

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DEL ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA GRANDE EN EL PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY

**JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS¹, LEA DE NASCIMENTO²,
SANDRA NOGUÉ³, ROBERT J. WHITTAKER⁴ Y KATHY WILLIS⁵**

RESUMEN

El estudio de las comunidades vegetales en el pasado en relación a los paleoambientes donde estas han evolucionado aporta información muy valiosa sobre procesos ecológicos ocurridos a largo plazo. Este tipo de información se está integrando cada vez más en la gestión ambiental, convirtiéndose en parte esencial para la conservación de ecosistemas y especies presentes en los parques nacionales de todo el mundo. El análisis de fósiles vegetales, en concreto de polen fósil, es a su vez la técnica más utilizada en este tipo de estudios. Una de las escasas localizaciones existentes en las Islas Canarias con potencialidad para la preservación de fósiles vegetales (granos de polen, esporas y carbón) es La Laguna Grande situada en el Parque Nacional de Garajonay (La Gomera). El objetivo de este proyecto ha sido comprobar si se han preservado fósiles vegetales en La Laguna Grande, mediante un estudio de viabilidad previa de sus sedimentos.

Para lograr dicho objetivo se realizó un sondeo con maquinaria especializada alcanzando seis metros y medio de profundidad. El primer tramo de la columna (0-4 m) consistía en sedimentos arcillosos, a partir de esta profundidad (4-6,6 m) aparecen materiales piroclásticos en descomposición mezclados con arcillas. Tan solo el tramo más superficial (0-1 m) contenía fósiles vegetales bien conservados. Las dataciones de ¹⁴C dan una edad de aproximadamente 8.400 años cal. BP para este primer metro de sedimentos.

La Laguna Grande se confirma como un yacimiento con sedimentos de gran espesor, que contienen polen, esporas y carbón fósiles bien conservados, y cuya antigüedad es suficiente para regis-

¹ José María Fernández-Palacios, Grupo de Ecología y Biogeografía Insular, Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública de Canarias (IUETSPC), Universidad de La Laguna, Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n, 38206 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. jmferpal@ull.es

² Lea de Nascimento, Grupo de Ecología y Biogeografía Insular, Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública de Canarias (IUETSPC), Universidad de La Laguna, Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n, 38206 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. leadenas@ull.es

³ Sandra Nogué, Biodiversity Institute, Oxford Martin School, Department of Zoology, University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3PS, Reino Unido. sandra.noguebosch@zoo.ox.ac.uk

⁴ Robert J. Whittaker, Biodiversity Research Group, School of Geography and the Environment, Oxford University Centre for the Environment, University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3QY, Reino Unido. robert.whittaker@ouce.ox.ac.uk

⁵ Kathy Willis, Biodiversity Institute, Oxford Martin School, Department of Zoology, University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3PS, Reino Unido. Kathy.Willis@zoo.ox.ac.uk

trar los cambios ocurridos en la vegetación del entorno al menos durante el Holoceno. Tras comprobar la viabilidad de los sedimentos proponemos la realización de un análisis completo del registro fósil de La Laguna Grande. Para obtener resultados significativos será necesario aumentar la resolución (número de submuestras en la columna), realizar nuevas dataciones y probar otros procedimientos de extracción que permitan concentrar los microfósiles en aquellos tramos aparentemente estériles.

Palabras clave: cambio climático, dinámica de la vegetación, fósiles, Holoceno, impacto humano, laurisilva, paleoecología.

SUMMARY

Understanding past plant community dynamics in relation to the palaeoenvironments where they have evolved provides valuable information about long-term ecological processes. This information is increasingly being integrated in environmental management, becoming an essential part of ecosystems and species conservation in National Parks worldwide. The analysis of fossils' plants (e.g. fossil pollen), is the most common technique used in palaeovegetation research. La Laguna Grande in Garajonay National Park (La Gomera) is one of the scarce locations with potential to preserve plant fossils (pollen, spores and charcoal) in the Canary Islands. The aim of this project is to confirm the presence of well-preserved fossils in La Laguna Grande through a technical viability study of its sediments.

A core of six and a half meters depth was obtained using a specialized drilling machine. The first section of this core (0-4 m) was compound by clayey sediments. From this depth on (4-6.6 m) altered pyroclastic material mixed with clays appeared. Only the upper meter of sediments yielded well-preserved fossils. Radiocarbon dates provided a date of approximately 8400 cal. years BP for this first meter.

La Laguna Grande is an excellent basin with deep sediments, containing well-preserved fossils and old enough to record changes in the surrounding vegetation for at least during the Holocene. After confirming the viability of these sediments we suggest performing a complete analysis of the fossil record of La Laguna Grande. A higher subsampling resolution, more radiocarbon dates and the application of alternative techniques for microfossil concentration in apparently sterile zones are recommended to obtain significant results.

Key words: climate change, fossils, Holocene, human impact, laurel forest, palaeoecology, vegetation dynamics.

INTRODUCCIÓN

El inicio del Holoceno (últimos 11.500 años de historia de La Tierra) está marcado por el fin de la última glaciación y por el desarrollo de la cultura neolítica, ambos acontecimientos convierten a este periodo en uno de los más interesantes y estudiados desde el punto de vista paleoecológico (ROBERTS 1998). Sin embargo, la infor-

mación sobre la evolución del clima, y sus consecuencias durante este periodo en Canarias es exigua. Aunque se supone que el efecto atemperador del océano Atlántico evitó indudablemente la existencia de cambios climáticos tan intensos como los ocurridos en zonas situadas a mayor latitud, es lógico pensar que estos cambios se dejaron sentir también en Canarias. Uno de los procesos más trascendentes desde el

punto de vista biogeográfico y ecológico fue la subida del nivel del mar, que provocó una disminución significativa de la superficie de las islas orientales y centrales, distanciándolas entre sí y del continente africano. Por el mismo motivo, las cumbres de las islas han ido descendiendo en relación al nivel del mar, reduciendo su altitud en unos 130 m desde la última glaciación, con el correspondiente desplazamiento altitudinal de los pisos de vegetación. Los cambios más que probables de temperatura y precipitación, ocurridos desde el final de la última glaciación, pueden haber influido asimismo en la distribución y composición de las comunidades vegetales.

La modificación del paisaje causada por las actividades humanas se vio también amortiguada en las Islas en comparación con las regiones continentales, puesto que la llegada de los humanos a estas es mucho más tardía (aproximadamente hace 2.500 años) (DEL ARCO *et al.* 1997). Pobladores con distinto nivel de desarrollo tecnológico llegaron a las Islas en dos periodos diferentes. Los primeros en establecerse fueron los aborígenes, cuyas actividades consistían básicamente en el pastoreo y la recolección. Casi dos milenios más tarde llegaron los castellanos (hace 500 años), con la tecnología y herramientas más avanzadas de la época, por lo que tradicionalmente se le atribuye a estos últimos el inicio de la transformación del paisaje. Aún así, estudios recientes ponen de manifiesto cómo el impacto de los primeros pobladores sobre la fauna y flora canaria ha sido mayor de lo que habitualmente se consideraba (RANDO 2002; BOCHERENS *et al.* 2006; RANDO & ALCOVER 2008; DE NASCIMENTO *et al.* 2009).

La Paleoeología se ocupa de la reconstrucción de la vegetación y de las condiciones ambientales en el pasado utilizando organismos fósiles. Entre las numerosas técnicas aplicadas en Paleoeología, el análisis de polen se ha convertido en la principal técnica disponible para estudiar la respuesta de la vegetación a los cambios ambientales a través del tiempo (BENNETT & WILLIS 2001). Gracias a su composición los granos

de polen son resistentes a la mayoría de procesos de degradación químicos o físicos, a excepción de la oxidación, por esta razón el polen se puede conservar indefinidamente en ambientes anaeróbicos (lagunas, turberas, capas de hielo, sedimentos marinos). La escasez de depósitos de este tipo es el principal motivo para que no se hayan llevado a cabo estudios paleoecológicos de la vegetación en las Islas Canarias. Sin embargo la presencia de cuencas sedimentarias, donde se pudo haber acumulado agua en el pasado (antiguas lagunas o maretas), creando las condiciones anaeróbicas necesarias para evitar la oxidación, nos brinda la oportunidad de encontrar registros de polen fósil en Canarias.

Una de las localizaciones más evidente es la antigua laguna de la ciudad de La Laguna en la isla de Tenerife, donde nuestro grupo de investigación consiguió realizar el primer análisis de polen fósil de Canarias. Los resultados de este trabajo constataron la presencia de un bosque en la región desde hace al menos 5.000 años calibrados (cal.) BP (del inglés *before present*, esto es antes de 1950 n. e. –nuestra era–) que se mantuvo hasta la llegada de los conquistadores. Se detectó además una gran cantidad de polen perteneciente a dos géneros arbóreos que no forman parte de la flora nativa canaria actual, *Quercus* y *Carpinus*, reflejando que la composición de especies arbóreas de este bosque no se correspondía con la del monteverde actual. El inicio de la desaparición de estos árboles del registro fósil hace unos 2.000 años coincidió con la llegada de los guanches a Tenerife, lo que nos lleva a pensar que fueron los primeros pobladores de la Isla los que pudieron desencadenar la extinción de ambos árboles (DE NASCIMENTO *et al.* 2009). Las conclusiones extraídas de este trabajo son un buen ejemplo de cómo los estudios paleoecológicos permiten detectar el tipo e intensidad de las respuestas de las especies vegetales frente a factores de perturbación como el impacto humano y establecer situaciones de referencia ecológica para los ecosistemas, las llamadas *ecological baselines*, antes de la llegada de los humanos a las islas (WILLIS *et al.* 2005).

La Laguna Grande situada en el Parque Nacional de Garajonay (La Gomera), es una cuenca sedimentaria que podría contener fósiles vegetales en buen estado de conservación. Esta localización permitiría alcanzar un doble objetivo, por un lado obtener el primer registro fósil de La Gomera y una primera aproximación a la historia de la vegetación en esta Isla, por otro, integrar la información en la conservación de la vegetación del Parque Nacional de Garajonay. En la actualidad son varios los parques nacionales que están siendo estudiados con un enfoque paleoecológico: Picos de Europa (VALERO-GARCÉS *et al.* 2010), Sierra Nevada, Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, Ordesa y Monte Perdido (estos últimos son proyectos aún en ejecución). La integración de la información paleoecológica en la gestión de la biodiversidad de parques nacionales tiene diversas aplicaciones, como por ejemplo establecer situaciones de referencia para las comunidades vegetales y determinar umbrales de perturbación, comparar el régimen de incendios de origen antrópico y origen natural, trazar la variabilidad del clima o detectar extinciones o introducciones de especies, así como discriminar falsas exóticas. En definitiva, ayudar a los gestores en la toma de decisiones y en la concentración de recursos y esfuerzos en la gestión.

La finalidad de este estudio de viabilidad es la de asegurar que se dan las condiciones necesarias, es decir, la disponibilidad de fósiles vegetales bien conservados en sedimentos lacustres antiguos, que permitan la preparación de un proyecto de desarrollo experimental de análisis paleoecológico de la vegetación del Parque Nacional de Garajonay.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La Laguna Grande (28° 07' N, 17° 15' W) se encuentra en el Parque Nacional de Garajonay, en concreto en las cumbres de La Gomera a 1.250 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) (Figura 1). La zona se corresponde con el cráter de un antiguo cono de cinder sobre el que se han acumulado sedimentos arcillosos dando lugar a luviales ródicos (RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ *et al.* 2009). El nombre de laguna hace referencia a la acumulación de aguas que se origina de forma estacional (en el periodo de lluvias) en el centro de la cuenca, aunque es muy probable que en épocas anteriores de mayor pluviosidad la laguna tuviera un carácter permanente. En la actualidad la zona se usa como área recreativa



Figura 1. Límites del Parque Nacional de Garajonay en La Gomera e imagen aérea de La Laguna Grande. El punto indica la localización del sondeo.

Figure 1. Boundaries of the National Park of Garajonay in La Gomera and aerial image from La Laguna Grande. The triangle stands for the drilling location.

aprovechando la apertura de un claro en la bóveda del bosque. No hay constancia de usos agrícolas anteriores que pudieran haber removido el terreno en profundidad y se considera que antiguamente La Laguna Grande era un cruce de caminos utilizada ocasionalmente como enclave y zona de paso para el ganado (NAVARRO 2009).

La vegetación en el entorno de La Laguna Grande está formada principalmente por un fayal-brezal de altitud, típico de las zonas de cumbre más frías (1.250-1.300 m s. n. m.), donde el aporte de nieblas por los vientos alisios cesa durante el verano. La especie dominante en este bosque es la faya (*Myrica faya*) acompañada de otras especies resistentes al frío como el brezo (*Erica arborea*) o el acebiño (*Ilex canariensis*) (DEL ARCO *et al.* 2006). En la actualidad la temperatura media de la zona es de 13,5 °C y la precipitación de 625 mm, aunque la humedad que aporta la lluvia horizontal puede aumentar este valor considerablemente (MARZOL & SÁNCHEZ 2009).

Métodos

La extracción de sedimentos se realizó mediante un sondeo con maquinaria especializada por rotación con tubo de 76 mm de diámetro y punta

de vidrio (Figura 2). Los tramos de la columna se extrajeron directamente en tubos de PVC de 60 cm de largo. Los extremos de los tubos se taparon y cada tubo se etiquetó con el rango de profundidad correspondiente. Para evitar la proliferación de microorganismos se almacenaron a 4 °C en la cámara de frío del Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública de Canarias de la Universidad de La Laguna. Posteriormente los tubos se abrieron en el laboratorio y se procedió a describir la composición y propiedades físicas de los sedimentos usando el sistema de TROELS-SMITH (1955), modificado por AABY & DIGERFELDT (1986).

En toda la longitud de la columna se tomaron submuestras de 1 cm³ de sedimento, a intervalos aproximados de 20 cm (28 muestras en total) y se enviaron al *Long-term Ecology Laboratory* de la Universidad de Oxford. Una vez recibidas en el laboratorio se procesó cada submuestra para la extracción de fósiles vegetales siguiendo la metodología propuesta por BENNETT & WILLIS (2001). Este protocolo consiste en una serie de procesos químico-físicos que permiten separar los fósiles del resto de elementos del suelo, de forma que sean fácilmente observables con microscopio óptico. Previa adición de un marcador de esporas exóticas (pastillas de *Lycopodium*), para estimar la concentración de polen y microcarbón, se disgre-



Figura 2. Imágenes del sondeo en La Laguna Grande y detalle de la recuperación de los sedimentos en tubos de PVC.
Figure 2. Images of the drilling in La Laguna Grande and detail of core retrieval in PVC tubes.

garon y tamizaron las muestras separándolas de restos con mayor tamaño. A continuación se trató cada muestra con ácidos concentrados y se eliminaron los silicatos. Tras detectar poco contenido de materia orgánica en los sedimentos se omitió el paso de la acetólisis evitando así la degradación del material fósil. Por último el polen se tiñó, se deshidrató y se preservó en aceite de silicona.

Utilizando un objetivo de 20 aumentos se realizó un barrido de las muestras para determinar la presencia de polen, esporas y microcarbón. En las profundidades que contenían microfósiles se procedió a su recuento e identificación, intentando llegar a un número mínimo de 300 granos de polen cuando fuese posible, excluyendo de este total el polen de especies higrófilas y las esporas de helechos y briófitos. En las mismas muestras se calculó la superficie de fragmentos de carbón por unidad de volumen de sedimento con el método de CLARK (1982). Un total de seis submuestras de 3 g de sedimento, repartidas a lo largo de la columna, se enviaron al laboratorio ¹⁴CHRONO Centre (Queen's University Belfast) para su datación mediante espectrometría de masas con aceleradores (AMS). Las edades de ¹⁴C se calibraron en años BP con el programa Calib Rev 5.0.1., y se utilizaron para representar el modelo de edad-profundidad. La nomenclatura utilizada para definir el grado de identificación de polen y esporas se basó en BENNETT & WILLIS (2001).

RESULTADOS

La profundidad máxima alcanzada en el sondeo fue de 6,65 m. La descripción de la composición y propiedades del suelo se presenta en detalle en la Tabla 1. La columna está compuesta principalmente por arcillas de distinta coloración, cambiando desde tonalidades pardas (0-2 m), características de suelos más recientes, a coloraciones grisáceas (2-4 m) y rojizas (4-6 m), más típicas de suelos antiguos. El contenido aparente de materia orgánica también disminuye con la profundidad, y los restos de pequeñas raíces desaparecen a partir de los 2 m. En el tramo de arcillas grisáceas encontramos un nivel de coloración más

oscuro (2,8-3,7 m), de arcillas casi negras, con materiales gruesos intercalados que podrían ser consecuencia de procesos erosivos intensos. A partir de los 4 m se aprecia con nitidez la presencia de material piroclástico en descomposición mezclado con arcillas, indicando que los sedimentos de este último tramo se corresponden a una alteración *in situ* del material original (véase la Figura 3).

De las seis muestras enviadas para datación por radiocarbono solo tres pudieron ser datadas (Tabla 2). La muestra más superficial (8 cm) dio una fecha demasiado joven, probablemente debido a la contaminación con materia orgánica reciente, mientras que las muestras más profundas no contenían carbono suficiente para ser datadas. A partir de las dataciones obtenidas y mediante interpolación lineal podemos estimar una edad de 17.200 años cal. BP hacia el final de la columna,



Figura 3. Imagen de las distintas secciones que integran la columna de sedimentos extraída en La Laguna Grande.

Figure 3. Image of different sections that make up the core taken from La Laguna Grande.

Profundidad (m)	Descripción	Composición	Propiedades físicas									
			nig.	strf.	elas.	sicc.	color	struc.	lim.	humo.		
0,00-0,03	arcilla pardo oscura con restos herbáceos (raíces y tallos)	As2Th2	nig. 3	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	10YR3/2 homogénea	0 2
0,03-0,14	arcilla pardo oscura con restos herbáceos (raíces pequeñas)	As3Th1	nig. 3	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	10YR3/2 homogénea	0 2
0,14-0,50	material no estratificado											
0,50-0,66	arcilla pardo oscura con limos y restos herbáceos (raíces pequeñas)	As2Ga1Th1	nig. 3	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	10YR3/2 homogénea	0 4
0,66-0,86	arcilla pardo-amarillenta oscuro con fragmentos de piroclastos degradados y restos de materia orgánica (raíces pequeñas)	As3Ld1	nig. 3	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	10YR3/4 homogénea con piroclastos	0 4
0,86-1,02	arcilla marrón intenso con restos de materia orgánica (raíces pequeñas)	As3Ld1	nig. 2	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	7,5YR5/6 homogénea	0 4
1,02-1,14	hueco en la columna											
1,10-1,14	arcilla marrón intenso con restos de materia orgánica (raíces pequeñas)	As3Ld1	nig. 2	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	7,5YR5/6 homogénea	0 4
1,14-1,20	muestra alterada por limpieza											
1,20-1,56	arcilla marrón intenso con restos de materia orgánica (raíces pequeñas)	As3Ld1	nig. 2	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	7,5YR5/6 homogénea	0 4
1,56-1,80	hueco en la columna											
1,80-1,84	arcilla marrón intenso con restos de materia orgánica (raíces pequeñas)	As3Ld1	nig. 2	strf. 0	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	7,5YR5/6 homogénea	0 4
1,84-2,00	muestra alterada por limpieza											
2,00-2,37	arcilla gris oscura con una franja (2,08-2,13) de color pardo-oliva (2,5YR4/4)	As4	nig. 3	strf. 1	elas. 0	sicc. 3	color	struc.	lim.	humo.	10YR4/1 homogénea	1 4

(Continúa)

(Continuación)

Profundidad (m)	Descripción	Composición	Propiedades físicas					
			nig.	strf.	elas.	sicc.	color struc. lim. hum.	
2,37-2,60	hueco en la columna							
2,60-2,80	material alterado por limpieza							
2,80-3,24	arcilla pardo oscura con fragmentos gruesos	As4	nig. 3 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	10YR3/2 homogénea con fragmentos	0 4		
3,24-3,60	material alterado por limpieza							
3,60-3,75	arcilla negra con fragmentos gruesos	As4	nig. 4 strf. 0 elas. 0 sicc. 4	color struc. lim. hum.	10YR2/1 homogénea con fragmentos	0 4		
3,75-3,93	arcilla negra	As4	nig. 3 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	2,5Y2/0 homogénea	0 4		
3,93-4,06	arcilla rojo-amarillenta	As4	nig. 3 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	5YR4/8 homogénea	0 4		
4,06-4,20	hueco en la columna							
4,20-4,40	material alterado por limpieza							
4,40-5,00	arcilla rojo-amarillenta moteada con material piroclástico en descomposición	As4	nig. 2 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	5YR4/8 homogénea con piroclastos	0 4		
5,00-5,40	material alterado por limpieza							
5,40-6,00	arcilla rojo-amarillenta moteada con material piroclástico en descomposición	As4	nig. 2 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	5YR4/8 homogénea con piroclastos	0 4		
6,00-6,06	material alterado por limpieza							
6,06-6,65	arcilla marrón intenso moteada con material piroclástico en descomposición	As4	nig. 2 strf. 0 elas. 0 sicc. 3	color struc. lim. hum.	7,5YR5/6 homogénea con piroclastos	0 4		

Tabla 1. Descripción, composición y propiedades físicas (según AABY & DIGERFELDT 1986) de los sedimentos de La Laguna Grande (Parque Nacional de Garajonay). nig. (*nigror*) = grado de oscuridad, strf. (*stratificatio*) = grado de estratificación, elas. (*elasticitas*) = grado de elasticidad, sicc. (*siccitas*) = grado de sequedad, color (*color*) = coloración, struc. (*structura*) = estructura, lim. (*limes*) = límites, humo. (*humocitas*) = humedad.

Table 1. Description, composition and physical properties (according to AABY & DIGERFELDT 1986) of sediments from La Laguna Grande (National Park of Garajonay).

Profundidad (cm)	Código de laboratorio	Edad de ¹⁴ C (años BP ± SD)	Edad calibrada (años cal. BP ± SD)
8	UBA-13368	-8±28	edad fuera de rango
70	UBA-16253	7567±31	8381±16
154	UBA-13369	7833±33	8601±30
322	UBA-13370	10007±35	11456±105
488	UBA-13371	bajo contenido en C	--
656	UBA-13372	bajo contenido en C	--

Tabla 2. Edades radiométricas de seis niveles de profundidad de los sedimentos de La Laguna Grande. SD = desviación estándar.
Table 2. Radiocarbon dates of six depth levels from the sediments of La Laguna Grande. SD = standard deviation.

aunque para obtener una edad con mayor precisión sería necesario realizar más dataciones de este último tramo. Si nos limitamos a los tres primeros metros de la columna, que sí pudieran datarse, la época comprendida se correspondería con el Holoceno (aproximadamente 11.500 años cal. BP). Como se aprecia en el modelo de edad-profundidad (Figura 4), la tasa de sedimentación del primer tramo (0-1 m) es mucho más lenta (8.400 años) en comparación con el siguiente tramo (1-3 m), en el que tan solo transcurren 3.100 años.

De un total de 28 niveles de profundidad analizados tan solo en tres (10, 60 y 80 cm) se obtuvo polen bien conservado y en cantidad suficiente para su recuento. Debido al escaso número de muestras en el que se encontraron microfósiles se evitó la representación típica de diagrama de porcentajes y se optó por presentar solamente las cifras de porcentajes de los tipos polínicos y esporas encontrados (Tabla 3). El porcentaje de polen de taxa arbóreos (67-78 %) es el más alto en este primer tramo de aproximadamente 8.400

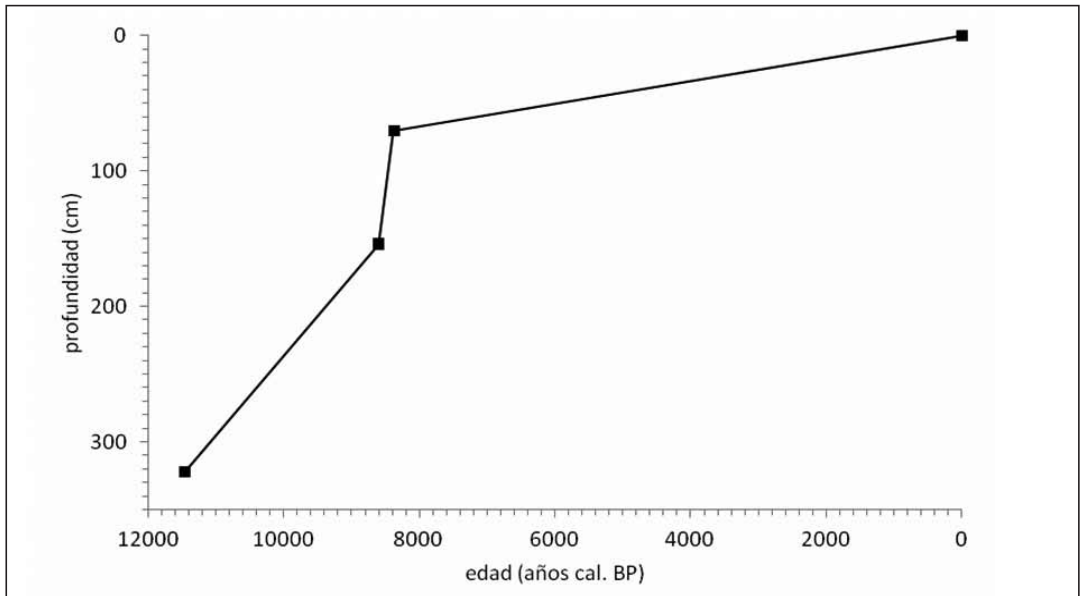


Figura 4. Modelo de edad-profundidad de los sedimentos de La Laguna Grande.
Figure 4. Age-depth model for La Laguna Grande sediments.

	Niveles de profundidad (cm)		
	10	60	80
Árboles			
<i>Ericaceae</i>	24,0	4,7	2,6
<i>Myrica faya</i>	35,6	6,0	5,6
<i>Lauraceae</i>	0,6	0,7	1,0
<i>Prunus</i> cf. <i>P. lusitanica</i>	1,6	1,0	0,3
<i>Viburnum</i> cf. <i>V. rigidum</i>	0,3	0,0	0,0
<i>Ilex</i>	0,3	0,3	0,3
<i>Sambucus</i> cf. <i>S. palmensis</i>	0,3	0,0	1,6
<i>Visnea</i> cf. <i>V. mocanera</i>	0,0	0,7	1,0
<i>Salix canariensis</i>	0,9	25,3	28,0
<i>Juniperus</i>	3,5	0,3	0,0
<i>Pistacia</i>	0,3	0,3	0,0
<i>Phoenix canariensis</i>	3,2	28,3	42,8
<i>Pinus canariensis</i>	0,3	0,0	0,3
Arbustos			
tipo- <i>Argyranthemum</i>	0,0	0,7	1,3
<i>Cistus</i>	1,3	0,3	0,0
<i>Echium</i>	0,0	0,0	1,6
<i>Rumex</i>	0,6	0,0	0,0
tipo- <i>Sonchus</i>	0,9	1,0	0,0
Herbáceas			
<i>Asteraceae</i> indist.	0,6	2,3	1,0
tipo- <i>Allium</i>	0,6	0,0	0,0
<i>Caryophyllaceae</i>	0,3	0,0	0,0
<i>Chenopodiaceae</i>	0,0	0,7	0,0
tipo- <i>Geranium</i>	0,0	0,0	0,3
<i>Ixanthus</i>	0,3	0,0	0,0
<i>Lamiaceae</i>	0,3	0,0	0,0
<i>Liliaceae</i>	0,3	0,0	0,3
tipo- <i>Luzula</i>	0,0	0,0	0,3
<i>Plantaginaceae</i>	0,0	0,3	0,0
<i>Poaceae</i>	21,5	13,7	3,6
<i>Rubiaceae</i>	0,3	0,0	0,0
<i>Stachys</i> cf.	1,3	0,3	1,6
<i>Urticaceae</i>	0,6	13,0	6,3

(Continúa)

	Niveles de profundidad (cm)		
	10	60	80
Higrófilas			
<i>Ranunculus</i>	0,3	0,0	0,0
Pteridophyta indist.	1,5	0,0	0,0
<i>Equisetum</i>	0,9	0,3	0,3
<i>Davallia</i>	0,0	0,3	0,0
<i>Polypodium</i>	0,3	0,0	0,6
<i>Ophioglossum</i>	2,1	0,0	0,9
Bryophyta	0,6	0,0	0,3
Sin identificar			
indeterminado	0,3	0,0	0,0
deteriorado	40,6	43,6	33,0
Microcarbón	5,5	0,7	0,2

Tabla 3. Porcentaje de polen y esporas por nivel de profundidad agrupado en árboles, arbustos, herbáceas, higrófilas y sin identificar, y concentración de microcarbón por nivel ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-3}$).

Table 3. Percentage of pollen and spores per depth level grouped in trees, shrubs, herbs, hygrophilous and unidentified, and microcharcoal concentration per level ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-3}$).

años cal. BP. Atendiendo a los biotipos, las siguientes en abundancia serían las herbáceas (7-25 %), seguidas de las arbustivas (3-14 %) y las higrófilas (incluyendo helechos y briófitos) (1-7 %). Los taxa arbóreos con mayor representación son *Salix canariensis* y *Phoenix canariensis*, aunque en la muestra más superficial dominan *Myrica faya* y *Erica arborea*. Otros árboles que se encuentran representados de forma puntual son *Ilex*, Lauraceae, *Prunus* cf. *lusitanica*, *Sambucus* cf. *palmensis*, *Viburnum* cf. *rigidum* y *Visnea* cf. *mocanera*. También aparecen con poca contribución árboles del bosque termófilo como *Juniperus* y *Pistacia*. Por último, encontramos *Pinus canariensis* con un porcentaje también inferior al 0,5 %. Las familias Asteraceae, Poaceae y Urticaceae son las más representadas entre las herbáceas. Dentro de la familia Asteraceae se diferencié polen de *Argyranthemum* y *Sonchus*, que probablemente provengan de especies arbustivas del monteverde. *Cistus*, *Argyranthemum* y *Sonchus* son las arbustivas mejor representadas. El porcentaje de polen deteriorado fue muy elevado en todas las muestras, llegando a al-

canzar en algunos niveles el 40 % de la suma total.

Al agrupar los árboles en función de su presencia actual en cada ecosistema forestal de la Isla (monteverde, pinar y bosque termófilo), comprobamos que las especies de monteverde están mejor representadas en la muestra más reciente, mientras que en las muestras más antiguas la proporción de monteverde y bosque termófilo es muy similar, sin embargo la contribución del pinar es mínima en todas (Figura 5).

Por último, la concentración de microcarbón aumentó considerablemente en el nivel más reciente (10 cm) en relación a los dos anteriores (60 y 80 cm) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La Laguna Grande en el Parque Nacional de Gajonay, es un yacimiento con sedimentos de gran espesor, que contienen polen, esporas y

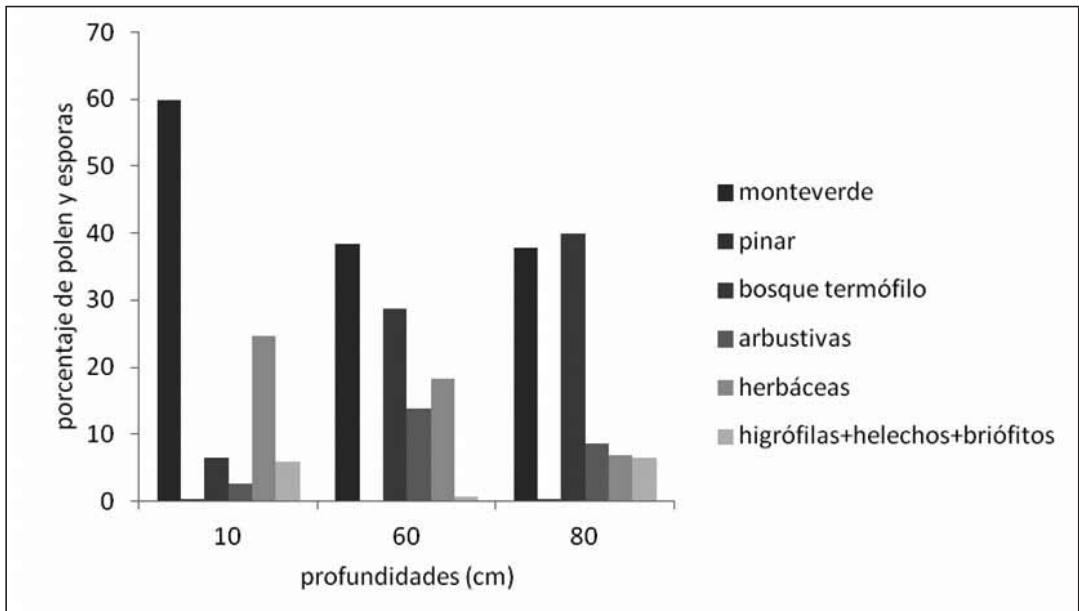


Figura 5. Porcentajes totales de árboles agrupados por tipo de bosque, arbustos, herbáceas e higrófilas.

Figure 5. Total percentages of tree taxa grouped by forest type, shrub, herbaceous and hygrophilous taxa.

carbón fósiles bien conservados para su identificación y recuento, aunque es muy probable que el polen se concentre solamente en el primer metro de sedimentos, siendo el resto de la columna estéril. Aun así, la antigüedad de este primer tramo de sedimentos es suficiente para registrar cambios ocurridos en la vegetación desde el Holoceno medio (8.400 años cal. BP) hasta la actualidad. Puesto que la edad de los sedimentos es aún mayor (al menos 11.500 años cal. BP) y el resto de secciones de la columna contienen micro y macro carbones, sería posible analizar el régimen de incendios en la zona durante el Holoceno, lo que permitiría comparar la frecuencia de estos antes y después de la llegada de los humanos a La Gomera.

El mayor contenido en materia orgánica de los niveles superficiales coincide con la presencia de niveles fértiles en cuanto a contenido en polen, lo que indica que en el plazo de los últimos 8.400 años se han dado las condiciones hídricas necesarias para la inundación de la cuenca de La Laguna Grande, generando un ambiente propicio para la conservación de los

fósiles. El incremento de la tasa de sedimentación a partir de los dos metros y la presencia de materiales gruesos en torno a los tres metros de profundidad se podría explicar con un aumento en el régimen de precipitaciones con respecto a periodos más recientes.

La faya y el brezo que estructuran el bosque de la zona en la actualidad, posiblemente han estado presentes en el entorno de la laguna desde hace al menos 8.400 años cal. BP, aunque un análisis en profundidad podría revelar cambios en la composición del bosque a lo largo de este periodo. El predominio de polen de palmera y sauce en las muestras más antiguas podría ser un indicador de un bosque con una composición distinta en épocas anteriores.

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que es viable plantear un proyecto en el que se estudien desde el punto de vista paleoecológico los sedimentos extraídos en La Laguna Grande. En un futuro proyecto se debería insistir en los tramos de la columna donde se ha obtenido material fósil, ampliando la resolución de

las muestras analizadas, es decir pasar de intervalos de 20 a 4 cm para la toma de submuestras. Sería necesario además, realizar nuevas dataciones en el tramo fértil de la columna, de modo que el modelo de edad-profundidad sea más preciso. Antes de descartar por completo la posibilidad de encontrar microfósiles en el resto de la columna habría que considerar la aplicación de técnicas de extracción alternativas, que permitan concentrar polen cuando su proporción es demasiado baja, de modo que podamos llegar al recuento mínimo para asegurar resultados significativos.

El análisis paleoecológico completo de La Laguna Grande se está llevando a cabo en la actualidad, financiado por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (proyecto SolSubC200801000053). Este proyecto incluye: 1) el análisis de microfósiles (polen, esporas y carbón) en muestras tomadas a intervalos de 2 cm en los primeros 50 cm y de 4 cm hasta los 80 cm, 2) nuevas dataciones del tramo superficial (0-80 cm), 3) análisis del tramo intermedio de sedimentos (1-4 m) mediante técnicas alternativas de concentración de polen y con mayor resolución en la toma de muestras, 4) análisis geoquímicos y 5) análisis del contenido en carbonos en toda la secuencia de sedimentos. Los resultados de este proyecto darán respuesta a cuestiones acerca de las características del bosque que crecía en La Laguna Grande durante el Holoceno, cuáles fueron las especies dominantes y qué rasgos compartía

con el bosque actual. En caso de confirmarse un cambio en la composición de especies de ese bosque podremos estimar cuáles fueron las causas del cambio y determinar el tipo de respuesta de las especies. Así mismo se establecerá el régimen de incendios en la zona comparando las concentraciones de carbón antes y después de la llegada de los humanos a la Isla. Por último podremos averiguar cuál fue el impacto de los pobladores aborígenes en el Parque Nacional de Garajonay, y describir una situación de referencia para la vegetación en el momento previo a su llegada. El nivel de perturbación de los aborígenes se podrá comparar a su vez con el impacto originado durante el periodo histórico. La intención última de este proyecto es poner a disposición de los gestores del Parque Nacional de Garajonay toda la información obtenida, para la adecuada gestión y conservación del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al director, Ángel B. Fernández, y a los agentes del Parque Nacional de Garajonay su inestimable ayuda y el interés mostrado durante los sondeos. También queremos dar las gracias a Darren y Lizzy Jeffers por su colaboración en el procesado de muestras en el *Oxford Long-term Ecology Laboratory*. Sandra Nogué ha participado en este proyecto con una beca posdoctoral del Ministerio de Educación (EX2009-0669).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AABY, B. & DIGERFELDT, G. 1986. Sampling techniques for lakes and bogs. En: B.E. Berglund (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley. Londres.
- BENNETT, K.D. & WILLIS, K.J. 2001. Pollen. En: J.P. Smol, H.J.B. Birks & W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. pp. 5-32. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Países Bajos.
- BOCHERENS, H., MICHAUX, J., GARCÍA-TALAVERA, F. & VAN DER PLICHT, J. 2006. Extinction of endemic vertebrates on islands: the case of the giant rat *Canariomys bravoii* (Mammalia, Rodentia) on Tenerife (Canary Islands, Spain). *Comptes Rendus Palevol* 5: 885-891.
- CLARK, R.L. 1982. Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments. *Pollen et Spores* 24: 523-535.

- DE NASCIMENTO, L., WILLIS, K.J., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., CRIADO, C. & WHITTAKER, R. J. 2009. The long-term ecology of the lost forest of La Laguna, Tenerife (Canary Islands). *Journal of Biogeography*, 36: 499-514.
- DEL ARCO, M.M., ATIENZA, E., ATOCHE, P., DEL ARCO, M.C. & MARTÍN, M. 1997. Dataciones absolutas en la prehistoria de Tenerife. En: P. Atoche, A. Millares & M. Lobo (eds.) Homenaje a Celso Martín de Guzmán (1946-1994). pp. 65-77. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas.
- DEL ARCO, M.J., WILDPRET, W., PÉREZ DE PAZ, P.L., RODRÍGUEZ, O., ACEBES, J.R., GARCÍA, A., MARTÍN, V.E., REYES, A., SALAS, M., DÍAZ, M.A., BERMEJO, J.A., GONZÁLEZ, R., CABRERA, M.V. & GARCÍA, S. 2006. *Mapa de la vegetación de Canarias*. GRAFCAN. Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL, M.V. & SÁNCHEZ, J.L. 2009. El clima del Garajonay en el contexto insular. En: A.B. Fernández (ed.) Parque Nacional de Garajonay Patrimonio Mundial. pp. 93-115. Publicaciones Turquesa S.L., Santa Cruz de Tenerife.
- NAVARRO, J.F. 2009. Los antiguos gomeros y Garajonay. En: A.B. Fernández (ed.) Parque Nacional de Garajonay Patrimonio Mundial. pp. 549-561. Publicaciones Turquesa S.L., Santa Cruz de Tenerife.
- RANDO, J.C. 2002. New data of fossil birds from El Hierro (Canary Islands): probable causes of extinction and some biogeographical considerations. *Ardeola* 49: 39-49.
- RANDO, J.C. & ALCOVER, J.A. 2008. Evidence for a second western Palaeartic seabird extinction during the last Millennium: the Lava Shearwater *Puffinus olsoni*. *Ibis* 150: 188-192.
- ROBERTS, N. 1998. *The Holocene. An environmental history*. 2^a ed. Blackwell Publishing. Oxford.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, A., ARBELO, C.D., NOTARIO, J.S., MORA, J.L., GUERRA, J.A. & ARMAS, M.C. 2009. Los suelos del Parque Nacional de Garajonay. En: A.B. Fernández (ed.) Parque Nacional de Garajonay Patrimonio Mundial. pp. 63-91. Publicaciones Turquesa S.L. Santa Cruz de Tenerife.
- TROELS-SMITH, J. 1955. Characterization of unconsolidated sediments. Geological Survey of Denmark. IV series 3/10.
- VALERO-GARCÉS, B.L., MORENO, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MORELLÓN, M., RICO, M., CORELLA, J.P., JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M., DOMÍNGUEZ-CUESTA, M.J., FARIAS, P., STOLL, H., LÓPEZ-MERINO, L., LÓPEZ-SÁEZ, J.A., LEIRA, M., SANTOS, L., MATA, P., RIERADEVALL, M., RUBIO, E., NAVAS, A., DELGADO, A., MARCO-BARBA, J., SIGRÒ, J. 2010. Evolución climática y ambiental del Parque Nacional de Picos de Europa desde el último máximo glacial. En: L. Ramírez & Asensio B. (eds.) *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2006-2009*. pp. 55-71. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. España.
- WILLIS, K.J., GILLSON, L., BRNCIC, T.M. & FIGUEROA-RANGEL, B.L. 2005. Providing baselines for biodiversity measurement. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 107-108.