

2. Un viaje a los ecosistemas del pasado de Canarias

Lea de Nascimento Reyes

Profesora Contratada Doctora, Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna

La paleoecología examina los ecosistemas antiguos para comprender sus dinámicas y cambios a largo plazo, lo que facilita la gestión de los ecosistemas actuales y la predicción de sus respuestas a futuros cambios ambientales. Esta disciplina utiliza indicadores vegetales como macrofósiles y microfósiles, así como fragmentos de carbón, esporas de hongos y técnicas modernas como el análisis de ADN antiguo para reconstruir la historia de los ecosistemas. A través de estos métodos, la paleoecología revela cómo, incluso los entornos aparentemente prístinos, han sido moldeados por la actividad humana a lo largo de milenios, proporcionando una visión detallada del impacto histórico de la colonización y los cambios en los ecosistemas.

En el caso de las islas, la aplicación de técnicas paleoecológicas ha permitido ajustar las fechas de poblamiento y mejorar la comprensión de los impactos humanos. Los estudios paleoecológicos en Canarias han documentado importantes variaciones en la vegetación antes y después de la llegada de los humanos, evidenciando cambios climáticos y un aumento en la frecuencia de incendios. Estos hallazgos son esenciales para la gestión ambiental, ya que proporcionan una base para restaurar ecosistemas y prever cómo podrían reaccionar a las modificaciones ambientales futuras, basándose en cómo respondieron a cambios climáticos y humanos en el pasado. Esta fue nuestra ponencia en la XIX Semana Científica Telesforo Bravo (Afonso-Carrillo, 2024).

¿Qué es la paleoecología?

La **paleoecología** es una disciplina que estudia la ecología del pasado, proporcionando una perspectiva a largo plazo sobre los ecosistemas y sus dinámicas (Birks & Birks, 1980). Aunque es menos conocida que otras áreas científicas, tiene una trayectoria significativa, con investigaciones que datan de principios del siglo XX. En contextos insulares como Canarias, la paleoecología se enfrenta a varias limitaciones, pero cada hallazgo y estudio aporta información valiosa que sería difícil de obtener por otros medios. El esfuerzo invertido en esta línea de investigación se ve compensado por los resultados, que amplían nuestra comprensión de la dinámica de los ecosistemas a lo largo del tiempo.

Mientras que la ecología contemporánea, o **neoeecología**, se centra en los ecosistemas actuales, la paleoecología los examina a lo largo de extensos periodos de tiempo, desde décadas hasta milenios. Su principal objetivo es reconstruir los ecosistemas del pasado y entender cómo han cambiado. Para ello, se centra en tres aspectos claves: (i) los elementos bióticos o comunidades (plantas, animales, hongos y microorganismos), que componen el ecosistema identificando qué especies habitaron en un lugar específico en distintas épocas, analizando sus restos y rastros; (ii) los elementos abióticos o condiciones ambientales (clima, características físico-químicas del suelo, y características geológicas) en las que las especies vivieron, evaluando el contexto en el que se depositaron y preservaron los restos; y (iii) las interacciones que se establecían entre las especies y su entorno para comprender cómo los factores ambientales y bióticos influyeron en la supervivencia y evolución de las especies. Además de generar conocimiento sobre el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas a través del tiempo, la paleoecología proporciona información crucial para la gestión de los ecosistemas actuales, ayudando a entender cómo podrían responder al cambio climático y otras presiones ambientales.

¿Por qué es importante conocer cómo eran los ecosistemas del pasado?

Los ecosistemas no son entidades estáticas, sino sistemas dinámicos que están en constante cambio. Para comprender su funcionamiento, es esencial analizarlos en diferentes escalas temporales. Estos cambios pueden ser impulsados por una variedad de factores que actúan a lo largo de tiempos prolongados. Algunos, como los procesos evolutivos, se desarrollan a lo largo de millones de años, mientras que otros, como la sucesión ecológica (cambios que ocurren en un ecosistema tras una perturbación) o la formación de suelo, operan en escalas de cientos o miles de años. El cambio climático también presenta una amplia variabilidad temporal, desde variaciones

estacionales y anuales hasta eventos que abarcan decenas de miles de años, como las glaciaciones. Finalmente, los impactos derivados de la actividad humana pueden ser el resultado de procesos que interactúan en escalas temporales de cientos o miles de años. Analizar los ecosistemas desde una perspectiva temporal amplia permite entender mejor cómo responden ante diferentes factores de cambio a lo largo del tiempo.

Para realizar estudios ecológicos a largo plazo y retroceder en el tiempo, contamos con una variedad de métodos y registros. En ecología moderna, el tiempo se incorpora mediante seguimientos a largo plazo, donde se realizan muestreos periódicos y repetidos, observando la evolución de los parámetros del ecosistema en cuestión. En algunos países, estos experimentos llevan en marcha décadas e incluso siglos (Lindenmayer *et al.*, 2012). Sin embargo, en Canarias, las parcelas de seguimiento continuo no son comunes. Por ejemplo, las más antiguas de nuestro grupo de investigación, Ecología y Biogeografía Insular de la Universidad de La Laguna, son parcelas de laurisilva que se establecieron hace apenas veinte años.

Además de los seguimientos ecológicos, existen fuentes históricas que nos proporcionan datos valiosos a lo largo del tiempo: crónicas, mapas, inventarios, ilustraciones y fotografías. En Canarias, algunas estaciones meteorológicas han estado registrando datos desde principios del siglo XX, y disponemos de fotografías aéreas desde la década de 1950. También contamos con mapas y las primeras descripciones de los naturalistas que visitaron las islas (Oliver & Relancio, 2007). Estos registros cubren los últimos siglos de la historia de Canarias, aproximadamente 600 años desde el inicio de la conquista, aunque la cantidad de información disminuye cuanto más retrocedamos en el tiempo.

Si bien estas fuentes permiten extender la escala temporal de los estudios ecológicos, siguen siendo relativamente limitadas para analizar procesos que ocurren a escalas de tiempo mayores. Para ampliar aún más este contexto temporal, es necesario recurrir a los registros paleoecológicos, que nos permiten retroceder miles de años en el pasado. En la siguiente sección, exploraremos cómo funcionan los métodos paleoecológicos y la valiosa información que nos proporcionan sobre los ecosistemas del pasado.

¿Cómo obtenemos la información?

Para identificar qué organismos vivieron en un lugar y momento determinado, es necesario encontrar restos que evidencien su presencia en el pasado. Dependiendo de su grado de conservación y mineralización, estos restos pueden ser fósiles, subfósiles, o simplemente materiales resistentes al paso del tiempo. Estos incluyen conchas, huesos, y restos de pequeños animales, como invertebrados conservados en ámbar. En el caso de las plantas, podemos encontrar fragmentos de tallos, hojas, flores o semillas.

Además, existen otras pruebas indirectas de la actividad y presencia de una especie, como huellas, nidos o heces (Smol *et al.*, 2001a, b).

Estos restos se buscan en depósitos naturales que favorecen su acumulación y preservación a lo largo del tiempo. Los depósitos más utilizados en paleoecología son las trampas sedimentarias como lagos, turberas, sedimentos marinos o capas de hielo. Estas trampas cumplen dos condiciones esenciales: (i) una deposición continua de sedimentos, que permite una acumulación gradual y prolongada en el tiempo, y (ii) unas condiciones ambientales favorables para la conservación, principalmente con bajas concentraciones de oxígeno, que inhiben la oxidación y la descomposición biológica. En estos depósitos sedimentarios se encuentran registros cronológicos que abarcan cientos o miles de años, con una alta resolución temporal. Las capas de sedimentos acumulado se interpretan como las páginas de un libro, donde las capas más profundas representan el pasado remoto, y las capas superficiales, el presente (Last & Smol, 2002).

En Canarias, encontrar trampas sedimentarias como las descritas es complicado. Los lagos, turberas y capas de hielo no existen en las islas. Aunque los sedimentos marinos están disponibles en las aguas circundantes, su acceso es difícil, y presentan la desventaja de abarcar grandes áreas, lo que proporcionan información a escala regional, pero limita la reconstrucción de condiciones locales específicas.

A pesar de esto, en el pasado existieron lagunas en Canarias, como confirman descripciones históricas y algunos topónimos. Estas pequeñas acumulaciones de agua, a veces temporales, pudieron actuar como depósitos en lugar de lagos. Los primeros estudios paleoecológicos se realizaron en la antigua laguna de La Laguna, el único depósito de este tipo conocido en las islas (Criado, 2002). Otra opción son los fondos de cráteres o calderas, donde los sedimentos acumulados retienen agua estacionalmente, creando condiciones favorables para la deposición y preservación de restos, aunque de manera más irregular que en los lagos (Fig. 1). Las lagunas estacionales, aunque útiles, presentan desafíos, como la deposición discontinua y una conservación limitada de los restos, lo que complican su análisis.

Recientemente, se han explorado otros tipos de depósitos, como los yacimientos arqueológicos, especialmente en cuevas. Los suelos de las cuevas acumulan sedimentos y otros materiales que se conservan bien gracias a las temperatura bajas y constantes, similares a las de un refrigerador. Estos depósitos permiten obtener información tanto sobre las condiciones ambientales como sobre la actividad humana en el entorno. Otro recurso valioso son los coprolitos (heces fosilizadas), y los cálculos dentales, que retienen restos de plantas y animales consumidos y microorganismos asociados. Aunque estos materiales no acumulan restos de forma progresiva en el tiempo, funcionan como cápsulas temporales, proporcionando información valiosa sobre la dieta y el entorno de las especies que los

produjeron. Además, su origen no siempre está vinculado a contextos arqueológicos, ya que pueden proceder de animales domésticos o nativos.



Fig. 1. Laguna estacional que se forma en el cráter de La Caldera de La Orotava (Tenerife) y sirve como depósito de indicadores paleoecológicos.

¿Qué indicadores estudiamos?

En paleoecología, la reconstrucción de los ecosistemas suele comenzar con el análisis de las comunidades vegetales, es decir, buscando indicadores de plantas (Birks, 2019). Esto se realiza mediante el estudio de diversos tipos de restos vegetales. Los macrofósiles, como troncos petrificados, impresiones de hojas y flores, o semillas, son restos visibles a simple vista por su tamaño, y ofrecen una buena resolución taxonómica, ya que sus características morfológicas permiten identificar especies con precisión. Sin embargo, la deposición y preservación de estos restos está limitada a condiciones específicas, lo que dificulta encontrar depósitos con una acumulación constante de macrofósiles. Estos restos proporcionan información detallada de momentos concretos, pero no permiten obtener una visión completa de la historia de la comunidad vegetal.

Por otro lado, los restos microscópicos de plantas, como cutículas, polen y esporas, requieren de lupas o microscopios para su visualización. Estos microfósiles, al ser producidos en grandes cantidades y preservarse

relativamente bien, son más comunes en depósitos que abarcan largos periodos de tiempo, lo que facilita una resolución temporal más continua. Sin embargo, su resolución taxonómica no es tan precisa como la de los microfósiles, ya que sus morfologías son similares entre especies, géneros, e incluso familias, y solo permiten la identificación con certeza a niveles taxonómicos superiores.

Los principales microfósiles vegetales analizados en paleoecología incluyen granos de polen, esporas de helechos, fitolitos (estructuras de sílice biogénica formadas por algunas plantas) y algas microscópicas. El polen fósil, incluye en sentido amplio el polen de plantas vasculares con flor y esporas de helechos. Producido en abundancia por las plantas y protegido por la esporopolenina (una sustancia altamente resistente) es uno de los indicadores más utilizados debido a su capacidad para perdurar en depósitos sedimentarios durante milenios. Además, su distribución homogénea en el aire permite obtener una muestra representativa de la vegetación de la región (Fig. 2), ya que se deposita en cuerpos de agua y queda atrapado en las capas de sedimentos. Su abundancia permite obtener datos cuantitativos que pueden ser analizarlos con técnicas estadísticas (Bennet & Willis, 2002).

Otro indicador paleoecológico importante son los fragmentos de carbón, que proporcionan información sobre los incendios del pasado (Fig. 2). Los fragmentos de carbón de mayor tamaño (macrocarbones) indican fuegos locales, ya que no se dispersarían a grandes distancias desde el área incendiada. En cambio, los fragmentos más pequeños (microcarbones) pueden dispersarse más lejos, reflejando incendios tanto locales como regionales.

Las esporas de hongos también son indicadores valiosos, ya que algunos hongos están asociados a sustratos específicos, como madera quemada, raíces, eventos de erosión o heces de herbívoros (Fig. 2). Un aumento en la cantidad de estas esporas puede señalar la presencia o aumento de las densidades de grandes herbívoros, lo que en Canarias podría estar relacionado con la llegada de los primeros pobladores y sus animales. Otros indicadores, como las diatomeas, proporcionan información sobre parámetros ambientales específicos como temperatura, pH y salinidad en el momento de su deposición (Smol *et al.*, 2001a).

Además de estos restos físicos, en la actualidad se están incorporando nuevos indicadores moleculares, como los biomarcadores, que son compuestos químicos como lípidos que indican la presencia de ciertos grupos de organismos, incluidas plantas. Recientemente, el análisis de ADN antiguo se ha sumado a las herramientas de estudio en paleoecología. Este ADN, proveniente de restos de organismos antiguos, aunque fragmentado y modificado químicamente, permite identificar una amplia variedad de organismos con una alta resolución taxonómica. Aunque esta técnica es muy prometedora, presenta desafíos significativos, como la baja conservación del

ADN en condiciones de humedad y altas temperaturas, así como la necesidad de estrictos protocolos de laboratorio para evitar la contaminación con ADN moderno (Rawlence *et al.*, 2014).

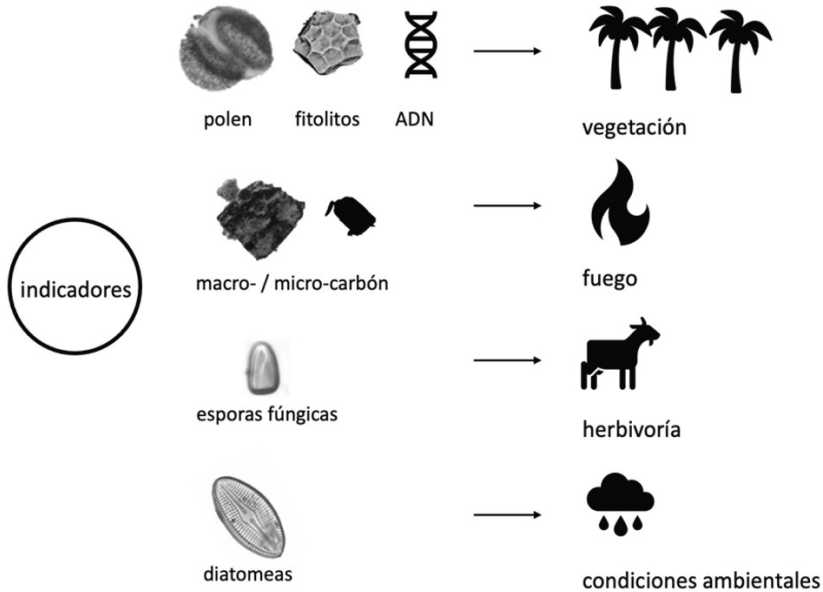


Fig. 2. Restos microscópicos de plantas, hongos, y algas que se utilizan como indicadores paleoecológicos.

La integración de múltiples fuentes de información es esencial en paleoecología para obtener una visión más completa y precisa de los ecosistemas del pasado. Un excelente ejemplo de esta estrategia de incorporar múltiples técnicas de análisis e indicadores, es el estudio de Ötzi, el «hombre de hielo», una momia de unos 5300 años de antigüedad descubierta en los Alpes (Iceman Project, 2024). Su cuerpo, notablemente bien conservado debido a la congelación, ha sido objeto de numerosos análisis: desde el estudio de su ADN, huesos, pelo, piel, y parásitos, hasta el polen adherido a su ropa y su contenido estomacal. Estos estudios han revelado detalles sobre su vida, origen, y actividades, proporcionado una imagen increíblemente detallada de la vida de un hombre de hace 5000 años.

¿Cómo procesamos y analizamos las muestras?

Una vez identificado un lugar con buena preservación de indicadores paleoecológicos, el procedimiento para su estudio comienza con la

recolección de material sedimentario. Esto se lleva a cabo mediante catas, que pueden ser manuales o asistidas por maquinaria. Las catas permiten extraer secuencias de sedimentos estratificados, donde cada capa representa un periodo de tiempo específico. Para obtener una visión temporal precisa, se toman muestras de sedimentos a intervalos regulares a lo largo de la secuencia. El contexto temporal de estas muestras se determina a través de técnicas de datación, siendo la datación por radiocarbono la más utilizada. Esta técnica permite obtener fechas para sedimentos de hasta 40000 años de antigüedad, lo que nos permite ubicar en el tiempo los distintos niveles de la secuencia sedimentaria.

A partir de estas muestras se procede a la extracción de los indicadores específicos que se desean analizar, como polen, esporas, o fragmentos de carbón. Dependiendo del tipo de indicador, las muestras pasan por diversos procesos de laboratorio, donde se emplean procedimientos físico-químicos para aislar y concentrar los indicadores de interés. Una vez concentrados, los indicadores son observados bajo microscopio, identificados y cuantificados. Cuando se recopilan datos de múltiples depósitos sedimentarios en diferentes localizaciones, es posible ampliar la reconstrucción paleoecológica a una escala espacial mayor, proporcionando una representación detallada de la historia ambiental de una región (Birks & Birks, 1980).

Los datos resultantes de la identificación y recuento de los indicadores se representan en diagramas, que permiten visualizar la abundancia de especies, géneros, familias, o tipos morfológicos, a lo largo del tiempo. En estos diagramas, el eje vertical indica el tiempo, a menudo acompañado de la profundidad del sedimento, ya que cada nivel de profundidad corresponde a una edad determinada. Cada línea en el diagrama representa un tipo de indicador, como una especie o elemento químico, y las fluctuaciones en las líneas reflejan cambios en su abundancia relativa (Fig. 3). Por ejemplo, una especie de planta puede ser muy abundante en los niveles más profundos (es decir, en los periodos más antiguos) pero su presencia puede disminuir o desaparecer en capas más superficiales, lo que sugiere un cambio en el ecosistema. Además, los diagramas suelen incluir indicadores adicionales, como fragmentos de carbón, que reflejan la ocurrencia de incendios a lo largo del tiempo. Un aumento de la concentración de carbón en las capas superiores, por ejemplo, indicaría un aumento en la frecuencia de incendios en tiempos más recientes.

Finalmente, se aplican análisis estadísticos para identificar zonas estables y zonas de cambio en la composición de los organismos a lo largo del tiempo. Las zonas estables indican comunidades que se han mantenido sin grandes variaciones durante largos periodos, mientras que las zonas con cambios abruptos señalan modificaciones en la composición del ecosistema. Estos cambios pueden estar relacionados con factores ambientales, como

variaciones climáticas, o con factores antrópicos, como la llegada de poblaciones humanas y sus actividades.

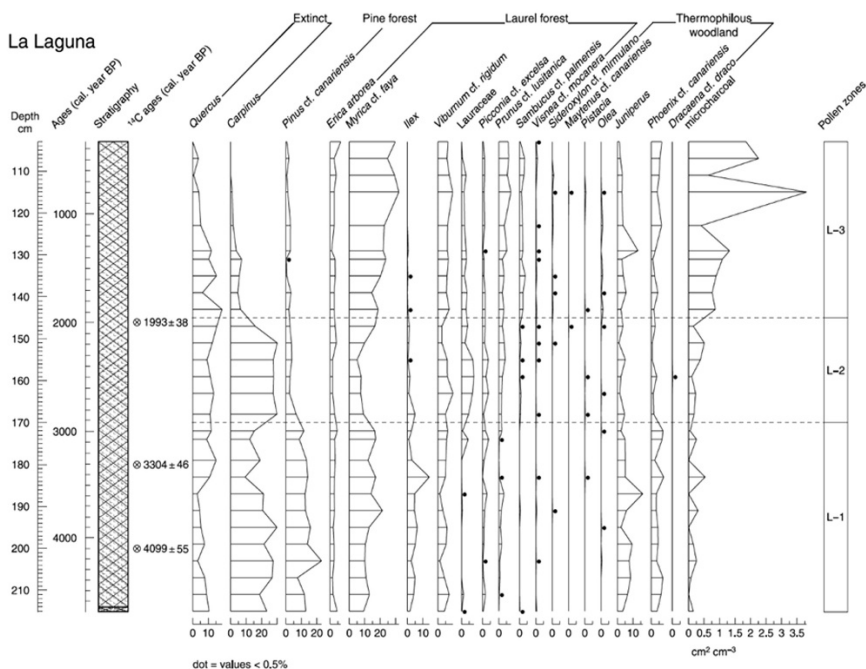


Fig. 3. Diagrama de polen de La Laguna (Tenerife), representando los principales tipos polínicos de árboles y su variación en los últimos 4700 años (de Nascimento *et al.*, 2009).

¿Qué es lo natural?

Una vez entendidos los métodos de la paleoecología, surge una pregunta clave: ¿qué busca responder esta disciplina? Una de las cuestiones fundamentales que solo podemos abordar con una visión a largo plazo de los ecosistemas es determinar qué es lo natural. Es decir, cuando observamos un entorno aparentemente natural, ¿estamos ante un paisaje verdaderamente bien conservado o frente al resultado de una intervención humana a lo largo del tiempo? (Willis & Birks, 2006).

Numerosos estudios científicos en diversas regiones del mundo revelan que incluso los ecosistemas considerados más intactos, como las «selvas vírgenes» de las zonas tropicales, no resultan tan prístinos como se creía. Estos ecosistemas, considerados santuarios de biodiversidad bien conservados, han sido examinados a través de evidencias paleoecológicas y arqueológicas, y se ha descubierto que muchas selvas en regiones como el

Amazonas, África tropical y el sudeste asiático han sido modificadas por el ser humano durante milenios. No solo han sido habitadas de forma puntual, sino que han soportado actividades humanas como la agricultura, la quema de tierras para cultivos y la extracción de metales. Estas prácticas han dejado una huella significativa en estos ecosistemas, lo que cuestiona la idea de su estado «virgen» (Willis *et al.*, 2004).

La influencia humana en los ecosistemas depende, en última instancia, de cuánto tiempo han estado los humanos presentes en una región. Los humanos modernos se originaron en el este de África hace aproximadamente 200000 años y, desde entonces, se expandieron hacia Asia, Europa y más tarde hacia América, llegando a este continente hace unos 16000 años. Las islas, por su inaccesibilidad tanto para humanos como para otras especies, suelen tener una ocupación humana más reciente, lo que las convierte en sitios ideales para estudiar la influencia de las actividades humanas en comparación con las regiones continentales. En las islas, no es necesario retroceder tanto el tiempo para encontrar sistemas en condiciones naturales, lo que facilita estudiar sus dinámicas antes y después de la llegada humana. Paradójicamente, estos ecosistemas insulares han sido de los últimos en ser explorados con técnicas paleoecológicas.

Si analizamos la cronología de ocupación de las islas (Fig. 4), veremos que pocas islas fueron pobladas hace más de 50000 años, y todas ellas están cerca de los continentes. Las islas ocupadas entre el Paleolítico superior y el inicio del Holoceno (hace entre 50000-11700 años) son algo más numerosas, pero también cercanas a masas continentales. La mayoría de las islas fueron colonizadas durante el Holoceno, un periodo que abarca los últimos 11700 años, coincidiendo con el final de la última glaciación y el desarrollo de las culturas neolíticas, cuando los humanos empezaron a domesticar plantas y animales. Por último, las islas más remotas y distantes de otras islas o zonas continentales, fueron ocupadas en tiempos recientes, principalmente durante la Edad Moderna (últimos 500 años), en el contexto de la expansión europea impulsada por la navegación.

Independientemente de cuándo fueron pobladas, muchas islas han pasado por varias fases de colonización. En una revisión sobre extinciones en islas, Wood *et al.* (2017) identificaron tres etapas principales de ocupación: la histórica o europea, la prehistórica o inicial por poblaciones no europeas, y las visitas previas al poblamiento permanente, cuando las islas fueron descubiertas, pero no ocupadas de forma estable. Estas visitas a menudo implicaban el uso temporal de recursos y la introducción de animales para futuros usos. Según el modelo propuesto por los autores, los impactos humanos, como la pérdida de cobertura forestal, ocurrieron en pulsos vinculados a cada fase de ocupación. La deforestación no fue necesariamente más intensa en una fase específica, sino que se produjo en cada una de ellas. Asimismo, las extinciones de especies responden a cada etapa de

poblamiento, acumulándose con el tiempo. La introducción de especies invasoras, en particular depredadores, es una consecuencia recurrente de estos eventos de poblamiento, siendo los predadores uno de los principales responsables de las extinciones.

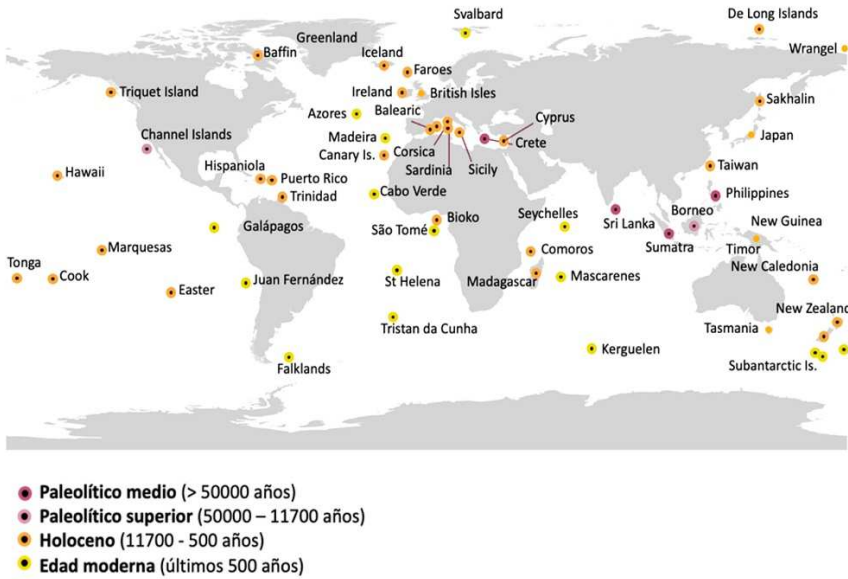


Fig. 4. Fechas de poblamiento de islas del mundo. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_first_human_settlements.

El poblamiento de las islas

Delimitar el momento exacto del poblamiento de las islas continúa siendo un desafío. En muchos archipiélagos, incluido el de Canarias, persisten debates sobre las fechas de ocupación humana (Santana *et al.*, 2024). Un caso destacado en el que la paleoecología ha sido crucial para esclarecer este aspecto es Nueva Zelanda (Wilmshurst *et al.*, 2008). Durante mucho tiempo, los arqueólogos debatieron si los polinesios habían colonizado estas islas 200 años antes de la era común (AEC) o en torno al año 1000 de la era común (EC), resultando en una incertidumbre de aproximadamente 1200 años.

Para resolver esta discrepancia, se aplicó un procedimiento de higiene cronológica, eliminando dataciones poco fiables debido a factores como la calidad del material, su origen o el laboratorio responsable. En lugar de datar restos humanos, se analizaron huesos de la rata del Pacífico (*Rattus exulans*), una especie comensal introducida por los polinesios en Nueva Zelanda, y semillas mordisqueadas por estas ratas. Al ser material vegetal de vida corta,

estas semillas proporcionan fechas más precisas que, por ejemplo, las maderas de árboles longevos. Combinando estas dataciones, se determinó que los polinesios llegaron a Nueva Zelanda alrededor del año 1280 EC, lo que ajusta la llegada unos 100-300 años después de lo que indicaban estimaciones previas. Este es un ejemplo de cómo la paleoecología puede afinar las fechas de poblamiento y mejorar la comprensión de los cambios en los ecosistemas asociados a la llegada de los humanos.

En Macaronesia, las fechas de colonización por parte de los portugueses están bien establecidas para la mayoría de los archipiélagos, incluyendo Azores, Madeira y Cabo Verde. En Canarias, también se conocen con precisión las fechas de llegada de los conquistadores normandos y castellanos. Sin embargo, el poblamiento previo a la conquista presenta un margen temporal mucho más amplio, similar al caso de Nueva Zelanda. Hasta hace poco, se asumía que los primeros pobladores llegaron a Canarias en algún momento del primer milenio AEC (Santana *et al.*, 2024).

Los archipiélagos portugueses, como Azores y Madeira, muestran cómo incluso con fechas de poblamiento bien definidas, la paleoecología puede revelar procesos más complejos. En Azores un estudio paleoecológico de la isla de São Miguel detectó polen de centeno y otros cereales como evidencia de cultivo, junto con una disminución de polen de cedros (*Juniperus brevifolia*) que dominaban la vegetación nativa, que datan del año 1287 EC, es decir, 150 años antes de la llegada de los portugueses en 1430-1450 EC (Rull *et al.*, 2017). En Madeira, se descubrieron huesos de ratón doméstico, una especie introducida, que datan de 1036 CE, aproximadamente 400 años antes de la llegada de los portugueses entre 1420-1460 CE (Rando *et al.*, 2014). Además, análisis genéticos sugieren que estos ratones estaban más relacionados con poblaciones del norte de Europa que con los ratones de Portugal continental, lo que apunta a un poblamiento vikingo previo (Gündüz *et al.*, 2001; Förster *et al.*, 2009).

En Canarias, el debate sobre las fechas de poblamiento ha sido particularmente intenso (Velasco *et al.*, 2020; del Arco, 2021; Atoche & del Arco, 2023). Un artículo reciente ha abordado esta cuestión aplicando el criterio de higiene cronológica a las dataciones de materiales que evidencian ocupación humana previa a la conquista (Santana *et al.*, 2024). Este enfoque implica descartar dataciones poco fiables, como aquellas obtenidas de materiales de organismos longevos, como la madera de árboles, que pueden añadir siglos a la datación, un fenómeno conocido como «*old wood effect*» o de la madera vieja. Con este método, se han recopilado dataciones en yacimientos arqueológicos de todas las islas Canarias provenientes de materiales, de vida corta, como huesos y semillas, que proporcionan fechas más precisas sin añadir siglos a las dataciones. También se descartan o calibran las fechas de restos marinos, como conchas de moluscos, que pueden

incorporar carbono del fondo marino, causando el envejecimiento conocido como efecto de reservorio marino.

Según este modelo, el poblamiento en Canarias comienza entre el 315-15 AEC con el asentamiento romano del islote de Lobos (fase romana), mientras que el resto de las islas se colonizan por pobladores del norte de África entre el 70-530 EC (fase bereber). Sin embargo, Gran Canaria muestra una fecha de poblamiento posterior (490-530 EC), lo que resulta curioso dada su posición central y su mayor superficie, elevación y complejidad topográfica, en comparación con las islas que están en los extremos del archipiélago, que se poblaron en un periodo de menos de tres siglos (70-330 EC). Esto podría explicarse por un sesgo en las muestras datadas, ya que muchas provienen de restos humanos encontrados en cuevas de enterramiento en barrancos y zonas de montaña, mientras que en las zonas de costa donde posiblemente se asentaron los primeros pobladores, se han encontrado menos yacimientos y materiales antiguos.

Como ocurre en Azores y en Madeira, los estudios paleoecológicos han revelado cambios en la vegetación y el régimen de incendios anteriores a las fechas arqueológicas conocidas. En Gran Canaria, estos cambios se inician entre 400-300 AEC; en Tenerife, entre 160 AEC - 24 EC; y en La Gomera, en 150 EC (de Nascimento *et al.*, 2020). Estas evidencias sugieren la presencia humana anterior a las fechas arqueológicas, de unos 800, 300 y 150 años en Gran Canaria, Tenerife y La Gomera, respectivamente. Para explicar esta discrepancia, se barajan dos hipótesis. La primera plantea que el impacto detectado corresponde a visitas tempranas sin asentamiento permanente (fase de pre-poblamiento). La segunda sugiere que el registro paleoecológico refleja la presencia de los primeros pobladores, pero que las evidencias arqueológicas aún no han sido detectadas debido a la ubicación de los yacimientos o la preservación del registro.

Alternativamente, se ha propuesto que las muestras paleoecológicas se datan a partir de fragmentos de carbón no identificados que podrían proceder de plantas longevas, lo que envejece artificialmente las muestras en varios siglos (de Nascimento *et al.*, 2020; Santana *et al.*, 2024). En definitiva, los estudios paleoecológicos, además de contribuir a esclarecer las etapas iniciales del poblamiento humano en islas, son un complemento clave para entender el desarrollo de las sociedades insulares y sus impactos en el medio natural.

¿Qué nos dice el registro paleoecológico en Canarias?

Tenerife

El grupo de Ecología y Biogeografía Insular de la ULL ha recolectado muestras de depósitos paleoecológicos y yacimientos arqueológicos en todas

las islas Canarias. El primer estudio paleoecológico basado en el análisis de polen fósil se realizó en La Laguna, aprovechando la cuenca sedimentaria inundada de 27 ha, que existió hasta finales del siglo XVII (Criado, 2002). Este registro cubre un periodo de 4700-380 años antes del presente, abarcando el Holoceno tardío, pero no abarca completamente el periodo reciente (de Nascimento *et al.*, 2009). Es común que las partes más recientes de los registros falten en muchos sitios debido a la extracción de suelos fértiles para la agricultura, lo que puede llevar a la pérdida de datos históricos.

El análisis de polen, esporas y carbones en esta secuencia mostró que, durante los últimos 5000 años, el polen dominante en el entorno de La Laguna proviene de plantas del monteverde (Fig. 5). Identificar los tipos de bosque que incluye el monteverde, como laurisilva o fayal-brezal, es complicado, ya que muchas de las especies arbóreas de la laurisilva son polinizadas por insectos que dispersan el polen de forma efectiva, y, por tanto, producen menos polen. Por esta razón las lauráceas y otras especies están infrarrepresentadas en el registro fósil. En contraste, especies como la faya y el brezo, que son polinizadas principalmente por el viento, producen grandes cantidades de polen, lo que resulta en una sobrerrepresentación de estas especies en el registro fósil (de Nascimento *et al.*, 2015).

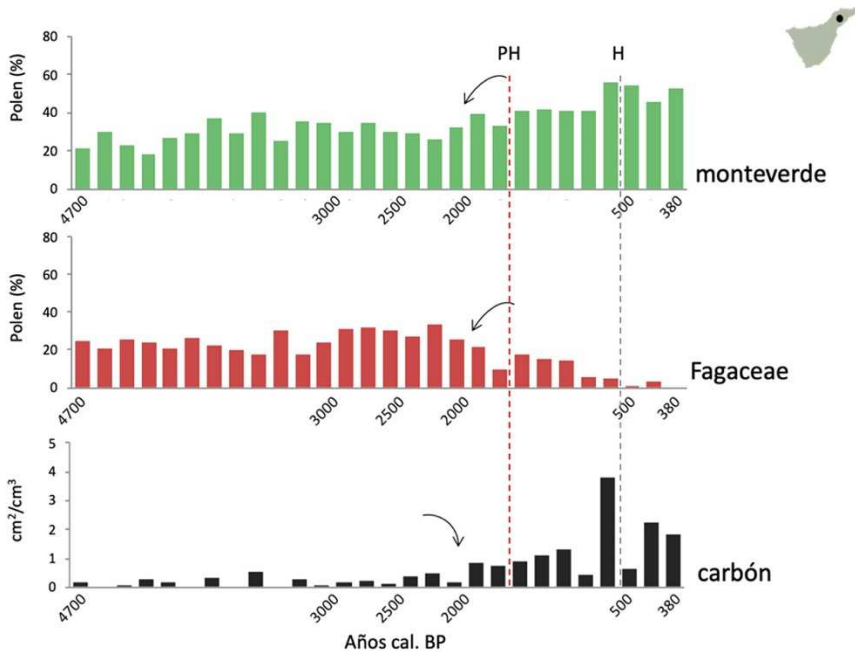


Fig. 5. Diagrama de polen y carbón de La Laguna (Tenerife), representando los principales tipos de vegetación y el régimen de incendios en los últimos 4700 años (de Nascimento *et al.*, 2009). PH: periodo pre-histórico, H: periodo histórico, cal. BP: años calibrados antes de 1950.

Además del polen representativo del monteverde, se detectaron dos tipos polínicos de la familia de las fagáceas, *Quercus* (encinas y robles) y *Carpinus* (carpes). Aunque estos árboles no son considerados nativos de Canarias, los altos porcentajes de polen encontrados sugieren que formaban parte de la vegetación del entorno de la laguna. La presencia de fagáceas nunca ha sido observada en otros sitios estudiados en las islas, lo que sugiere una distribución local específica que pudo haber cambiado con el tiempo. El principal cambio registrado en La Laguna fue la disminución y eventual desaparición de estos árboles hace unos 2000 años, coincidiendo con un aumento en la presencia de especies del monteverde y una mayor concentración de carbón, posiblemente relacionado con la actividad humana.

Otro registro de Tenerife, aún no publicado, proviene de La Caldera de La Orotava, un antiguo cráter con una laguna estacional. Esta secuencia abarca un periodo de 3500 años hasta el presente. El polen dominante en el registro es el de pino, indicando la presencia de un pinar, acompañado por especies del monteverde, como brezos y fayas antes de la llegada de los humanos. Se observa variabilidad en la presencia del pinar en relación con la concentración de carbón y los incendios, con el pinar recuperándose después de los incendios. Esta dinámica continúa durante el periodo de poblamiento anterior a la conquista, aunque con una reducción que indica la apertura del bosque. En el periodo histórico, la representación del pinar disminuye significativamente, siendo reemplazado por otras especies del monteverde, reflejando la resistencia del pinar a los incendios incluso en tiempos históricos, aunque su distribución y densidad se redujeron con la explotación forestal.

La Gomera

En La Gomera, se estudió la laguna estacional que se forma en el cráter de Laguna Grande, en el Parque Nacional del Garajonay (Nogué *et al.*, 2013). Esta secuencia sedimentaria representa el registro más antiguo estudiado en Canarias, con una antigüedad de 9600 años y cubriendo casi todo el Holoceno (Fig. 6). La señal dominante es de monteverde, con una notable presencia de polen de palmeras y sauces durante los primeros 5500 años, indicando condiciones de mayor humedad. Hace 5500 años, se produce un cambio significativo en la abundancia de estas especies, coincidiendo con el fin del periodo húmedo africano y el inicio de la desertificación de la región, asociada con la expansión del Sahara. Este cambio climático provocó una mayor aridez regional y está acompañado por picos de carbón, sugiriendo incendios esporádicos en la laurisilva. Hace unos 1800 años, durante el periodo previo a la conquista, se observa un aumento en la concentración de carbones a escala local; sin embargo, no se detectan cambios en la composición del bosque, lo que sugiere que la laurisilva del Garajonay ha

sido relativamente estable y poco alterada por la presencia humana, incluso durante el periodo histórico.

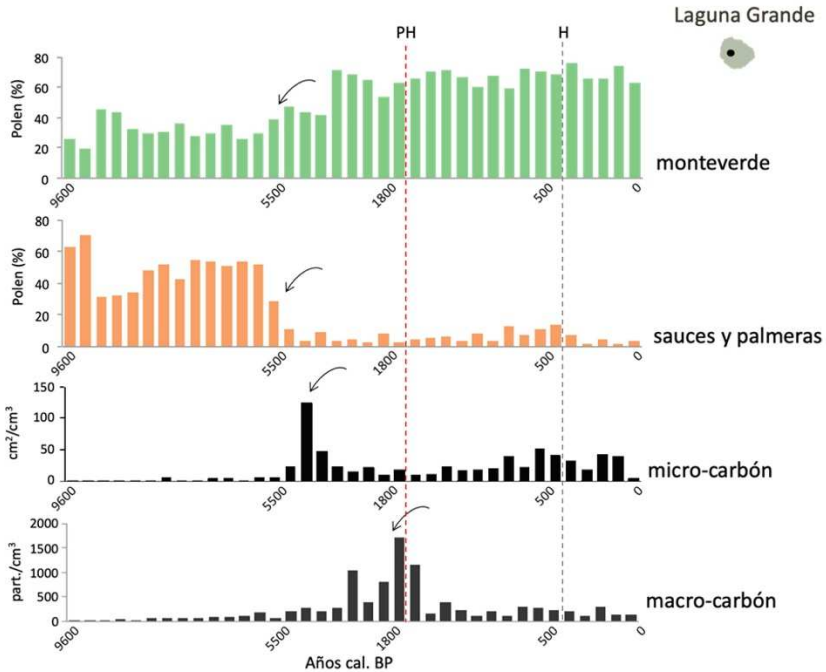


Fig. 6. Diagrama de polen y carbón de la Laguna Grande (La Gomera), representando los principales tipos de vegetación y el régimen de incendios en los últimos 9600 años (Nogué *et al.*, 2013). PH: periodo pre-histórico, H: periodo histórico, cal. BP: años calibrados antes de 1950.

Gran Canaria

En Gran Canaria, el primer sitio estudiado fue la Laguna de Valleseco, ubicada en el fondo de un cráter (de Nascimento *et al.*, 2016). El registro abarca entre 4500-1500 años, dejando una brecha en el periodo de poblamiento (Fig. 7). La laguna, situada en una caldera muy antropizada, en una zona recreativa con un hipódromo y utilizada para cultivo en el pasado, ofrece una visión de las condiciones anteriores a la llegada de los humanos. A pesar de la expectativa de encontrar una señal dominante de monteverde debido a la elevación de Valleseco (870 m), se detectó una prevalencia de especies arbóreas del bosque termófilo, como sabinas y palmeras, con una señal menor de monteverde. Las sabinas comienzan a disminuir hace unos 2300 años, coincidiendo con un aumento en la frecuencia de incendios. Se descartaron las erupciones volcánicas contemporáneas como causa del

cambio en la vegetación, ya que eran erupciones tranquilas, con coladas encauzadas por barrancos, que causaron poca afección al entorno, mientras que la Laguna de Valleseco quedó fuera del alcance de la erupción más violenta de Bandama. La reducción del bosque termófilo se atribuye a la posible presencia humana y al uso del fuego. Además, se encontró polen de cereal, sugiriendo que los primeros pobladores de Gran Canaria estaban provocando cambios en el entorno con sus actividades.

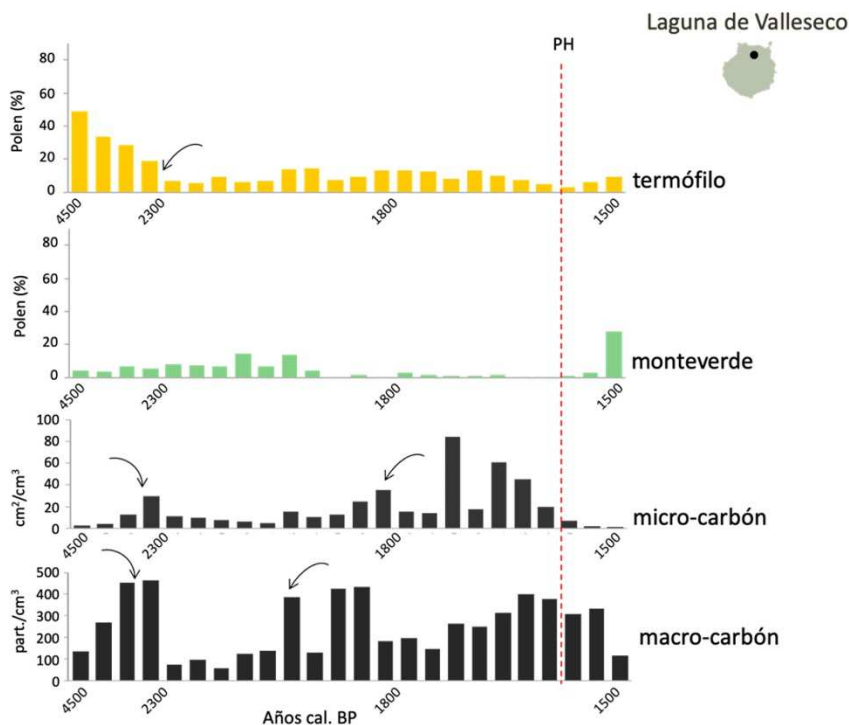


Fig. 7. Diagrama de polen y carbón de la Laguna de Valleseco (Gran Canaria), representando los principales tipos de vegetación y el régimen de incendios en los últimos 4500 años (de Nascimento *et al.*, 2015). PH: periodo pre-histórico, cal. BP: años calibrados antes de 1950.

En un sitio de mayor elevación, La Calderilla (Fig. 8), el registro muestra una señal dominante de pino con variaciones características de un pinar abierto y seco (Ravazi *et al.*, 2021). Las oscilaciones en la concentración de carbones indican incendios frecuentes que afectan al pinar de forma transitoria, con recuperación constante. El pinar se mantiene presente durante todo el periodo anterior a la ocupación humana. Hace unos 2300-2000 años, se observa un descenso significativo en la cobertura del pinar, posiblemente

relacionado con la llegada de los primeros pobladores a la isla. Durante el periodo de poblamiento previo a la conquista, el pinar sigue en declive y no recupera su extensión pre-humana, aunque continúa presente en la zona. En el periodo histórico, el pinar casi desaparece, con una recuperación que comienza con las plantaciones de los años 50.

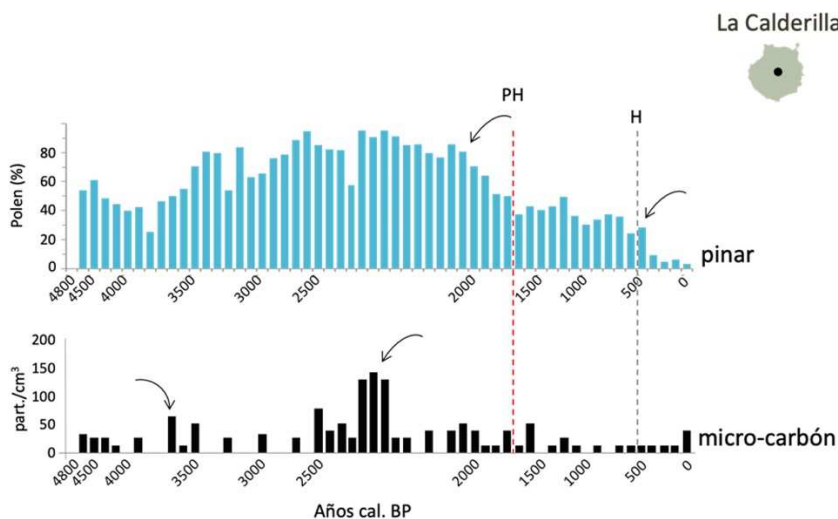


Fig. 8. Diagrama de polen y carbón de la Calderilla (Gran Canaria), representando los principales tipos de vegetación y el régimen de incendios en los últimos 4800 años (Ravazzi *et al.*, 2021). PH: periodo pre-histórico, H: periodo histórico, cal. BP: años calibrados antes de 1950.

Fuerteventura

Finalmente, en Fuerteventura, el registro abarca desde los 3600-2200 años, aunque falta la parte superior del registro, por lo que no se puede interpretar la vegetación tras la llegada de los humanos. Este registro ha proporcionado una señal pre-humana de más de 1000 años. La vegetación dominante está representada por matorrales costeros con una gran diversidad de tipos polínicos, aunque el polen está bastante degradado. Sin embargo, la señal más llamativa es la presencia de polen de pinos, sabinas, brezos y fayas, que sugiere que estos árboles estaban presentes en la isla en esa época. Estas señales comienzan a desaparecer alrededor de 3200-3000 años, probablemente en relación con una tendencia hacia la aridez que afectó a la región, contribuyendo a la reducción de los bosques de Fuerteventura antes de la llegada de los humanos.

En resumen, los resultados de estos estudios en diversas islas canarias muestran que, antes del poblamiento, los bosques respondieron a cambios climáticos significativos, y que los incendios eran recurrentes en condiciones

naturales, especialmente en zonas de pinar. Tras la llegada de los primeros pobladores, se observaron cambios en la vegetación y un aumento en la intensidad del régimen de incendios.

¿Cómo se aplica la paleoecología en la gestión ambiental?

En el campo de la gestión ambiental, el análisis de la dinámica de la vegetación del pasado aporta información valiosa y aplicable en diversos ámbitos. Al describir las comunidades vegetales en diferentes épocas, podemos establecer referencias para proyectos de restauración. Esto facilita la identificación de ecosistemas y especies que existían antes de la intervención humana, proporcionando una base para la restauración de ecosistemas.

Además, la reconstrucción del clima pasado y la respuesta de las especies a los cambios climáticos a lo largo del tiempo brindan información crucial para anticipar los efectos del cambio climático actual. Comprender cómo los ecosistemas han respondido a variaciones climáticas anteriores ayuda a prever cómo podrían reaccionar en el futuro. También, es posible reconstruir el régimen de incendios antes de la colonización y a lo largo de las distintas etapas de poblamiento para comprender la dinámica natural de incendios en los ecosistemas y cómo estos han respondido a los regímenes modificados.

El análisis de registros antiguos también permite examinar las dietas de animales del pasado, tanto de especies introducidas, como herbívoros, y evaluar su impacto en el ecosistema, como de especies nativas que se han extinguido, proporcionando una visión detallada de su ecología. Asimismo, podemos identificar la introducción y extinción de especies a lo largo del tiempo y relacionar estos eventos con las diferentes etapas de poblamiento.

Un ejemplo práctico de la aplicación de estudios paleoecológicos en la gestión de la biodiversidad, se encuentra en el Parque Nacional del Teide. Los gestores del parque necesitaban comprender la dinámica histórica de la vegetación de cumbre para enfrentar desafíos futuros de su gestión relacionados con el cambio climático, la presión de herbívoros introducidos, y los incendios. Un aspecto específico de su gestión es la posibilidad de que haya existido un bosque de cedros en la cumbre de Tenerife. Determinar su existencia y entender las causas de su desaparición puede informar el diseño de futuros proyectos de restauración. Los análisis de sondeos que se han llevado a cabo, han permitido examinar la dinámica de las comunidades vegetales y sus respuestas a la ocupación humana, el clima y el volcanismo en los últimos 3000 años.

Los estudios paleoecológicos en Canarias han contribuido a desarrollar modelos globales sobre el impacto humano en islas. Estos patrones observados no son exclusivos de Canarias; se repiten en diversas islas oceánicas, independientemente de la etapa de poblamiento. En todo el mundo, la llegada de los humanos a las islas ha provocado cambios en la vegetación y un aumento significativo en el número de especies introducidas (Nogué *et al.*, 2021, Walentowitz *et al.*, 2023).

Bibliografía

- AFONSO-CARRILLO, J. (Ed.) (2024). *Islas. Espléndidos laboratorios naturales*. XIX Semana Científica Telesforo Bravo, Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias, Puerto de la Cruz.
- ATOCHÉ, P. & M.C. DEL ARCO (2023). Carbono 14 y colonización protohistórica de las Islas Canarias: La importancia del contexto arqueológico en la interpretación histórica. *Anu. Estud. Atlánt.* 60: 1-24.
- BENNETT, K.D. & K.J. WILLIS (2002). Pollen. In Smol, J.P., H.J.B. Birks & W.M. Last (Eds.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: terrestrial, algal, and siliceous indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- BIRKS, H.J.B. (2019). Contributions of Quaternary botany to modern ecology and biogeography. *Plant Ecol. Divers.* 12: 189-385.
- BIRKS, H.J.B. & H.H. BIRKS (1980). *Quaternary palaeoecology*. Edward Arnold. London.
- CRiado, C. (2002). *Breve e incompleta historia del antiguo lago de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna*. Concejalía de Cultura y Patrimonio Histórico Artístico. San Cristóbal de La Laguna.
- DE NASCIMENTO, L., S. NOGUÉ, A. NARANJO-CIGALA, C. CRIADO, M. MCGLONE, E. FERNÁNDEZ-PALACIOS & J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS (2020). Human impact and ecological changes during prehistoric settlement on the Canary Islands. *Quat. Sci. Rev.* 239: 106332.
- DE NASCIMENTO, L., S. NOGUÉ, C. CRIADO, C. RAVAZZI, R.J. WHITTAKER, K.J., WILLIS & J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS (2016). Reconstructing Holocene vegetation on the island of Gran Canaria before and after human colonization. *Holocene* 26:113-125.
- DE NASCIMENTO, L., S. NOGUÉ, S. FERNÁNDEZ-LUGO, J. MÉNDEZ, R. OTTO, R.J. WHITTAKER, K.J. WILLIS & J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS (2015). Modern pollen rain in Canary Island ecosystems and its implications for the interpretation of fossil records. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 214: 27-39.
- DE NASCIMENTO, L., K.J. WILLIS, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, C. CRIADO & R.J. WHITTAKER (2009). The long-term ecology of the lost forests of La Laguna, Tenerife (Canary Islands). *J. Biogeogr.* 36: 499-514.
- DEL ARCO, M.C. (2021). De nuevo sobre el descubrimiento y colonización antiguos de Canarias. Reflexiones sobre aspectos teóricos y datos empíricos. *Anu. Estud. Atlánt.* 67: 1-27.

- FÖSTER, D.W., I. GÜNDÜZ, A.C. NUNES, S. GABRIEL, M.G. RAMALHINHO, M.L. MATHIAS, J. BRITTON-DAVIDIAN & J.B. SEARLE (2009). Molecular insights into the colonization and chromosomal diversification of Madeiran house mice. *Mol. Ecol.* 18: 4477-4494.
- GÜNDÜZ, I., J.C. AUFRAY, J. BRITTON-DAVIDIAN, J. CATALAN, G. GANEM, M.G. RAMALHINHO, M.L. MATHIAS & J.B. SEARLE (2001). Molecular studies on the colonization of the Madeiran archipelago by house mice. *Mol. Ecol.* 10: 2023-2029.
- ICEMAN PROJECT (2024). The Iceman. <https://www.iceman.it/en/the-iceman/>
- LAST, W.M. & J.P. SMOL (Eds.) (2002). *Tracking environmental change using lake sediments: volume 1: basin analysis, coring, and chronological techniques*. Springer.
- LINDENMAYER, D.B., G.E. LIKENS, A. ANDERSEN, D. BOWMAN, C.M. BULL, E., BURNS, C.R. DICKMAN, A.A. HOFFMANN, D.A. KEITH, M.J. LIDDELL, A.J. LOWE, D.J. METCALFE, S.R. PHINN, J. RUSSELL-SMITH, N. THURGATE & G.M. WARDLE (2012). Value of long-term ecological studies. *Austral Ecol.* 37: 745-757.
- NOGUÉ, S., L. DE NASCIMENTO, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, R.J. WHITTAKER & K.J. WILLIS (2013). The ancient forests of La Gomera, Canary Islands, and their sensitivity to environmental change. *J. Ecol.* 101: 368-377.
- NOGUÉ, S., A.M. SANTOS, H.J.B. BIRKS, S. BJÖRCK, A. CASTILLA-BELTRÁN, S. CONNOR, E.J. DE BOER, L. DE NASCIMENTO, V.A. FELDE, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, C.A. FROYD, S.G. HABERLE, H. HOOGHIEMSTRA, K. LJUNG, S.J. NORDER, J. PEÑUELAS, M. PREBBLE, J. STEVENSEN, R.J. WHITTAKER, K.J. WILLIS, J.M. WILMSHURST & M.J. STEINBAUER (2021). The human dimension of biodiversity changes on islands. *Science* 372: 488-491.
- OLIVER, J.M. & A. RELANCIO (Eds.) (2007). *El descubrimiento científico de las Islas Canarias*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- RANDO, J.C., H. PIEPER & J.A. ALCOVER (2014) Radiocarbon evidence for the presence of mice on Madeira Island (North Atlantic) one millennium ago. *Proc. R. Soc. B* 281: 20133126.
- RAVAZI, C., M. MARIANI, C. CRIADO, L. GAROZZO, A. NARANJO-CIGALA, F.J. PÉREZ-TORRADO, R. PINI, A. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S. NOGUÉ, R.J. WHITTAKER, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS & L. DE NASCIMENTO (2021). The influence of natural fire and cultural practices on island ecosystems: Insights from a 4,800 year record from Gran Canaria, Canary Islands. *J. Biogeogr.* 48: 276-290.
- RAWLENCE, N.J., D.J. LOWE, J.R. WOOD, J.M. YOUNG, G.J. CHURCHMAN, Y.T. HUANG & A. COOPER (2014). Using palaeoenvironmental DNA to reconstruct past environments: progress and prospects. *J. Quaternary Sci.* 29: 610-626.
- RULL, V., A. LARA, M.J. RUBIO-INGLES, S. GIRALT, V. GONÇALVES, P. RAPOSEIRO, A. HERNÁNDEZ, G. SÁNCHEZ-LÓPEZ, D. VÁZQUEZ-LOUREIRO, R. BAO, P. MASQUE & A. SAEZ (2017). Vegetation and landscape dynamics under natural and anthropogenic forcing on the Azores Islands: A 700-year pollen record from the Sao Miguel Island. *Quat. Sci. Rev.* 159: 155-168.
- SANTANA, J., M. DEL PINO, J. MORALES, R. FREGEL, J. HAGENBLAD, A. MORQUECHO, A. BRITO-MAYOR, P. HENRÍQUEZ, J. JIMÉNEZ, J.G. SERRANO, E.

- SÁNCHEZ-CAÑADILLAS, A.C. ORDÓÑEZ & S.-P. GILSON (2024). The chronology of the human colonization of the Canary Islands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 121: e2302924121.
- SMOL, J.P., H.J. BIRKS & W.M. LAST (2001a) *Tracking environmental change using lake sediments: Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators*. Springer, Netherlands.
- SMOL, J.P., H.J. BIRKS & W.M. LAST (2001b). *Tracking environmental change using lake sediments: Volume 4: Zoological indicators*. Springer, Netherlands.
- VELASCO, J., V. ALBERTO, T. DELGADO, M. MORENO, C. LECUYER & P. RICHARDIN (2020). Poblamiento, colonización y primera historia de Canarias: El C¹⁴ como paradigma. *Anu. Estud. Atlánt.* 66: 1–24.
- WALENTOWITZ, A., B. LENZNER, F. ESSL, N. STRANDBERG, A. CASTILLA-BELTRÁN, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, S. BJÖRCK, S. CONNOR, S.G. HABERLE, K. LJUNG, M. PREBBLE, J.M. WILMSHURST, C.A. FROYD, E.J. DE BOER, L. DE NASCIMENTO, M.E. EDWARDS, J. STEVENSON, C. BEIERKUHNEIN, M.J. STEINBAUER & S. NOGUÉ (2023). Long-term trajectories of non-native vegetation on islands globally. *Ecol. Lett.* 26: 729-741.
- WILLIS K.J. & H.J.B. BIRKS (2006). What is natural? the need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science* 314: 1261-1265.
- WILLIS, K.J., L. GILLSON & T.M. BRNCIC (2004). How "Virgin" is virgin rainforest? *Science* 304: 402-403.
- WILMSHURST, J.M., A.J. ANDERSON, T.F.G. HIGHAM & T.H. WORTHY (2008). Dating the late prehistoric dispersal of Polynesians to New Zealand using the commensal Pacific rat. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 105: 7676-7680.
- WOOD, J.R., J.A. ALCOVER, T.M. BLACKBURN, P. BOVER, R.P. DUNCAN, J.P. HUME, J. LOUYS, H.J.M. MEIJER, J.C. RANDO & J.M. WILMSHURST (2017). Island extinctions: processes, patterns, and potential for ecosystem restoration. *Environ. Conserv.* 44: 348-358.