP, GEOBON e IPBES.

Sus resultados no solo aportarán conocimiento científico, sino también las herramientas prácticas para llevar a cabo con éxito una transición hacia una bioeconomía circular y una gestión sostenible del territorio andaluz. ■

Javier Cabello

El equipo que coordina Javier Cabello, director de ENGLOBA, se encarga del 'Seguimiento a escala de paisaje de las funciones de los ecosistemas terrestres (WP3)', que analiza cómo los ecosistemas áridos y semiáridos de Andalucía, matorrales, bosques y sistemas agrícolas, responden a la variabilidad climática, a la disponibilidad de agua y a las prácticas de gestión del territorio".



Utilizando "técnicas de teledetección, evaluamos procesos clave del funcionamiento ecosistémico, como la ganancia de carbono, la humedad del suelo y la vegetación, y la evapotranspiración".

Este trabajo con enfoque multiescalar "permite detectar la estacionalidad, las tendencias y los extremos que reflejan el estado funcional de los ecosistemas". En conjunto, estos trabajos "están ayudando a desentrañar cómo el agua, en sus distintas formas de almacenamiento, circulación y gestión, determina el funcionamiento y la resiliencia de los paisajes áridos andaluces". Así, "los estudios muestran, por ejemplo, que la vegetación de Sierra Nevada depende en gran medida de acuíferos poco conocidos en rocas metamórficas fracturadas; que los suelos yesíferos retienen más agua superficial pero no aumentan su productividad; y que las acequias tradicionales favorecen la infiltración, reduciendo el estrés hídrico en pinares y robledales".

El objetivo es "desarrollar indicadores operativos para el seguimiento de las funciones ecológicas que sostienen los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento". Los resultados permitirán identificar "zonas clave para la conservación de la vegetación dependiente de aguas subterráneas, mejorar la gestión del agua y orientar estrategias de restauración basadas en la naturaleza". En última instancia, se busca contribuir a la evaluación integrada de las funciones ecosistémicas y los valores sociales de los paisajes bioculturales áridos de Andalucía, fortaleciendo su resiliencia frente al cambio climático y a la creciente presión sobre los recursos hídricos.



María Jacoba Salinas

María Jacoba Salinas, secretaria de ENGLOBA, coordina el equipo que estudia "el papel que desempeña *Ziziphus lotus*, un arbusto espinoso de gran tamaño dependiente del agua subterránea y clave en los ecosistemas áridos, ya que influye en la regulación los ciclos del agua y del carbono y en el mantenimiento de una alta biodiversidad". En este sentido, explica que buscan "desentrañar cómo esta especie, calificada como una 'ingeniera del ecosistema', modula la dinámica hidráulica del suelo, del subsuelo, la zona vadosa, y del acuífero, así como la provisión de servicios ecosistémicos, especialmente los de regulación y de soporte a la producción agrícola". A pesar de su valor ambiental, señala que "el ecosistema que crea *Ziziphus lotus* se encuentra gravemente amenazado por las actividades humanas, sobre todo por fragmentación y degradación".

Para su trabajo, están realizando "un seguimiento intensivo en campo, combinando mediciones ecofisiológicas directas sobre *Ziziphus lotus*, muestreos de suelo y subsuelo, y toma de datos en continuo de la humedad y conductividad del suelo y subsuelo y del nivel freático y conductividad del acuífero". Así, analizan "la relación entre el estado funcional de *Ziziphus lotus* con la disponibilidad y calidad del agua subterránea" y evalúan "la artrópoda fauna asociada a *Ziziphus lotus*, con especial interés en identificar especies beneficiosas para el control biológico de plagas agrícolas".

Los principales objetivos de este trabajo son "modelizar el funcionamiento ecohidrológico de *Ziziphus lotus* y su relación con las aguas subterráneas, tanto de la zona vadosa como del acuífero, para cuantificar su contribución a la estabilidad y resiliencia del ecosistema, y generar indicadores que permitan evaluar la capacidad de esta especie para suministrar los servicios ecosistémicos mencionados bajo diferentes escenarios de cambio global".



Jesús Casas

El equipo coordinado por Jesús Casas se encarga de "evaluar los efectos del cambio global, y estudiar alternativas de mitigación y restauración, en ríos y humedales del sureste". Para ello, realizan "el seguimiento de ríos de cabecera de Sierra Nevada y de territorios bajos semiáridos, además de humedales del litoral almeriense". Estos ecosistemas "constituyen puntos calientes de biodiversidad y biogeográficos". En ellos, además, "se multiplican las amenazas para la conservación de las especies y de los procesos del ecosistema: calentamiento global, sequías y eventos extremos de precipitación, y una especial exposición a los cambios de uso del territorio".



Han comparado "caudales y comunidades de macroinvertebrados entre tramos de referencia y tramos impactados por las derivaciones de caudal por acequias en cinco ríos de la cara sur del Parque Natural de Sierra Nevada". También han estudiado "la capacidad del aliso de actuar como amortiguador de los impactos de las plantaciones forestales con coníferas sobre la red trófica fluvial". Usando acuarios experimentales, han contrastado "el efecto de la invasión de especies exóticas y el aumento de salinidad sobre las redes tróficas de ríos mediterráneos de tierras bajas". Y han comparado "la marcha de dos procesos ecosistémicos, descomposición de materia orgánica vegetal y desnitrificación" en ríos y humedales con usos de cuenca diversos.

Entre los objetivos, están "cuantificar el papel que las detacciones de caudal, los cambios de uso de las cuencas, el decaimiento de algunas especies clave y la llegada de especies exóticas invasoras tienen sobre la biodiversidad, las redes tróficas fluviales, y procesos que conducen los ciclos de C y N y que proporcionan servicios ecosistémicos clave, todo ello para realizar propuestas de mitigación del cambio global y restauración científicamente fundamentadas".

Antonio Castro

Antonio Castro coordina el Laboratorio de Sostenibilidad, Resiliencia y Gobernanza de Sistemas Socio-Ecológicos (SociECOS) de la UAL, que estudia "los sistemas socio-ecológicos, entendidos como sistemas interdependientes de seres humanos y naturaleza". Para ello, analizan "cómo los ecosistemas contribuyen al bienestar humano, por ejemplo, mediante la calidad del aire o el control de inundaciones, y cómo las decisiones sociales, institucionales y de gobernanza afectan su capacidad para proveer beneficios". En SociECOS, explica "partimos de la idea de que no existen sistemas naturales sin personas ni sistemas sociales sin naturaleza".



La investigación se desarrolla en varias líneas. En primer lugar, "la cartografía espacial de los servicios ecosistémicos, utilizando sistemas de información geográfica y análisis espacial para mapear su provisión, flujo o demanda". En segundo lugar, "la valoración social, ecológica y económica de estos servicios mediante entrevistas, encuestas y talleres participativos, con el fin de comprender cómo las personas perciben y valoran la naturaleza, así como los conflictos o barreras existentes en su gestión". Finalmente, "se realiza un análisis de gobernanza e instituciones, que examina cómo las políticas, decisiones de gestión y actores sociales influyen en la provisión de servicios y en los trade-offs entre ellos".

Los principales objetivos son "comprender las interacciones sociedad-naturaleza, desarrollar herramientas útiles para la gestión del territorio, y promover transiciones hacia sistemas más sostenibles y justos". Además, "se busca fortalecer la dimensión social y cultural de los ecosistemas, reconociendo valores bioculturales, de equidad y conocimiento local, y formar a nuevos investigadores y gestores ambientales, fomentando el aprendizaje interdisciplinar y el pensamiento crítico orientado a la sostenibilidad".

Cecilio Oyonarte

"El origen del cambio climático radica en el calentamiento de la atmósfera provocado por un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero", explica Cecilio Oyonarte. Este efecto invernadero, "aunque es un proceso natural, es potenciado por las actividades humanas, que aumentan las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero". Para comprender el comportamiento de estos gases (CO₂, CH₄ y N₂O) "es esencial contar con observaciones in situ estandarizadas en una amplia representación de ecosistemas". Por ello, este proyecto cuenta con "estaciones experimentales, situadas en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, diseñadas con el objetivo de realizar este seguimiento de gases de efecto invernadero en ecosistemas áridos".



La infraestructura, creada en colaboración con Universidad de Granada y la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC), "está equipada para medir de forma continua los flujos de vapor de H₂O, CO₂ y metano (CH₄), junto a otras muchas variables micrometeorológicas", cuenta el coordinador de esta parte del proyecto. "Situada en un ecosistema semiárido, realiza observaciones estandarizadas de alta precisión y a largo plazo, concebidas para comprender el estado actual y predecir el comportamiento del ciclo global del agua, carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero". Asimismo, "monitorea y evalúa la efectividad del ecosistema en el secuestro de carbono y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero".

El objetivo de esta infraestructura es "generar información útil tanto para la comunidad científica como para los responsables de la toma de decisiones, de modo que pueda emplearse en la predicción y mitigación del cambio climático, apoyando la formulación de políticas y la toma de decisiones para combatir el cambio climático y sus impactos".