



Universidad Miguel Hernández de Elche (España)  
Doctorado en Recursos y Tecnologías Agroalimentarias

# DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO *PHOENIX* L.



TESIS DOCTORAL  
ENCARNACIÓN CARREÑO SÁNCHEZ  
ORIHUELA (ESPAÑA)  
2017





## **Diversidad genética en especies del género *Phoenix* L.**

Tesis Doctoral realizada por Encarnación Carreño Sánchez, Licenciada en Ciencias Biológicas en la Universidad de Murcia y Máster Universitario en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo en la Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante), para la obtención del grado de Doctor.

 *Miguel Hernández*

Fdo.: Encarnación Carreño Sánchez

Orihuela, 15 de junio de 2017





**Dr. José Ramón Díaz Sánchez**, Dr. Ingeniero Agrónomo, Catedrático de Universidad y Director del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández,

**INFORMA:**

Que atendiendo al informe presentado por los Dres. Concepción Obón de Castro profesora Titular del Departamento de Biología Aplicada de la Universidad Miguel Hernández de Elche, Diego Rivera Núñez Catedrático de Universidad del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia, y Francisco Alcaraz Ariza Catedrático de Universidad del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia, la Tesis Doctoral titulada “**Diversidad genética en especies del género *Phoenix***” de la que es autora la licenciada en Biología y Master en Agroecología Desarrollo Rural y Agroturismo Dña. Encarnación Carreño Sánchez ha sido realizada bajo la dirección de los Doctores citados, puede ser presentada para su correspondiente exposición pública.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente informe en Orihuela a \_\_\_\_\_de \_\_\_\_\_ de 2017.

**Fdo.: Dr. José Ramón Díaz Sánchez**





Dr. Concepción Obón de Castro, Profesora Titular del Departamento de Biología Aplicada de la Universidad Miguel Hernández de Elche,

**CERTIFICA:**

Que la Tesis Doctoral titulada “**Diversidad genética en especies del género *Phoenix***” de la que es autor la licenciada en Biología y Master en Agroecología Desarrollo Rural y Agroturismo Da. Encarnación Carreño Sánchez ha sido realizada bajo mi dirección y autorizo a que sea presentada para optar a la obtención del grado de Doctor por la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Orihuela a

14 de junio de 2017

Fdo.: Dr. Concepción Obón de Castro



UNIVERSIDAD DE  
MURCIA



Dr. Diego Rivera Núñez, Catedrático del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia,

**CERTIFICA:**

Que la Tesis Doctoral titulada “**Diversidad genética en especies del género *Phoenix***” de la que es autor la licenciada en Biología y Master en Agroecología Desarrollo Rural y Agroturismo Doña Encarnación Carreño Sánchez ha sido realizada bajo mi dirección y autorizo a que sea presentada para optar a la obtención del grado de Doctor por la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Murcia a

14 de junio de 2017

Fdo.: Dr. Diego Rivera Núñez



UNIVERSIDAD DE  
MURCIA



Dr. Francisco Alcaraz Ariza, Catedrático del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia,

**CERTIFICA:**

Que la Tesis Doctoral titulada “**Diversidad genética en especies del género *Phoenix***” de la que es autor la licenciada en Biología y Master en Agroecología Desarrollo Rural y Agroturismo Doña Encarnación Carreño Sánchez ha sido realizada bajo mi dirección y autorizo a que sea presentada para optar a la obtención del grado de Doctor por la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Murcia a

14 de junio de 2017

Fdo.: Dr. Francisco Alcaraz Ariza





**A mi familia y la memoria de mi madre**





*A little learning is a dang'rous thing;  
drink deep, or taste not the Pierian Spring:  
there shallow draughts intoxicate the brain,  
and drinking largely sobers us again.*

Alexander Pope, *An essay on criticism*, 1709



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a los directores de la tesis, Concepción Obón de Castro, Diego Rivera Núñez y Francisco José Alcaraz Ariza, su infinita paciencia, dedicación y diplomacia. Su trabajo en el campo ha sido extraordinario, no sólo por las muestras recogidas, sino por la información adquirida de los palmereros que, desgraciadamente, no se ve reflejada en esta tesis, además del enorme esfuerzo físico que ha supuesto la recolección de algunos ejemplares. Su erudición, siempre en un tono ameno, ha sido una gran ayuda a la hora de entender las migraciones de germoplasma silvestre y cultivado, no sólo de palmeras, sino de otras muchas especies.

No puedo dejar de lado a Joel Lodé y su increíble coraje, al realizar varios viajes a Yemen y Socotra en 2009, 2010 y 2012 y acceder a traernos muestras de germoplasma local de palmera.

A Aziz Akkak, que me introdujo en el trabajo de laboratorio y análisis de marcadores moleculares durante una estancia en Turín, en 1999.

A Julián Bartual Martos, por su ayuda a la hora de recolectar muestras en la Estación Experimental de Elche.

A Teresa Egea, por su trabajo fotografiando y cogiendo muestras del Herbario Tropical de Florencia (Italia).

A la conservadora del Herbario Tropical de Florencia, Lia Pignotti y a su director Riccardo Maria Baldini, y a la responsable del herbario Beccari de la Universidad de Florencia Chiara Neppi, por su colaboración y darnos permiso para retirar fragmentos de hojas de los pliegos analizados en este estudio.

Muchos han sido también los voluntarios que nos han cedido muestras: Jorge Sánchez, (España, Marruecos), Mildred Canales (Perú), Emilio Laguna (Chipre, Marruecos), Antonio Bermúdez (Marruecos), Rubén Vives (España, Marruecos), Trinitario Ferrández (Marruecos), Mahamadou Badiaga, Dinba Badiaga y Natalia Llorente (Mali), Piero Bruschi (Etiopía), Asunción Morte (Arabia Saudí); Jesús Meseguer (Cabo Verde), Segundo Ríos y José Delgadillo (Baja California) y Robert Krueger (Colección Nacional de Germoplasma de Citrus y Palmera Datilera, Riverside, Estados Unidos). Para ellos, mi más sincero agradecimiento.

A Francisco Serrano ‘Sopascures’, por la información sobre las variedades de dátiles selectas de Elche y sobre el origen de la colección sita en la Estación Experimental de Elche.

A la Generalitat Valenciana, por el proyecto CONSELLTEV12.07RS ' en 2007, “Estudio de la palmera silvestre ibérica, investigación dirigida al mejor conocimiento científico de Phoenix ibérica y su diferenciación de las palmeas cultivadas tradicionales con las que mantiene una activa hibridación”.

Al Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroalimentaria, por la concesión de los proyectos RF2007-0001 O-C03, RF2010-00006-C02-01; FP2013-000014-00-00, que han permitido el desarrollo del presente estudio.

A Miguel Ángel Esteve, por aportar muestras procedentes de Cabo Verde.

A Laura Vázquez, por su ayuda en la extracción de ADN de algunas de las muestras estudiadas.

A Carlos Díaz, profesor de Biología y Geología en el I.E.S. San Juan de la Cruz, Caravaca, por enseñarme a mirar el mundo desde varios ángulos gracias a la fotografía y Joaquín Robles, profesor de Filosofía, por su introducción al método científico.

A mis amigos, en particular, Juana María López Sánchez, por su apoyo.

A mis hermanos, mi tía y la memoria de mi madre, por acompañarme en todo momento.



## Resumen

El género *Phoenix* L. (Arecaceae) comprende de 14 a 20 especies según autores. Los datos moleculares sobre las poblaciones de *P. dactylifera* L. en España son muy escasos, por tanto, el objetivo de la tesis ha sido la caracterización molecular de la palmera datilera española, y especies afines así como la diversidad de ésta.

Se han analizado 372 muestras de palmeras del género *Phoenix*, 271 correspondientes a *Phoenix dactylifera* y 101 repartidas entre el resto de especies del género, integradas en la Colección Nacional de *Phoenix* (en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, UMH). El análisis con 15 marcadores nucleares de tipo microsatélite junto a un minisatélite plastidial ha permitido asignar la identidad de todas las muestras analizadas, reconociendo casos de hibridación y de mala identificación y etiquetado.

Se han situado las muestras de palmera datilera recolectadas en el Sureste de la Península Ibérica en el contexto general de *Phoenix dactylifera* como integrantes del “pool” occidental de la misma, salvo algunos casos que se integran en el “pool” oriental y se interpretan como resultado de introducción de germoplasma de dicho origen en un periodo reciente.

Se ha identificado un nuevo haplotipo presente en *Phoenix roebelenii*, pendiente de confirmación por secuenciación.

Se ha identificado un nuevo haplotipo presente en palmeras procedentes de Yemen, sin adscripción definitiva a una especie debido a la escasa evidencia.





## Abstract

The genus *Phoenix* L. (Arecaceae) includes from 14 to 20 species, according to different authors. Molecular data on Spanish accessions of *P. dactylifera* L. are scarce. Thus, the aim of this PhD Thesis was the characterization of Spanish date palm and close species at the molecular level, as well as genetic diversity within this species.

A grand total of 372 samples of palms included in genus *Phoenix* were analyzed, 271 identified as *P. dactylifera* L. and 101 belonging to different species of the genus, grown at the *Phoenix* National Collection (in the *Escuela Politécnica Superior de Orihuela*, UMH). The analysis was carried out with 15 nuclear microsatellite markers together with an additional plastid minisatellite marker. These markers allowed us the identification of all the samples, as well as the detection of hybridization events and several cases of misidentification and mislabelling.

Date palm samples from the South East of the Iberian Peninsula were recognized as part of the western genetic pool of *Phoenix dactylifera* L., except for some cases which belong to the eastern pool. The later could be the result of several events of introduction of eastern date palm germplasm.

A new haplotype for the plastid minisatellite was identified in *Phoenix roebelenii*, pending confirmation through sequence analysis.

A new haplotype for the plastid minisatellite was identified in palms collected in Yemen, with no identified species due to lack of sufficient evidence.





## Tabla de Contenido

Lista de Tablas .....	ix
Lista de Figuras .....	xi
Lista de Láminas .....	xiii
Lista de abreviaturas .....	xv
1 Introducción .....	1
1.1 Presentación .....	3
1.1.1 Justificación y taxonomía .....	3
1.2 El género <i>Phoenix</i> .....	3
1.2.1 Características y distribución .....	3
1.2.2 Especies del género <i>Phoenix</i> .....	4
1.2.3 Híbridos .....	15
1.2.4 Papel económico del género <i>Phoenix</i> .....	15
1.3 La diversidad genética del género <i>Phoenix</i> .....	18
1.3.1 Diversidad genética y domesticación .....	18
1.3.2 Marcadores moleculares .....	18
1.3.3 Diversidad en el conjunto del género <i>Phoenix</i> .....	19
1.3.4 Diversidad genética en <i>Phoenix dactylifera</i> .....	20
1.4 Conservación de <i>Phoenix</i> en España: Colección Nacional <i>Phoenix</i> .....	20
2 Objetivos .....	27
3 Metodología .....	31
3.1 Muestreo .....	33
3.2 Extracción de ADN .....	46
3.3 Análisis con microsatélites y minisatélite .....	47
3.4 Análisis de secuencias .....	48
3.5 Análisis de datos .....	49
3.5.1 Diversidad genética .....	49
3.5.2 Análisis de secuencias .....	50
3.5.3 Asignación de etiqueta .....	50
4 Resultados y Discusión .....	51
4.1 Calidad del ADN .....	53
4.2 Amplificación de ADN .....	53
4.3 La estructura para el conjunto de especies de <i>Phoenix</i> .....	53
4.4 Estructura genética en <i>Phoenix dactylifera</i> L. ....	58
4.5 Estructura de <i>Phoenix</i> , excluyendo <i>P. dactylifera</i> .....	65

4.6	Estructura de las muestras españolas de <i>Phoenix dactylifera</i> .....	75
4.7	Análisis de secuencias .....	83
4.8	Valoración taxonómica de las diversas especies y grupos de cultivariedades ....	85
5	Conclusiones .....	89
5.1	Conclusiones .....	91
6	Bibliografía .....	93



## Lista de Tablas

Tabla 1.	Principales tipos de usos de las palmeras del género Phoenix. ....	15
Tabla 2.	Material vegetal analizado.....	37
Tabla 3.	Pliegos de herbario objeto de la extracción de ADN.....	46
Tabla 4.	Muestras de ADN extraídas en KEW.....	47
Tabla 5.	Marcadores seleccionados para el estudio.....	47
Tabla 6.	Cálculo del parámetro $\Delta K$ de Evanno para el valor óptimo de K.....	54
Tabla 7.	Cálculo del parámetro de Evanno para el valor óptimo de K.....	60
Tabla 8.	Datos poblacionales para los dos grupos reconocidos.....	61
Tabla 9.	Cálculo del parámetro $\Delta K$ para el conjunto de Phoenix.....	66
Tabla 10.	Parámetros descriptivos de los grupos de especies del género Phoenix.....	71
Tabla 11.	Cálculo del parámetro $\Delta K$ de Evanno para las <i>P. dactylifera</i> españolas.....	76
Tabla 12.	Parámetros descriptivos de los grupos de <i>P. dactylifera</i> en España.....	77
Tabla 13.	Polimorfismo observado en la región psbZ-trnFM(CAU).....	83
Tabla 14.	Muestras modernas secuenciadas.....	83
Tabla 15.	Muestras de pliegos de herbario secuenciadas.....	84
Tabla 16.	Valoración de las unidades taxonómicas de las muestras estudiadas.....	85





## Lista de Figuras

Figura 1.	Distribución primaria del conjunto de especies del género Phoenix.....	4
Figura 2.	Áreas de <i>P. paludosa</i> y <i>P. rupicola</i> .....	5
Figura 3.	Áreas de <i>P. roebelenii</i> y <i>P. andamanensis</i> .....	6
Figura 4.	Áreas de <i>P. acaulis</i> y <i>P. pusilla</i> .....	7
Figura 5.	Áreas de <i>P. loureiroi</i> .....	8
Figura 6.	Áreas de <i>P. caespitosa</i> y <i>P. arabica</i> .....	9
Figura 7.	Áreas de <i>P. reclinata</i> y <i>P. sylvestris</i> .....	11
Figura 8.	Áreas de <i>P. canariensis</i> , <i>P. atlantica</i> , <i>P. iberica</i> y <i>P. teophrasti</i> .....	12
Figura 9.	Área de <i>P. dactylifera</i> .....	14
Figura 10.	Producción mundial media de dátiles .....	16
Figura 11.	Producción de dátiles en España.....	17
Figura 12.	Accesiones de la Colección Nacional Phoenix en Orihuela (Alicante).....	21
Figura 13.	Distribución del muestreo .....	33
Figura 14.	Heterogeneidad de los grupos generados por Structure para Phoenix.....	54
Figura 15.	Representación de los grupos de Structure en las categorías “a priori” .....	54
Figura 16.	Representación del parámetro $\Delta K$ de Evanno .....	54
Figura 17.	PCoA para el conjunto de las muestras.....	55
Figura 18.	Árbol NJ para el conjunto de las muestras. Primera parte.....	56
Figura 19.	Árbol NJ para el conjunto de las muestras. Segunda parte.....	57
Figura 20.	Heterogeneidad de los grupos de Structure para Phoenix dactylifera .....	59
Figura 21.	Representación de los grupos de Structure en los “POP GROUPS” .....	59
Figura 22.	Parámetro de Evanno para el conjunto de Phoenix dactylifera .....	59
Figura 23.	Resultados PcoA para Phoenix dactylifera .....	62
Figura 24.	Agrupamiento jerárquico mediante NJ para <i>P. dactylifera</i> . Primera parte. .	63
Figura 25.	Agrupamiento jerárquico con NJ para <i>P. dactylifera</i> . Segunda parte .....	64
Figura 26.	Heterogeneidad de los grupos generados por Structure sin <i>P. dactylifera</i> ...	65
Figura 27.	Representación de los grupos de Structure en los “POP GROUPS” .....	65
Figura 28.	Parámetro de Evanno para estimación del valor óptimo de K.....	66
Figura 29.	PCoA para especies de Phoenix diferentes de <i>P. dactylifera</i> .....	67
Figura 30.	Agrupamiento jerárquico mediante NJ de las especies de Phoenix.....	68
Figura 31.	Comparación de las semillas que dieron lugar a ph362.....	69
Figura 32.	Heterogeneidad de los grupos generados por Structure en Phoenix dactylifera española .....	75
Figura 33.	Representación de los grupos de Structure en los “POP GROUPS” .....	75
Figura 34.	Parámetro $\Delta K$ de Evanno para las muestras españolas de <i>P. dactylifera</i> ....	75
Figura 35.	Distribución de los cuatro grupos genéticos y del haplotipo oriental.....	76
Figura 36.	PCoA para poblaciones españolas de <i>P. dactylifera</i> .....	78
Figura 37.	Agrupamiento con NJ para <i>P. dactylifera</i> española. Primera parte .....	79
Figura 38.	Agrupamiento con NJ para <i>P. dactylifera</i> española. Segunda parte .....	80
Figura 39.	Cladograma para el marcador P <sub>sbZ</sub> -Trn <sub>f</sub> M.....	84



*Lista de Láminas*

Lámina 1.	La diversidad de las palmeras del género <i>Phoenix I</i> .....	23
Lámina 2.	La diversidad de las palmeras del género <i>Phoenix II</i> .....	25
Lámina 3.	Ejemplares atribuidos a <i>P. acaulis</i> .....	73

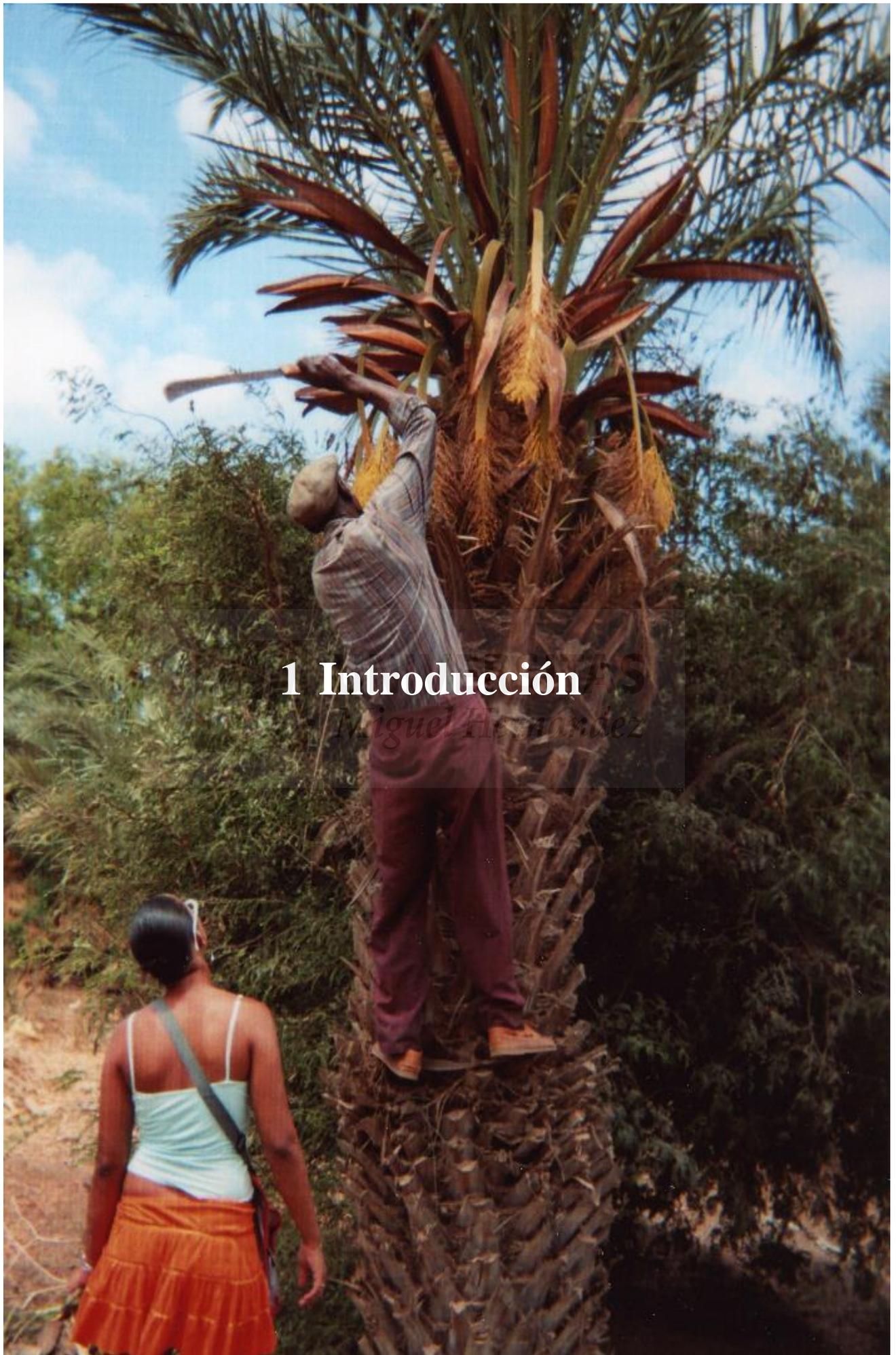




## *Lista de abreviaturas*

ADN	Ácido desoxirribonucleico.
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism (Polimorfismo de fragmentos de longitud amplificados).
BHL	Biodiversity Heritage Library (Biblioteca del Patrimonio de la Biodiversidad).
BP	Pares de Bases.
FI	Herbario de la Universidad de Florencia.
FIBECC	Herbario Beccari en Florencia.
FT	Herbario Tropical de Florencia.
GBIF	Global Biodiversity Information Facility (Herramienta virtual de Información de la Biodiversidad Global).
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
ISSR	Inter Simple Sequence Repeat (Intermicrosatélite).
K	Herbario del Real Jardín Botánico de Kew.
P	Herbario del Museo de Historia Natural de París.
PcOA	Análisis de Coordenadas Principales.
PCR	Polymerase Chain Reaction (Reacción en cadena de la polimerasa).
PCR-RFLP	Polymerase Chain Reaction- Restriction Fragment Length Polymorphism (Polimorfismo de fragmentos de longitud basado en enzimas de restricción – reacción en cadena de la polimerasa).
RAPD	Random Amplification of Polymorphic DNA (Fragmentos de ADN amplificados al azar).
SE	Sureste.
SIBC	Recolecciones en Baja California (México).
SNP	Single Nucleotide Polymorphism (Polimorfismo de un solo nucleótido).
SO	Suroeste.
SSR	Simple sequence repeat (Repetición de secuencias simples o microsatélite).
STR	Short Tandem Repeat (Repetición Corta en Tándem).
UAE	United Arab Emirates (Emiratos Árabes Unidos).
UMH	Universidad Miguel Hernández (en referencia a las colecciones y herbario).
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
USA	United States of America (Estados Unidos de América).
WNJ	Weighted Neighbour-Joining (Vecino Más Próximo Ponderado).





# 1 Introducción

*Miguel Hernández*

Recolectando muestras en Isla de Santo Antao (Cabo Verde). Foto: J. Meseguer



## 1.1 Presentación

### 1.1.1 Justificación y taxonomía

La familia Palmae Juss. fue descrita por Jussieu en 1789 (Gen. Pl. 37), posteriormente renombrada por Berchtold y Presl en 1820 como Arecaceae Bercht. y J. Presl Prir. Rostlin: 266. Jan-Apr 1820 (GBIF, 2017).

En las Arecáceas está formada por plantas monocotiledóneas de porte arbóreo, de distribución tropical y subtropical, adaptadas a ambientes xéricos. La familia Arecaceae está incluida en el orden Arecales. La sistemática ha sido recientemente revisada por Baker y Dransfield (2016). Actualmente se considera que la familia está formada por 5 subfamilias, 28 tribus y 27 subtribus, 181 géneros (Baker y Dransfield, 2016, Barret *et al.*, 2016), incluyendo de 2522 a 2600 especies según autores, (Plantlist 2017, Palmweb, 2017, Barret *et al.*, 2016). El origen de la familia fue muy probablemente Laurasia, hace unos 100 millones de años (Couvreur *et al.*, 2011).

Existe un portal informático, *Palmweb* (Palmweb, 2017), sobre la sistemática de las palmeras con información sobre la taxonomía y distribución para todos los géneros y especies basado en el *Word Checklist of Palms* (Govaerts y Dransfield, 2014), el cual es de consulta obligada por la gran cantidad de información que contiene y por su calidad.

La familia incluye las subfamilias Arecoideae, Ceroxyloideae, Nypoideae, Calamoideae y Coryphoideae, diferenciándose ésta del resto por la inserción induplicada de los folíolos.

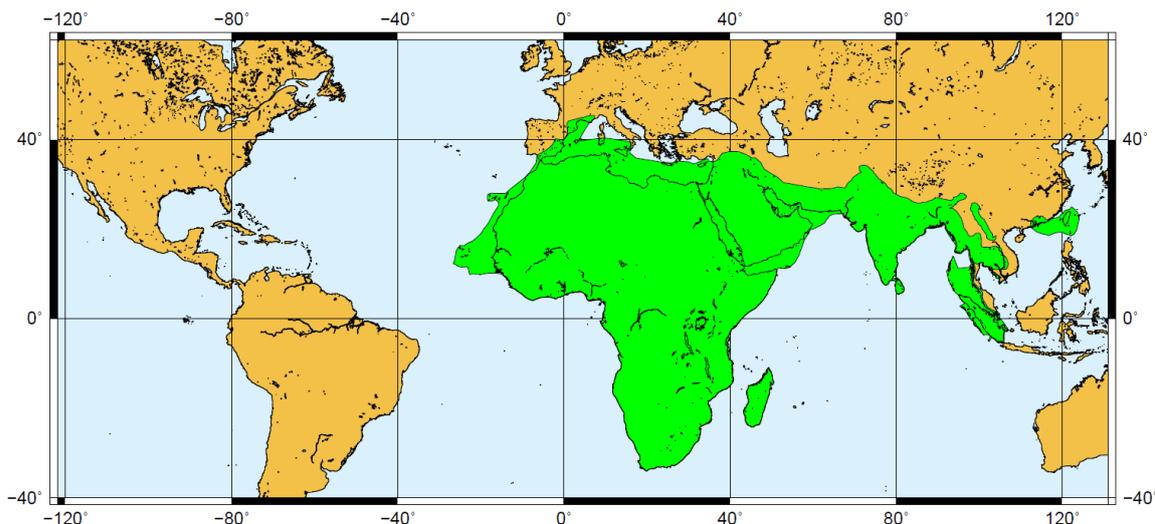
## 1.2 El género *Phoenix*

### 1.2.1 Características y distribución

El género *Phoenix* L. Sp. Pl. 2, 1753 comprende un grupo de palmeras perteneciente al orden Arecales, familia. Arecaceae, tribu Coryphoideae, subtribu Phoeniceae (Dransfield *et al.*, 2008, Baker *et al.*, 2009). Destaca por la presencia de hojas pinnadas frente a las hojas palmadas características del resto de géneros de la subfamilia Coryphoideae y la modificación de los folíolos inferiores como acantófilos.

El nombre *Phoenix* es una latinización del término phoinix/phoinikos empleado por Teofrasto (Hort 1916) y Plinio el Viejo (Jones 1961, 1963, 1966), que proviene del mítico ave Fénix por su capacidad para rebrotar tras un incendio; o bien hace referencia a los fenicios, civilización a través de los cuales los griegos conocieron esta planta (Rivera y Obón, 1991) o bien al pigmento púrpura obtenido del molusco *Murex*, también denominado phoenix, que estaría relacionado con el color de algunos dátiles, rojos o púrpuras (Bircher, 1990; Sanderson, 2001).

El número de especies varía según los autores (Beccari, 1890, Barrow, 1998; Henderson *et al.*, 2006, Dransfield *et al.*, 2008); en la actualidad se suele considerar integrado por 14 especies distribuidas desde el archipiélago Macaronésico e islas de Cabo Verde, sur de Europa, norte de África hasta, Oriente Medio, India, China, Vietnam, Tailandia e islas del Océano Índico (Figura 1).



**Figura 1.** *Distribución primaria del conjunto de especies del género Phoenix.*

Se incluyen las zonas donde crecen supuestamente especies silvestres y las áreas tradicionales de cultivo.

A continuación se ofrece una breve descripción de cada una de las especies más aceptadas, basada en Barrow, 1998 y observaciones realizadas por C. Obón y D. Rivera sobre ejemplares de la Colección Nacional de *Phoenix* plantada en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, indicando su área de distribución y hábitat.

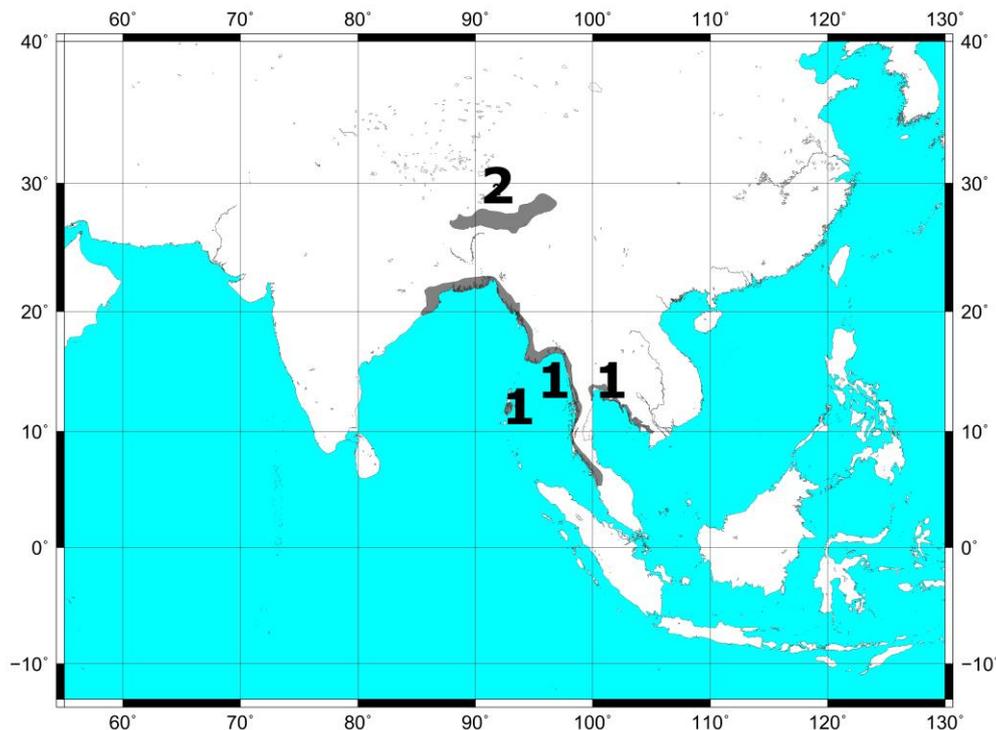
## 1.2.2 Especies del género *Phoenix*

En las siguientes descripciones los estados de maduración se denominan siguiendo el criterio estandarizado del IPGR (2005) donde “Khalal” se utiliza para los dátiles que han alcanzado su pleno desarrollo y tienen una coloración intensa pero todavía no se consideran maduros. Tras el proceso de maduración los dátiles alcanzan el estado “Rutab” en el que presentan un mayor dulzor y una menor astringencia.

### 1.2.2.1 *Phoenix paludosa* Roxb. *Fl. Ind. Vol. 3: 789. 1832*

Palmera multicaule de 3 a 12 m de altura, no ramificada, con troncos de 8 a 16 cm de diámetro, raíces por encima del nivel del suelo frecuentes. Las hojas miden de 180 a 250 cm, dejando una huella anular al caer; son bicoloras, blanquecinas en la superficie abaxial y verdes en la adaxial, sin ramento; pseudopecíolo de 70 a 100 cm, pulvínulos basales de las espinas y folíolos no hinchados; los folíolos están dispuestos en un plano, de 20 a 66 cm de longitud y 0,5 a 2 cm de anchura, de consistencia coriácea. Los pies suelen presentar de 1 a 5 inflorescencias; la inflorescencia masculina mide de 20 a 40 cm, con un pedúnculo de 20 a 25 cm, ramillas de 5 a 10 cm; flores sin brácteas, los sépalos miden 1 mm, pétalos de 6–8 mm de longitud y 2–2,5 mm de anchura, con el ápice obtuso; las anteras miden 3 mm. La inflorescencia femenina mide de 20 a 25 cm, alargándose el pedúnculo con la maduración del fruto hasta los 40 cm, ramillas de 9 a 30 cm; flores sin brácteas, los sépalos miden 2–2,5 mm de longitud y 3 mm de anchura; pétalos de 2–3 mm de longitud y 2 mm de anchura. Fruto con periantio persistente, oblongo-elíptico, aplanado dorsiventralmente, base redondeada, de 10 a 15 mm de longitud y 7-10 mm anchura, amarillo, anaranjado o rojo en estado Khalal y negro-azulado o negro en estado Rutab. Semilla de 7–11 mm de longitud, 5,5–7,5 mm de anchura y 4–7 mm de espesor y redondeada, con surco dorsiventral superficial y embrión basal, frente a la posición ecuatorial del resto de especies (Lámina 1.1, página 21).

Se encuentra en el borde de manglares y pantanos costeros en estuarios. Su área de distribución incluye India, Bangladesh, isla de Andaman, islas Nicobar y norte de Sumatra (Figura 2).

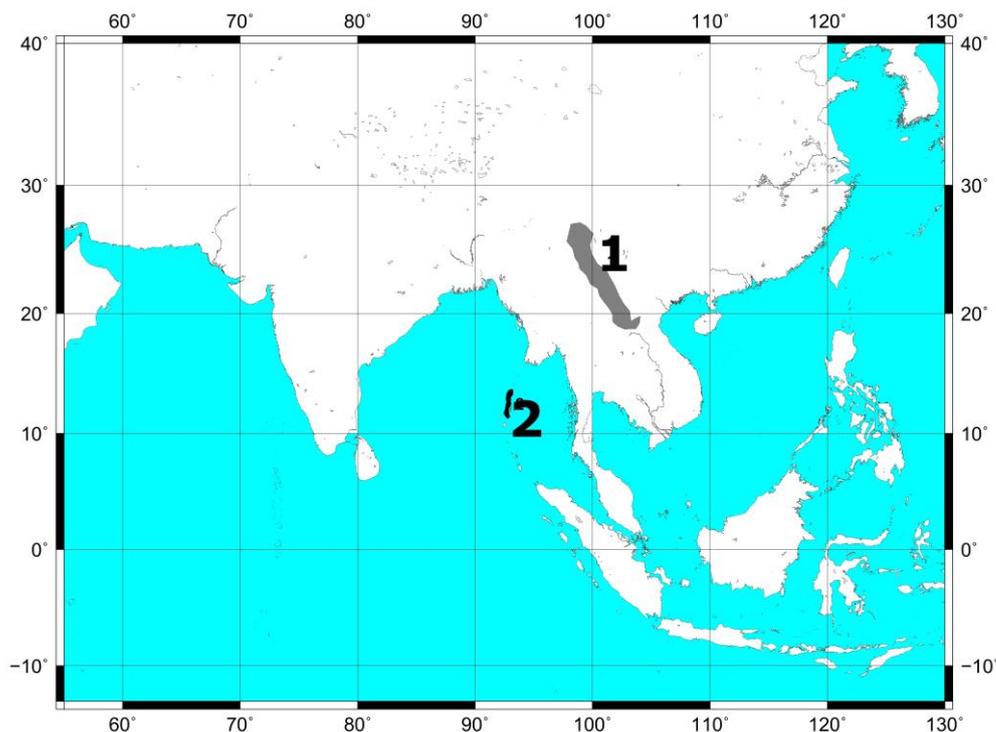


**Figura 2.** Áreas de *P. paludosa* y *P. rupicola*  
Códigos: 1 *P. paludosa*, 2. *P. rupicola* Imagen: Rivera et al. (2014)

#### 1.2.2.2 *Phoenix roebelenii* O.Brien Gard. Chron., Ser. 3, 6: 475, f. 68. 1889

Palmera multicaule de 1 a 3 m de altura, ocasionalmente ramificadas, con troncos de 12 a 16 cm de diámetro y raíces por encima del nivel del suelo rara vez presentes. Las hojas miden de 50 a 180 cm de longitud, dejando una huella en forma de diamante al caer, son concoloras, verde oscuro, con ramento en la superficie abaxial, en forma de escamas anchas blancas teñidas de marrón, sobre hojas adultas; pseudopecíolo de 10 a 35 cm de longitud, pulvínulos basales de hojas y espinas no hinchados; folíolos de 25 a 40 cm de longitud y 0,6 a 1,2 cm de ancho, dispuestos en un mismo plano, de consistencia herbácea. Los pies suelen presentar de 8 a 18 inflorescencias; la inflorescencia masculina mide de 20 a 40 cm de longitud, con pedúnculo de 15-30 cm, ramillas de 7-20 cm, brácteas de las flores ausentes, sépalos de 1-2 mm de longitud, pétalos de 7-8 mm de longitud y 2-2,5 mm de anchura, ápice agudo a acuminado, anteras de 3 mm de longitud. La inflorescencia femenina mide 25-40 cm, con pedúnculo de 30-40 cm y ramillas de 3-5 cm; brácteas papiráceas caedizas o ausentes, sépalos de 2-2,5 mm de longitud y 3 mm de anchura, pétalos de 3-4 mm de longitud y 4 mm de anchura. Fruto con periantio persistente, oblongo-elíptico, con sección transversal circular, base redondeada; mide unos 13-18 mm de longitud y 6-7 mm de anchura, verde o púrpura en estado Khalal y negro-azulado o negro en estado Rutab. Semilla de 9 a 11 mm de longitud, 3,2-5 mm de anchura y 2,5-4 mm de grosor, elíptico-oblonga, surco ventral profundo en U (Lámina 1.2 y 1.3, página 21).

Se encuentra en hábitats ligados a cursos de agua, bosques de ribera o lechos de río, donde se comporta como reófito. Su área de distribución incluye Yunnan (SO China), Vietnam y Laos (Figura 3).



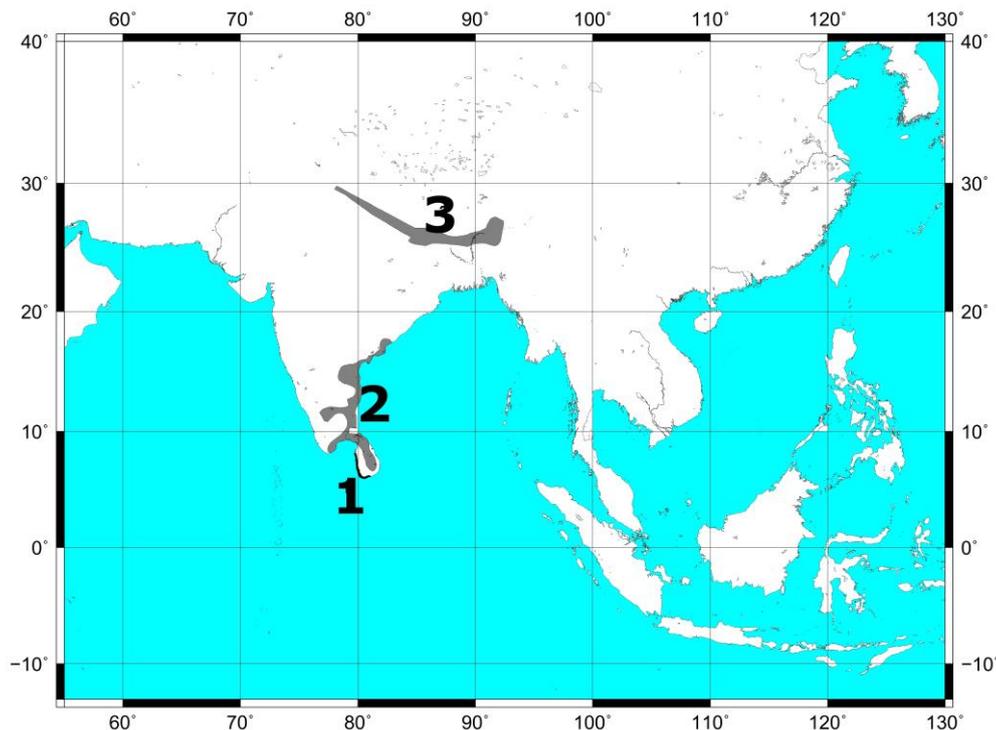
**Figura 3.** Áreas de *P. roebelenii* y *P. andamanensis*  
Códigos: 1 *P. roebelenii*, 2. *P. andamanensis*. Imagen: Rivera *et al.* (2014)

### 1.2.2.3 *Phoenix acaulis* Roxb. Pl. Coromandel Vol. 3: 69–70. Tab. 273. 1819

Es una palmera acaule, con tronco de pequeño tamaño (0,1 a 0,25 m de altura), de 8 a 22 cm de diámetro y raíces por encima del nivel del suelo ausentes. Las hojas miden de 40 a 100 cm de longitud, dejando una huella poco definida al caer, concoloras, verde claro a ligeramente glauco, sin ramento, pseudopecíolo de 10 a 30 cm de longitud, pulvínulos basales de folíolos y espinas notablemente hinchados; folíolos de 15 a 30 cm de longitud y 0,5-1,5 cm de anchura, dispuestos en grupos divergentes, de consistencia coriácea. Los pies masculinos observados presentan de 1 a 5 inflorescencias, frente a 1 a 3 los pies femeninos. La inflorescencia masculina mide de 12 a 16 cm, pedúnculo de 2-9 cm, ramillas de 7-9 cm; brácteas ausentes, sépalos de 2–3 mm de longitud y pétalos de 4–6 mm de longitud y 2–3 mm de anchura; anteras 2–3 mm longitud. La inflorescencia femenina mide de 10 a 20 cm, pedúnculo de 2-9 cm y ramillas de 1-14 cm; brácteas de las flores femeninas carnosas; sépalos de 3 mm de longitud y 4 mm de anchura; pétalos de 5–6 mm de longitud y 4 mm de anchura. Fruto con periantio persistente, oblongo-elíptico, con sección transversal circular, base redondeada, mide de 12 a 19 mm de longitud y 6–11 mm de anchura, rojo o púrpura en estado Khalal y negro-azulado o negro en estado Rutab. La semilla mide 7–15 mm de longitud, 5–7 mm de anchura y 4–7 mm de grosor, elíptica o elíptico-oblonga, con surco ventral profundo en V o U y estrías superficiales longitudinales (Lámina 1.9, página 21).

Se encuentra en matorrales, bosques abiertos y pastizales, o pastizales sobre suelos arenosos serpéntinos. Su área de distribución incluye el norte y nordeste de India y Nepal (Figura 4).

Frecuentemente es confundida con otras palmeras, especialmente *P. loureiroi*, debido a que en éstas, el tallo puede tardar varios años en desarrollarse (Barrow, 1998).



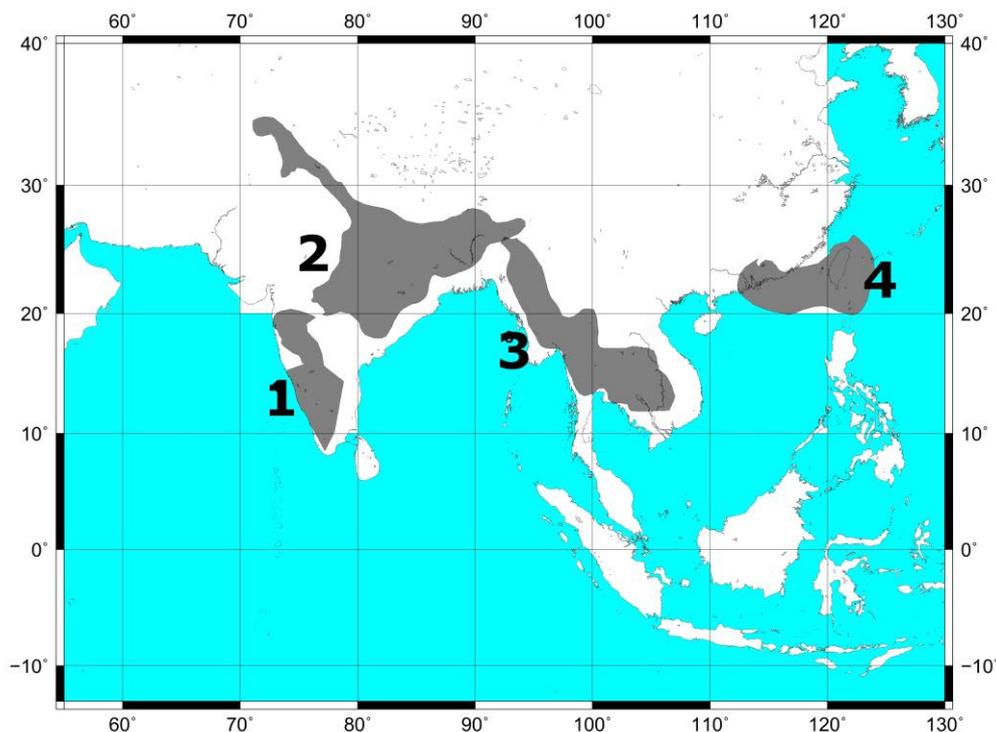
**Figura 4.** Áreas de *P. acaulis* y *P. pusilla*  
Códigos: 1 y 2 *P. pusilla*, 3. *P. acaulis*. Imagen: Rivera *et al.* (2014)

#### 1.2.2.4 *Phoenix loureiroi* Kunth Enum. Pl. 3: 257. 1841

Se trata de una palmera multicaule, de 0,5 a 5 m de altura, tronco de 9 a 15 cm de altura y raíces por encima del nivel del suelo ausentes. Las hojas miden de 120 a 200 cm de longitud, dejando una huella en forma de diamante o mal definida al caer, concoloras, verde oscuro a glauco, sin ramento, pseudopecíolo de 20 a 40 cm de longitud, pulvínulos basales de folíolos y espinas no hinchados, folíolos de 20–45 cm de longitud y 0,5–2,3 de anchura, dispuestos en uno o varios planos, de consistencia herbácea o coriácea. Los pies presentan de 10 a 15 inflorescencias, las masculinas de 15 a 30 cm, pedúnculo de 10–20 cm, ramillas de 5 a 10 cm; brácteas presentes, largas y estrechas, o ausentes; sépalos de 1,5–2 mm de longitud y pétalos de 4–6 mm de longitud y 1,5–2,5 mm de anchura, con anteras de 3 mm de longitud. Las inflorescencias femeninas miden de 20 a 30 cm, con pedúnculos de 25–90 cm, ramillas de 15–30 cm, brácteas de las flores ausentes, sépalos de 1,3–1,8 mm de longitud y 2–3 mm de anchura; pétalos de 2–2,5 mm de longitud y 3–4 mm de anchura. El fruto mide 3–4,5 mm de longitud y 4–7 mm de diámetro, amarillo o anaranjado en estado Khalal, negro-azulado o negro en estado Rutab. Semilla 9–13 mm de longitud, 5–7 mm de anchura y 5–7 mm de grosor, de forma elíptica, base obtusa, con surco ventral profundo en U y estrías superficiales longitudinales (Lámina 1.4, página 21).

Esta especie es nativa de Indochina, Camboya, Tailandia, India, Burma en laderas rocosas escarpadas, roquedos, gargantas y acantilados en el interior y bosques de sabana que se incendian anualmente durante la estación seca (Figura 5).

Grupo altamente polimórfico, encontrándose en gran amplitud de ambientes, lo que ha llevado a algunos autores a describir varias especies y variedades, reunidas bajo el complejo *P. loureiroi* (Barrow, 1998). Actualmente se reconocen dos variedades, *P. loureiroi* var. *loureiroi* y *P. loureiroi* var. *pedunculata* (Barrow, 1998; Govaerts y Dransfield, 2014).



**Figura 5.** Áreas de *P. loureiro*

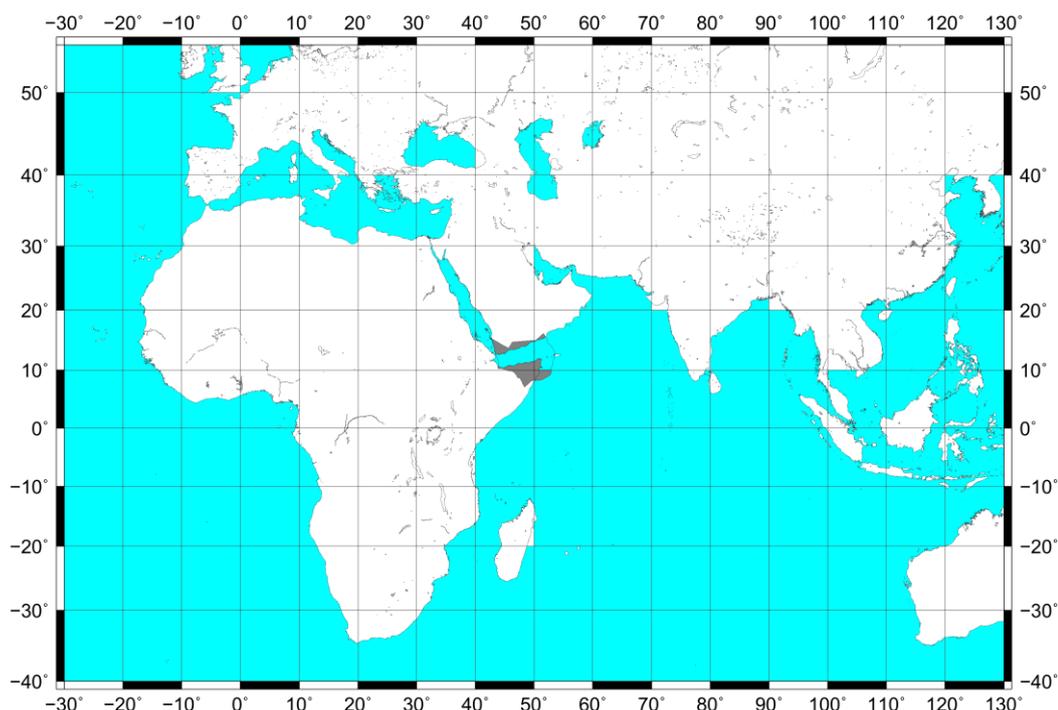
Códigos: 1, 2 y 3 *P. loureiro* típica o grupos de variedades locales de India e Indochina, 4. Poblaciones orientales de *P. loureiro* de China, Taiwán y Filipinas. Imagen: Rivera *et al.* (2014)

#### 1.2.2.5 *Phoenix caespitosa* Chiov. Fl. Somalia 1: 317. 1929

Palmera supuestamente sin tallo pero que en realidad puede alcanzar 3 m de altura, de 20-25 cm de diámetro. Las hojas miden de 93 a 250 cm de longitud, dejando una huella con forma de diamante o mal definida al caer, concoloras, verde claro o glauco, sin ramento, pseudopécíolo de 30-70 cm, pulvínulos basales de folíolos y espinas no hinchados, folíolos 35-55 cm de longitud y 1,5-2,5 cm anchura, dispuestos en grupos divergentes, de consistencia rígida. Los pies presentan de 9 a 15 inflorescencias, las masculinas de 35-45 cm de longitud, pedúnculo de 35-50 cm, ramillas de 5 a 15 cm, sin brácteas, sépalos de 2 mm de longitud, pétalos de 4-6 mm de longitud y 2-3 mm anchura, anteras de 2 a 3 mm. Las inflorescencias femeninas miden 25-30 cm de longitud, con pedúnculo de 25-50 cm, ramillas 15-24 cm, brácteas ausentes, sépalos de 2-3 mm de longitud y 2-4 mm de anchura; pétalos de 3-4 mm de longitud y 4 mm de anchura. Fruto con periantio persistente, 10-20 mm de longitud y 6-12 mm de anchura, circular en sección transversal, anaranjado o púrpura en estado Khalal y marrón ámbar en estado Rutab. La semilla mide 9-13 mm de longitud, 7-8 mm de anchura y 5-9 mm de grosor, de forma elíptica, de base obtusa o truncada, surco ventral profundo en V o U y con estrías superficiales longitudinales (Lámina 1.5, página 21).

Se encuentra en huertos y oasis, ramblas secas, valles y barrancos, marjales y palmerales de *Livistona carinensis* (Chiov.) J.Dransf. y N.W.Uhl en barrancos pedregosos. Su área de distribución incluye el Norte del cuerno de África (Somalia y Djibuti) (Figura 6).

*Phoenix arabica* Burret ha sido considerada por Barrow (1998) un sinónimo de *P. caespitosa* aunque, como veremos en esta memoria, merece un tratamiento independiente. Crece en el sur de la Península Arábiga (Figura 6) (Lámina 2.7, página 23).



**Figura 6.** Áreas de *P. caespitosa* y *P. arabica*

Nota: Somalia *P. caespitosa*, Yemen y Arabia Saudí. *P. arabica*. Imágen: Rivera *et al.* (2014)

#### 1.2.2.6 *Phoenix pusilla* Gaertn. *Fruct. Sem. Pl. 1: 24. tab. 9. 1788*

Palmera de tronco solitario o multicaule, de 0,9 a 7 m de altura y 18-22 cm de diámetro, ocasionalmente ramificada; las hojas miden de 100 a 300 cm de longitud, dejando una huella en forma de diamante o mal definida al caer, concoloras, verde claro u oscuro o glaucas, con ramento en hojas jóvenes en forma de escamas blancas muy estrechas, pseudopeciolo de 30-70 cm de longitud, pulvínulos basales de folíolos y espinas notablemente hinchados, folíolos de 20–35 cm de longitud y 1,8–3 cm de anchura, de consistencia coriácea, dispuestos en grupos divergentes. Los pies presentan de 3 a 10 inflorescencias, las masculinas de 18-30 cm, pedúnculo de 10-25 cm, ramillas de 17-20 cm, sin brácteas, sépalos de 1–1,5 mm de longitud y pétalos de 4–5 mm de longitud y 2–4 mm de anchura; ápice obtuso; anteras 2–4 mm longitud. Las inflorescencias femeninas miden de 27 a 41 cm, pedúnculos de 20 a 75 cm, ramillas de 20-25 cm, brácteas ausentes, sépalos de 1–1,2 mm de longitud y 2 mm de anchura; pétalos de 24 mm de longitud y 3–4 mm anchura. Fruto con periantio persistente, circular en sección transversal. Fruto 11–16 mm de longitud y 5–10 mm de anchura, de color rojo o púrpura en estado Khalal y negro-azulado en estado Rutab. Semillas de 9–13 mm de longitud y 5–7 mm de anchura 4–7 mm de grosor, elíptica o elíptico-oblonga, base obtusa o truncada, surco ventral profundo en U y con estrías superficiales longitudinales (Lámina 1.6, página 21).

Su área de distribución abarca la India y Sri Lanka (Figura 4). Se encuentra en marjales, bordes de manglares y pantanos costeros en estuarios, playa de arenas y por encima de la línea de pleamar, cursos de agua, bosques de ribera y lechos de ríos.

### 1.2.2.7 *Phoenix andamanensis* Hort. ex Anonymous *Gardeners Chronicle*. 53: 294. 1913

Palmera de tronco único, de 1 a 5 m de altura y 14-17 cm de diámetro. Las hojas miden 105-250 cm de longitud, siendo las cicatrices foliares poco definidas, concoloras, verde claro u oscuro, con ramento abaxial en forma de escamas blancas estrechas; pseudopecíolo de 30-60 cm de longitud, pulvínulos basales de folíolos y espinas no hinchados, folíolos de 14-45 cm de longitud y 1,4-2,5 cm de anchura, dispuestos en un plano, de consistencia herbácea. Los pies presentan de 1 a 5 inflorescencias, las masculinas de 25-35 cm de longitud, pedúnculo de 10-25 cm, ramillas de 5-10 cm, brácteas ausentes. sépalos de 2-3 mm de longitud, pétalos de 6-7 mm de longitud y 2-3 mm de anchura, con ápice obtuso, anteras de 3 mm de longitud. Las inflorescencias femeninas miden 40-60 cm, con pedúnculos de 80-100 cm, ramillas 15-23 cm, brácteas ausentes, sépalos de 1,5-2 mm de longitud y 2 mm de anchura; pétalos de 3-4 mm de longitud y 5-6 mm de anchura. Fruto con restos del periantio persistente, de 11-19 mm de longitud y 8-10 mm de anchura, circular en sección transversal, amarillo, anaranjado o rojo en estado Khalal y negro en estado Rutab. Semillas de 11-16 mm de longitud, 6-8 mm de anchura y 5-9 mm de grosor, forma elíptica o elíptico-oblonga, base obtusa o truncada, surco ventral superficial o profundo en U y con estrías superficiales longitudinales. Es la única especie con el endospermo ruminado, diferenciándola del resto del género, donde es homogéneo (Barrow, 1998). Realmente los dos ejemplares de herbario existentes con semillas “ruminadas” presentan unas manchas similares a las que producen en semillas de otras especies el ataque de hongos como *Scytalidium lignícola* Pesante, 1957 (Al-Sheikh, 2009) y muy diferentes del “rumen” en semillas de otras palmeras (Lámina 1.7, página 21).

Se encuentra únicamente en la isla de Andamán Norte (Figura 3), en matorrales, bosques abiertos y pastizales, bosques densos mixtos, bosques siempreverdes tropicales húmedos, bosques secos caducifolios, en zonas altas de las islas (entre 450 y 700 m de altitud).

### 1.2.2.8 *Phoenix rupicola* T. Anderson *J. Linn. Soc. Bot.* 11: 13. 1869

Palmera monocaule, tronco de 3-12 m de altura y 16-21 cm de diámetro. Hojas de 180-350 cm de longitud, que dejan una huella mal definida al caer, concoloras, verde oscuro o claro, ramento persistente sobre hojas adultas en forma de escamas anchas blancas teñidas de marrón; pseudopecíolo de 20-60 cm de longitud, pulvínulos basales de espinas y folíolos no hinchados, folíolos de 24-60 cm de longitud y 0,8-3 cm de anchura, dispuestos en un mismo plano, de consistencia herbácea. Los pies suelen presentar de 10 a 20 inflorescencias, las masculinas de 25 a 45 cm de longitud, con pedúnculo de similar longitud y ramillas de 15-25 cm, sin brácteas florales, sépalos de 2-3 mm de longitud; pétalos 7-8 mm de longitud; 2-3 mm de anchura; ápice obtuso; anteras 3-4 mm de longitud. Las espigas femeninas miden de 40 a 50 cm de longitud, con pedúnculos de 70 a 120 cm y ramillas de 20-55 cm, sin brácteas florales, sépalos 1,5-2,5 mm de longitud; 2-3 mm de anchura; pétalos 3-4 mm de longitud; 4-6 mm de anchura. Fruto con restos del periantio persistentes, 15-16 mm de longitud y 8-9 mm de anchura, oblongo-elíptico, circular en sección transversal, base oblicua, amarillo o anaranjado en estado Khalal y marrón ambarino en estado Rutab. Las semillas miden 13-17 mm de longitud y 6-8 mm de anchura 5,5-8 mm de espesor, de forma elíptico-oblonga, base obtusa o truncada, surco ventral superficial o profundo en V y con estrías superficiales longitudinales (Lámina 1.8, página 21).

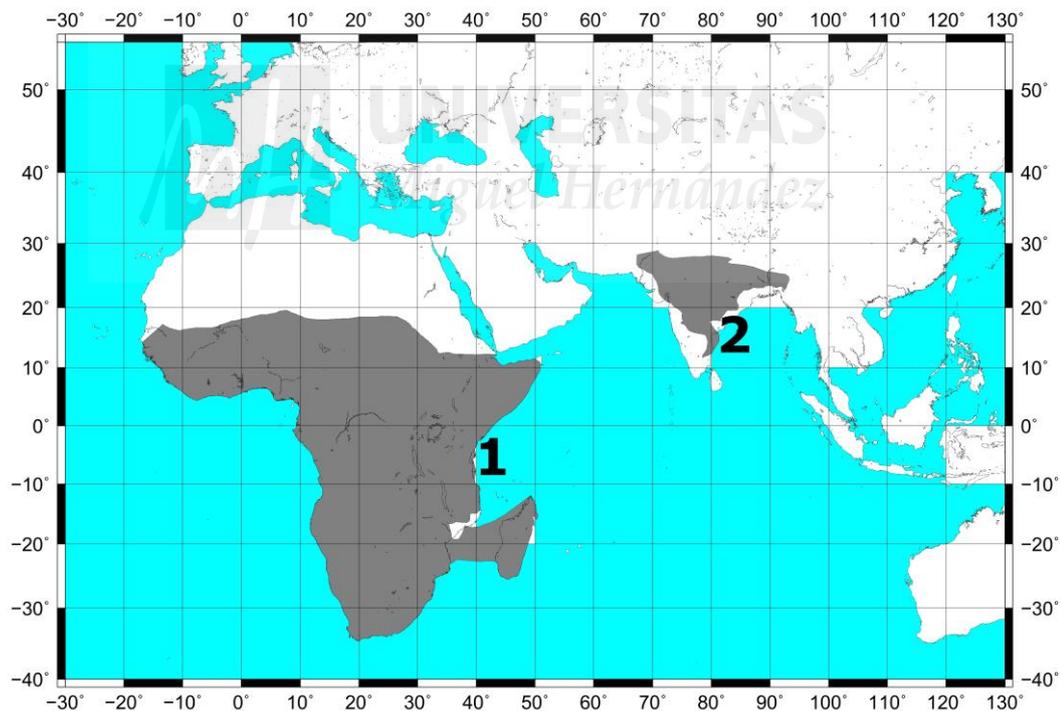
Su área de distribución se limita al Oeste de Bengala, India, e islas de Andamán, en laderas rocosas escarpadas, roquedos, gargantas y acantilados en el interior (Figura 2).

### 1.2.2.9 *Phoenix reclinata* Jacq. *Fragm. Bot.* 1: 27, t. 24. 1801.

Es una palmera altamente polimórfica, consistente con la diversidad de ambientes que coloniza, de la que se han descrito diversas variedades, actualmente agrupadas en una única especie.

Es una palmera multicaule, con troncos de 2,5 a 8 m de altura y 12-20 cm de diámetro, con raíces por encima del nivel del suelo frecuentes. Hojas de 100-250 cm de longitud, dejando cicatrices anulares u oblicuas al caer, concoloras, de color verde oscuro, con ramento abaxial en forma de escamas blancas estrechas; pseudopécíolo de 30-40 cm de longitud, pulvínulos basales de espigas y folíolos no hinchados, folíolos de 25-40 cm longitud y 1,6-2,6 cm de anchura, en grupos divergentes, de consistencia herbácea o coriácea. Los pies masculinos presentan 8 a 15 inflorescencias de 40-60 cm de longitud, pedúnculos de 10-30 cm y ramillas de 6-20 cm, sin brácteas florales. Sépalos 1 mm de longitud pétalos 6-7 mm de longitud y 2-3 mm de anchura; ápice agudo a acuminado; anteras 2-3 mm de longitud. Los pies femeninos presentan 5 a 10 inflorescencias de 40-70 cm de longitud, pedúnculos de 30-60 cm y ramillas de 15-25 cm, sin brácteas florales. Sépalos 1,5-2,5 mm de longitud y 2-3 mm de anchura; pétalos 3-4 mm de longitud y 2-4 mm de anchura. Periantio persistente en el fruto. Fruto 13-20 mm de longitud y 6-12 mm de anchura, con base oblicua, circular en sección transversal, amarillo, anaranjado o rojo en estado Khalal y negro en estado Rutab. Las semillas miden 9-15,5 mm de longitud, 5,5-9 mm de anchura y 5-9 mm de espesor, de forma ovada a triangular, elíptico-oblonga o elíptica, con surco ventral profundo en V o U y estrías superficiales longitudinales (Lámina 2.8 y 2.9, página 23).

Es una de las especies con mayor área de distribución, desde el SO de la Península Arábiga, África tropical y subtropical y N y SW de Madagascar, en un rango de hábitats muy amplio, incluyendo matorrales, bosques abiertos y pastizales, bosques densos mixtos, bosques siempreverdes tropicales húmedos, bosques secos caducifolios y también medios asociados a cursos de agua, bosques de ribera y lechos de ríos (Figura 7).



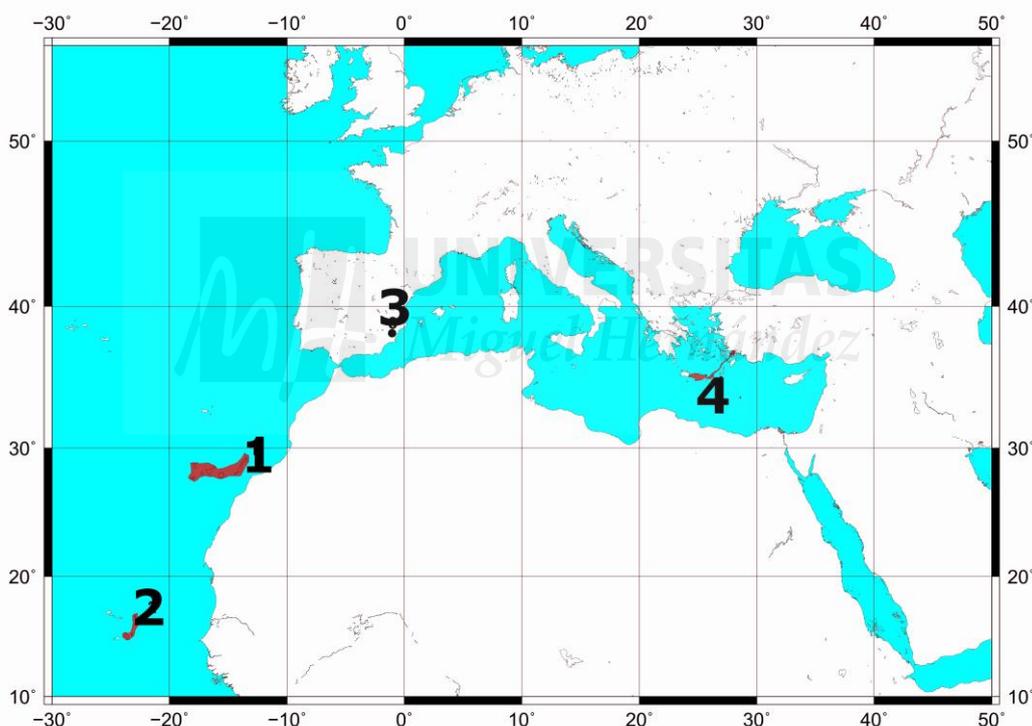
**Figura 7.** Áreas de *P. reclinata* y *P. sylvestris*  
Códigos: 1. *P. reclinata*, 2. *P. sylvestris* Imágen: Rivera *et al.* (2014)

#### 1.2.2.10 *Phoenix canariensis* H. Wildpret in Chabaud La Provence Agricole et Horticole Illustrée 19: 293-297. 1882

Especie muy variable, tanto en poblaciones naturales, como variedades asociadas a su uso como ornamental. Es una palmera monocaule, con tronco de 4 a 30 m de altura y 80-120 cm de diámetro;

en ocasiones presenta raíces por encima del nivel del suelo. Las hojas son de gran longitud, de entre 3,5 y 7 m de longitud, que dejan huellas en forma de diamante al caer, concoloras, color verde oscuro, sin ramento, pseudopeciolo de 10-50 cm de longitud, pulvínulos basales de espinas notablemente hinchados, mientras que los de los folíolos no lo son, folíolos de 20 a 40 cm de longitud y 2 a 4 de anchura, dispuestos en el mismo plano, de consistencia coriácea. Los pies masculinos suelen presentar de 20 a 30 inflorescencias, con espatas de 45-80 cm, pedúnculos de 30-80 cm y ramillas de 15-30 cm, sin brácteas florales. Sépalos 1,5-3 mm de longitud; pétalos 6-9 mm longitud y 2-3 mm de anchura; ápice obtuso; anteras 2-3 mm de longitud. Los pies femeninos presentan 15 a 25 inflorescencias, con espatas de 40 a 90 cm, pedúnculos de 160-200 cm y ramillas de 30-60 cm, sin brácteas florales. Sépalos 2-3 mm de longitud y 2-4 mm de anchura, pétalos 2-3 mm de longitud y 3-4 mm de anchura. Frutos con periantio persistente, de 14-23 mm de longitud y 9-15 mm de anchura, base redondeada, amarillo o anaranjado en estado Khalal y marrón ambarino en estado Rutab. Las semillas miden 11-17 mm de longitud; 7-10 mm, de anchura y 5-9 mm de espesor, de forma elíptico-oblonga o elíptica, surco ventral profundo en V o U y estrías superficiales longitudinales.

Se encuentra de forma natural en las islas Canarias, en matorrales, bosques abiertos y pastizales, laderas rocosas escarpadas, acantilados, ramblas secas, valles y barrancos (Figura 8).



**Figura 8.** Áreas de *P. canariensis*, *P. atlantica*, *P. iberica* y *P. theophrasti*

Códigos: 1. *P. canariensis*, 2. *P. atlantica*, 3. *P. iberica*, 4. *P. theophrasti* Imágen: Rivera et al. (2014)

#### 1.2.2.11 *Phoenix theophrasti* Greuter *Bauhinia* 3: 243-250. 1967.

Palmera multicaule, de 5 a 15 m de altura y 25-35 cm de diámetro; hojas de gran tamaño, de 2,1 a 4 m de longitud, dejando huella en forma de diamante al caer, concoloras, glaucas, con ramento en superficie abaxial en forma de escamas estrechas en hojas jóvenes, pseudopeciolo de 20 a 70 cm de longitud, pulvínulos basales de espinas y folíolos notablemente hinchados, folíolos de 20-50 cm de longitud y 2-3 cm de ancho, dispuestos en grupos divergentes, de consistencia rígida. Los pies masculinos presentan de 10 a 15 inflorescencias, con espatas de 40-50 cm, pedúnculos de 20-40 cm y ramillas de 5-10 cm, sin brácteas florales. Sépalos 2-3 mm de longitud; pétalos 6-8 mm de

longitud y 3–4 mm de anchura, con ápice obtuso; anteras 3 mm de longitud. Los pies femeninos presentan 8 a 10 inflorescencias, con espatas de 45-55 cm de longitud, pedúnculos 70-75 cm y ramillas de 20-50 cm, sin brácteas florales. Sépalos 2–2,5 mm de longitud y 2–3 mm de anchura; pétalos 2–2,5 mm de longitud y 3–4,5 mm de anchura. Los frutos miden 12–17 mm de longitud y 8–12 mm de anchura, con base redondeada u oblicua, amarillo o anaranjado en fase Khalal y marrón ambarino en fase Rutab. Las semillas miden 11,5–16 mm de longitud, 7–11 mm de anchura y 5–9 mm de espesor, con forma elíptica, surco ventral superficial o profundo en V y con estrías superficiales longitudinales (Lámina 2.1, página 23).

Su área de distribución se restringe a la isla de Creta y SO de la Península de Anatolia, donde se encuentra en ramblas secas, valles, barrancos, playa de arena y vegetación por encima de la línea de pleamar, cursos de agua, bosques de ribera y lechos de ríos (Figura 8).

#### 1.2.2.12 *Phoenix sylvestris* (L.) Roxb. Hort. Bengal.: 73. 1814.

Es una palmera monocaule, con tronco de 4 a 12 m de altura y 20-25 de diámetro, muy ocasionalmente ramificados; la presencia de raíces por encima del nivel del suelo es frecuente. Las hojas miden 2,10-3,50 m de longitud, dejando una huella en forma de diamante al caer, concoloras, verde claro o glaucas, sin ramento, pseudopecíolo de 20-50 cm, folíolos de 27 a 50 cm de longitud y 1,8 a 2,5 cm de anchura, dispuestos en el mismo plano, de consistencia coriácea. Los pies presentan de 20 a 25 inflorescencias, las masculinas con espatas de 25-40 cm, pedúnculos de 20-40 cm y ramillas de 4-16 cm, sépalos 2–2,5 mm de longitud; pétalos 6–10 mm de longitud y 2–3 mm de anchura; ápice obtuso; anteras 3–4 mm de longitud. Las inflorescencias femeninas tienen espatas de 22-30 cm, pedúnculos al madurar de 90-100 cm y ramillas de 8 a 34 cm; sépalos 1,5–3 mm de longitud y 2–4 mm de anchura; pétalos 5–7 mm de longitud y 2–5 mm de anchura. El fruto mide 18–32 mm de longitud y 10–14 mm de anchura, con base redondeada, amarillo, anaranjado o rojo en estado Khalal y marrón ambarino en estado Rutab. La semilla mide 14–21,5 mm de longitud, 7,9–11,5 mm de anchura y 6–12 mm de espesor, de forma elíptica o elíptico-oblonga, surco ventral profundo en U y estrías superficiales longitudinales (Lámina 2.2, página 23).

Su área de distribución se extiende por India, Pakistán, Nepal, Bhutan, Myanmar y Bangladesh, donde se encuentra en huertos y oasis, matorrales, ramblas secas, valles, barrancos, marjales, cursos de agua, bosques de ribera y lechos de ríos (Figura 7).

#### 1.2.2.13 *Phoenix atlantica* A.Cheval. Bull. Mus. Hist. Nat. (Paris), Sér. 2, 7: 137. 1935.

Palmera multicaule, con tronco de 5 a 15 de altura y 20-45 cm de diámetro, con raíces por encima del suelo frecuentes. Las hojas miden de 2,10 a 3 m de longitud, dejando cicatrices con forma de diamante al caer, concoloras, de color verde claro o glauco, con ramento en la superficie abaxial de hojas jóvenes, en forma de escamas blancas estrechas, con pseudopecíolo de 40-70 cm, folíolos de 20-60 cm de longitud y 1-2,5 cm de ancho, dispuestos en un mismo plano, de consistencia coriácea. Los pies presentan de 15 a 20 inflorescencias, las masculinas con espatas de 25-35 cm, pedúnculos de 25-35 cm y ramillas de 15-25 cm, flores con sépalos 3 mm de longitud; pétalos 6 mm de longitud y 2–3 mm de anchura; ápice agudo a acuminado; anteras 2–3 mm de longitud. Las inflorescencias femeninas tienen espatas de 40-70 cm, con pedúnculos al fructificar de 40-60 cm y ramillas de 30-50 cm, flores con sépalos de 2–3 mm de longitud y 2–4 mm de anchura; pétalos 3–5 mm de longitud y 2–4 mm de anchura. El fruto mide 15–40 mm de longitud y 10–18 mm de anchura, con base truncada, amarillo, anaranjado o rojo en estado Khalal y marrón ambarino en estado Rutab. Semillas de 14,5–23 mm de longitud, 7–12 mm de anchura y 5–12 mm de espesor, de forma ovada a triangular, elíptica-oblonga a cilíndrica-estrecha, con surco ventral profundo en V o U y con estrías superficiales longitudinales o transversales (Lámina 2.3, página 23).

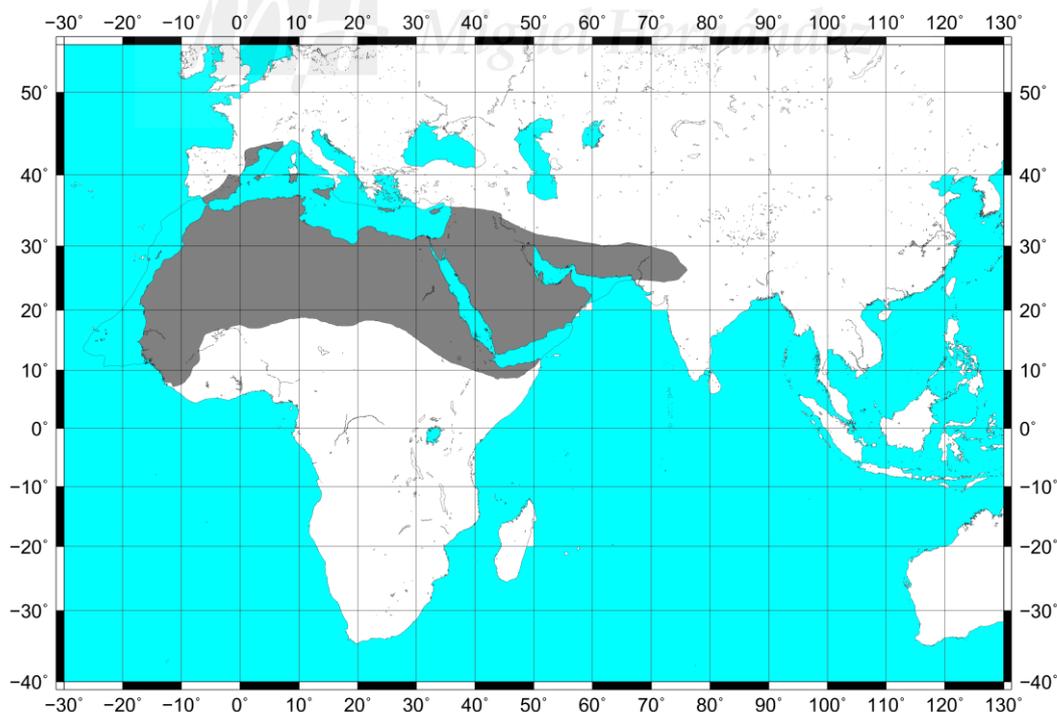
Se encuentra en las islas de Cabo Verde, donde se localiza en ramblas secas, valles y barrancos, playa de arenas y vegetación por encima de la línea de pleamar (Figura 8).

1.2.2.14 *Phoenix dactylifera* L. Sp. Pl.: 1188. 1753.

Especie muy variable, en particular en cuanto a las características del fruto, en las que se basan la identificación de variedades y razas locales, si bien se emplean también caracteres vegetativos (El-Houmaizi *et al.*, 2002; IPGRI, 2005; Ahmed *et al.*, 2011).

Es una palmera multicaule, lo que se aprovecha para la reproducción de fenotipos interesantes para cultivo mediante vástagos o raijos, si bien con frecuencia se confunden vástagos con pies desarrollados a partir de semillas al pie de la planta madre (El-Houmaizi *et al.*, 2006). Ocasionalmente se presentan individuos ramificados, con valor ornamental. El tronco alcanza hasta 30 m de altura, presenta hojas de 2 a 7 m de longitud, concoloras, glaucas, verde claro u oscuro, sin ramento, con pseudopécíolo de 50 a 170 cm de longitud, folíolos de 20–60 cm de longitud y 2,5–4,5 cm de anchura, dispuestos en el mismo plano. Los pies pueden presentar de 10 a 30 inflorescencias, de tamaño variable. La espata masculina mide de 30 a 45 cm, con pedúnculo de 30 a 50 cm y ramillas de 20 a 30 cm; sépalos 2 mm de longitud; pétalos 6–10 mm de longitud y 3–5 mm de anchura; ápice obtuso; anteras 4–5 mm de longitud. La espata femenina mide de 40 a 90 cm, ocasionalmente mayor, con pedúnculo de 30 a 150 cm y ramillas de 30 a 50 cm, sin brácteas florales, flores con sépalos 2–3 mm de longitud y 2–4 mm de anchura; pétalos 3–5 mm de longitud y 2–4 mm de anchura. Las características del fruto son muy variables, atendiendo a la selección dirigida que ha sufrido la especie, ya sea por su forma, tamaño, coloración, consistencia de la carne y palatabilidad de la misma. Las semillas miden de 15 a 37 mm de longitud, 6–12 mm de anchura y 5–10 de grosor, presentando alas ocasionalmente; algunas variedades presentan estrías superficiales longitudinales y/o transversales (Lámina 2.4, página 23).

Su área de distribución natural se desconoce, dada su larga historia de cultivo (Zohary y Hopf, 1988); la actual se extiende desde el SE de la Península Ibérica y Norte de África hasta Pakistán (Figura 9), habiendo sido introducida en los continentes americano y austral.



**Figura 9.** Área de *P. dactylifera*

Imágen: Rivera *et al.* (2014)

Mención aparte merece el taxon *Phoenix iberica* D.Rivera, S.Ríos y Obón, descrita a partir de ejemplares localizados en el Río Chícamo, Abanilla, Murcia (Figura 8), y considerada como una posible palmera autóctona de la Península Ibérica, coexistente con la palmera datilera. Se asemeja bastante a la palmera datilera, aunque sus frutos son de menor tamaño y calidad. Es una palmera multicaule, de tronco recio (45-80 cm de diámetro), con menor número de folíolos por palma que en *Phoenix dactylifera* (75 a 100 pares), pero más robustos, rígidos y punzantes e insertados en distintos planos a un mismo lado del raquis; también cuentan con mayor presencia de pruina, dándoles un aspecto netamente ceniciento. Los individuos masculinos presentan inflorescencias más consistentes que las de la palmera datilera, con flores masculinas de pétalos fimbriados, anteras de gran tamaño (5 mm) y con gran capacidad de producción de polen. Los frutos son cortos (24-26 mm), elipsoidales y poco estilizados. La semilla es corta (15-17 x 9-19 ,5 mm) y sin estrías. Frecuentemente se ha usado como polinizadora, por la profusión de polen en los ejemplares masculinos (Rivera *et al.*, 1997; Rivera *et al.*, 2008). Esta especie se incluye como sinónimo de *Phoenix dactylifera* L. en Dransfield *et al.* (2008) (Lámina 2.5, página 23).

### 1.2.3 Híbridos

Todas las especies del género *Phoenix* tienen 36 cromosomas aunque se han recogido algunas variaciones, en particular en cultivo in vitro, desde  $2n=26$  a  $2n=36$  (Al-Ani *et al.*, 2010). Esta cifra incluye una pareja de cromosomas sexuales en la palmera datilera (Al-Dous *et al.*, 2011), en el grupo de ligamiento 12 en Mathew, *et al.*, (2015), y que posiblemente sea característico del género. Así, las especies que componen este género tienen una gran capacidad de hibridación, produciendo en algunos casos híbridos fértiles (Chevalier, 1935; Wrigley 1995; Gros-Baltazar, 2013).

### 1.2.4 Papel económico del género *Phoenix*

#### 1.2.4.1 Situación mundial

La mayoría de las especies del género *Phoenix* tienen algún uso local, de los que se recoge una muestra en la Tabla 1.

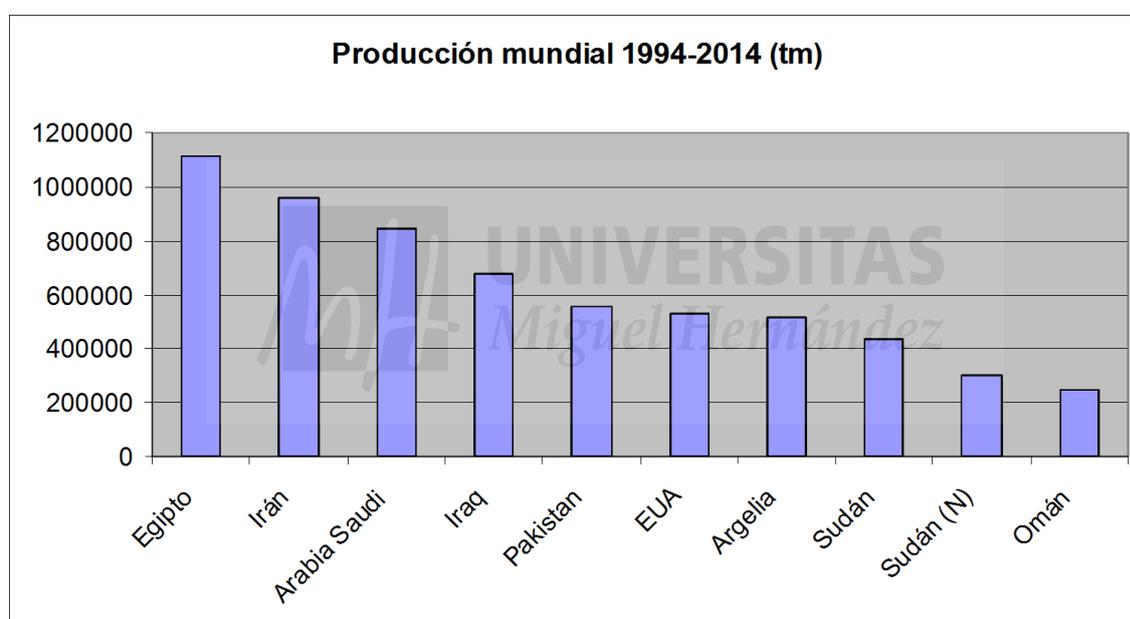
Tabla 1. *Principales tipos de usos de las palmeras del género Phoenix.*

**Nota:** Se indican las referencias consultadas para cada grupo de usos-

ESPECIE	ALIMENTARIO	CONSTRUCCIÓN	ARTESANÍA	ORNAMENTAL	MEDICINAL
Phoenix acaulis	Anderson 1871; Haines 1922	Haines 1922 (muy dudoso)	-	Cañizo 2011	Jain y Tarafder, 1970
Phoenix andamanensis	-	-	-	Anonymous 1914; Cañizo 2011	-
Phoenix atlantica	Henderson <i>et al.</i> 2003	Henderson <i>et al.</i> 2003	-	Cañizo 2011	-
Phoenix caespitosa	-	-	-	Cañizo 2011	-
Phoenix canariensis	Webb y Berthelot 1836; Arias <i>et al.</i> 1818	-	Arias <i>et al.</i> 1818	Wildpret 1880; Cañizo 2011	Rivera <i>et al.</i> 2014b
Phoenix dactylifera	Rivera <i>et al.</i> 2014b	Rivera <i>et al.</i> 2014b	Rivera <i>et al.</i> 2014b	Cañizo 2011	Rivera <i>et al.</i> 2014b
Phoenix iberica	-	-	-	Cañizo 2011	-
Phoenix loureiroi	Beccari 1890	-	Davis y Joel 1989; Kumar y Jain 2002; Gruezo y Fernando 1985; Padmanabhan y Sudharsan 1988	Cañizo 2011	-
Phoenix paludosa	Awasthi 1991	-	Roxburgh 1832; Awasthi 1991	Cañizo 2011	-

ESPECIE	ALIMENTARIO	CONSTRUCCIÓN	ARTESANÍA	ORNAMENTAL	MEDICINAL
-Phoenix pusilla	Roxburgh 1832; Trimen y Hooker 1898	-	Roxburgh 1832; Trimen y Hooker 1898	Cañizo 2011	-
Phoenix reclinata	Maundu Ngugi y Kabuye 1999; Irvine 1952	Maundu Ngugi y Kabuye 1999	Maundu Ngugi y Kabuye 1999; Weiss 1973	Cañizo 2011	-
Phoenix roebelenii	-	-	-	Cañizo 2011	-
Phoenix rupicola	-	-	-	Cañizo 2011	-
Phoenix sylvestris	Beccari 1890; Newton <i>et al.</i> 2013	-	Haines 1922	Cañizo 2011	Jain y Tarafder, 1970; Alam, 1992
Phoenix theophrasti	-	-	Rivera y Obón sin publicar	Cañizo 2011	-

La palmera datilera supone uno de los cultivos más importantes en zonas áridas y semiáridas. La producción mundial alcanzó un valor bruto en 2014 de 11 851.98 millones \$. El mayor productor a nivel mundial es Egipto (Figura 10) (FAOSTAT, 2017).



**Figura 10.** *Producción mundial media de dátiles*

Datos: FAOSTAT 2017

Los principales países productores han visto incrementadas de forma considerable sus producciones anuales de dátiles en el período 2000-2010, muy probablemente como consecuencia de nuevas plantaciones de palmera datilera, tanto en las zonas clásicas, donde Medjool y Barhi han experimentado un aumento en su superficie de cultivo, como en zonas nuevas de producción (Sudáfrica, Zimbawe, Nigeria), donde se ha introducido de forma masiva la variedad Medjool (Augstburger *et al.* 2002).

#### 1.2.4.2 Situación en España

La primera mención a la existencia de palmeras en la Península Ibérica corresponde a Plinio el Viejo en el Siglo I D de C (Jones 1961, 1963, 1966), comentando su aspereza y baja palatabilidad, siendo su origen anterior a la llegada de los romanos. Se atribuye su introducción a los fenicios (Rivera *et al.*, 1997), lo que no es incompatible con la existencia de poblaciones locales anteriores, siendo el papel de la civilización árabe el de realizar una introducción de materiales propios, además

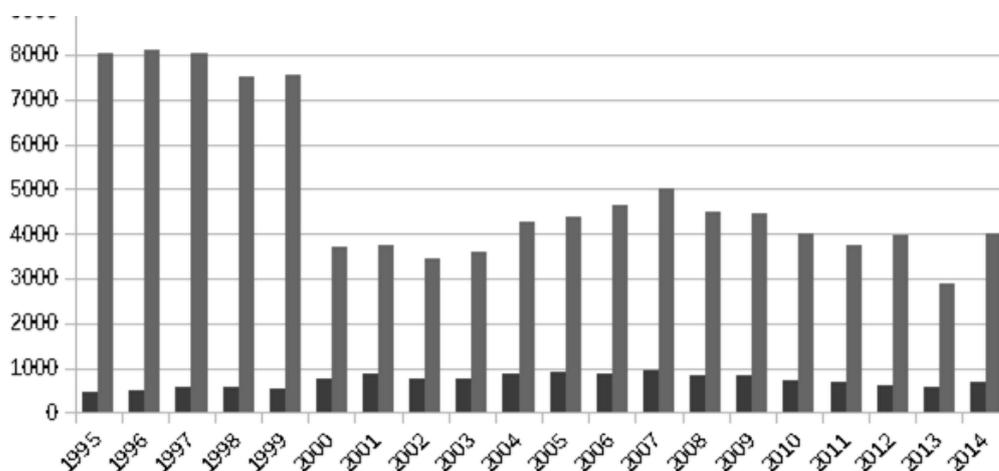
de mejorar las técnicas de cultivo, especialmente el regadío, aprovechando las infraestructuras creadas por los romanos.

Entre los siglos X y XV, varios autores andalusíes hacen mención a la palmera datilera en Al-Andalus y las operaciones relacionadas con su cultivo, incluidas la reproducción por vástagos y por semillas, además de hacer mención de los nombres de algunas variedades (Abu L-Jayr, citado por Carabaza *et al.*, 2014), si bien la presencia de la palmera parece ser escasa y sus dátiles poco agradables, de manera que algunos tratados recomiendan varios tratamientos para hacerlos más dulces (Abu L-Jayr, citado por Carabaza *et al.*, 2014).

El Palmeral de Elche representa, posiblemente, el palmeral más antiguo reconocido como tal de la Península Ibérica, citado por Jerónimo Müntzer y ejemplares dispersos en la provincia de Murcia (1494-1495, en García- Mercadal, 1999), aunque el palmeral de Orihuela y los cultivos de palma de Alicante, Callosa de Segura y Coix también reciben atención por parte de autores locales como Cavanilles (1795-1797).

La palmera datilera, como especie de interés agronómico, se localiza en la actualidad en el Sureste de la Península Ibérica. Alicante cuenta con los palmerales de mayor tamaño, en particular, el Palmeral de Elche, que alberga unas 180 000 palmeras (Gracia, 2007), habiendo sido declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad (30 de Noviembre de 2005); así como el de Orihuela, con 13,441 ejemplares de *Phoenix dactylifera* según el Informe a la Comisión de Legado Histórico y Artístico del Consell Valencià de Cultura (Ayuntamiento de Orihuela, 2008) y Albufera. La Región de Murcia cuenta con palmerales en Abanilla, con unos 5 000 pies, valle del Segura, con una cifra similar, y palmerales de pequeño tamaño en Alhama, Totana, Murcia, Lorca, Librilla o San Javier, procedentes de plantaciones de mediados del siglo XIX (Muñoz-Palao, 1929) y de los que subsisten unos pocos ejemplares en la actualidad. En Almería, los principales cultivos de palmera se encuentran en Cuevas de Almanzora, vega baja del Andarax y el municipio de Pechina. Los palmerales presentes en la costa almeriense tienen su origen en plantaciones con fines ornamentales, de origen tanto público como privado (Dana *et al.*, 2009).

La producción de dátil en España es muy pequeña, situándose en 2014 en torno a 4 000 toneladas (FAOSTAT, 2017), concentrada en Elche. Tal y como se observa en la Figura 11, la producción de dátil baja considerablemente a partir del año 2000, posiblemente coincidiendo con la burbuja inmobiliaria y la consecuente necesidad de zonas verdes o ajardinadas y nuevas vías de comunicación. La palmera datilera, tanto la procedente de huertos como de viveros, se ha transformado en planta ornamental y se ha distribuido a distintos puntos de la geografía nacional, favorecido por los altos precios conseguidos (Gracia, 2007). A partir del 2003 se observa una ligera recuperación de la producción y un nuevo descenso, en este caso relacionado con la presencia en los cultivos del picudo rojo, *Rhynchophorus ferrugineus*, que ha provocado la corta masiva de palmeras en algunas zonas.



**Figura 11.** Producción de dátiles en España

Datos en toneladas correspondientes al período 1995-2014. Datos: FAOSTAT 2017

La producción de palma blanca juega un papel importante en la economía local de los palmerales del Sureste Ibérico, especialmente en Elche y palmerales satélites, además de Abanilla. La elaboración de palma blanca comienza con el blanqueado de la hoja mediante el enfundado del palmito; la falta de luz produce hojas etioladas carentes de cloroplastos y de textura blanda, que posteriormente se trenzan en complejos patrones para elaborar ornamentos para ceremonias religiosas, especialmente Semana Santa. La Palma de Elche es muy apreciada desde antiguo (Viciano 1881), mientras que Abanilla es un centro exportador de las hojas blanqueadas hacia Elche (Rivera *et al.*, 2007), donde se elabora. Gracia (2007) estima el precio recibido por ejemplar de palmera liado en 42 € (datos para 2003). El desplazamiento de esta actividad hacia viveros e incluso países norteafricanos supone una pérdida de ingresos considerable y repercute negativamente en la economía local.

### 1.3 La diversidad genética del género *Phoenix*

#### 1.3.1 Diversidad genética y domesticación

Las especies arbóreas, debido a su característico ciclo de vida largo y falta de movilidad, se ven sujetas a las fluctuaciones de diversos parámetros de sus ecosistemas; su adaptabilidad y capacidad de supervivencia a dichas fluctuaciones se deben a que han desarrollado mecanismos que generan una alta diversidad genética sobre la que puede actuar la selección natural. Estas estrategias incluyen tasas altas de reproducción cruzada, así como elevados flujos de polen y semillas (Hamdrick *et al.*, 1992). Esta diversidad es objeto de interés no sólo en especies silvestres, sino también en las especies agrícolas, como es el caso de la palmera datilera, ya que es el sustrato en el que se va a basar la domesticación y las subsiguientes técnicas de selección varietal. Dado lo cambiante del medio, la domesticación no puede considerarse como un proceso cerrado, sino que está en constante desarrollo, por lo que la diversidad genética tiene que ser igualmente mantenida en los cultivos como una opción que permita garantizar la existencia de recursos para la subsistencia de la población humana (Altieri y Merrick, 1987; Jarvis *et al.*, 2004).

#### 1.3.2 Marcadores moleculares

Los primeros marcadores utilizados para medir la variabilidad genética están basados en las características morfológicas de las especies y suelen ser habitualmente el primer paso de la identificación. Constituyen, asimismo, la base para la inscripción de nuevas variedades en registros internacionales (IPGRI, 2005). Este tipo de marcadores se ha usado para registrar la diversidad fenotípica en la palmera, ya sea en contextos modernos, como los llevados a cabo en Marruecos (El-Houzaimi *et al.*, 2002), Mauritania (Ould Mohammed Salem *et al.*, 2008), España (Rivera *et al.*, 2008), Omán (Al-Yahjai y Al-Khanjari, 2008) o en Sudán (Elshibli y Korpelainen, 2009); arqueológicos (Terral *et al.*, 2012) o una mezcla de ambos (Rivera *et al.*, 2014a). Sin embargo, estos marcadores se ven sujetos a la influencia del medio, ya sea natural o de cultivo, de manera que dificulta la comparación entre zonas distintas.

Para la identificación de variedades de cultivo, el uso de caracteres morfológicos se acompaña en ocasiones con otros tipos de marcadores, basados en moléculas presentes en los organismos y en los que existe polimorfismo. Un marcador genético se define como un rasgo de un organismo en el que podemos adjudicar un fenotipo concreto a un conjunto de genotipos en uno o varios loci (Gillet, 1999a).

Los principales tipos de marcadores moleculares se basan en la detección de polimorfismo en proteínas (isoenzimas, variantes de una proteína con la misma función pero con diferencias de carga y/o peso molecular) o ADN. A su vez, estos se pueden dividir en aquellos que se sustentan en el uso de enzimas de restricción y los que emplean la PCR (Polymerase Chain Reaction, Mullis, 1990), o bien una mezcla de ambas (PCR-RFLP, Arnold *et al.*, 1991; AFLP, Vos *et al.*, 1995).

En los últimos años, predomina el uso de los microsatélites (STR o SSR), debido a que se trata de marcadores codominantes, lo cual facilita el análisis de datos y multiplica sus aplicaciones (Gillet, 1999b); por lo general, no están asociados a caracteres objeto de selección, por lo que son independientes y, en principio, se encontrarían en una población en equilibrio Hardy-Weimberg (Gillet, 1999b); a nivel de laboratorio, cuentan con buena reproducibilidad y alto poder de

resolución, por lo que se han aplicado a numerosas especies y con diversos objetivos: análisis de diversidad genética en cítricos (Barkley *et al.*, 2006); análisis de parentesco en vid (Bowers *et al.*, 1999); o estudios de genética de poblaciones en *Caryocar brasiliense* Camb. (Colevatti *et al.*, 2001), por mencionar algunos.

En el caso del género *Phoenix*, se cuenta además con la posibilidad del uso de un marcador minisatélite (Henderson *et al.*, 2006), con dos tipos de motivos de 12 bp de longitud (Ballardini *et al.*, 2013), que permite diferenciar varias especies del género por la presencia de haplotipos característicos.

### 1.3.3 Diversidad en el conjunto del género *Phoenix*

Aunque la taxonomía del género está aparentemente muy establecida, a través de estudios morfológicos (Barrow, 1998; Rivera *et al.*, 2014a; Gros-Balthazard *et al.*, 2016), complementados con otros que emplean mayoritariamente marcadores moleculares (Pintaud *et al.*, 2010; Ballardini *et al.*, 2013; Pintaud *et al.*, 2013), la diversidad genética en el género fuera de la especie de mayor interés comercial, *Phoenix dactylifera*, está poco estudiada (Jadarat, 2016).

Caso especial lo constituyen los endemismos insulares. El estudio de la diversidad genética en *Phoenix canariensis* revela una pauta de diversidad decreciente Este-Oeste relacionada con el modelo de colonización de las islas (Saro *et al.*, 2015), así como su introgresión con la palmera datilera (González-Pérez *et al.*, 2004; González-Pérez y Sosa, 2009). En el caso de *Phoenix atlantica*, se ha propuesto como un taxon independiente de *Phoenix dactylifera* (Henderson *et al.*, 2003; Henderson *et al.*, 2006).

*Phoenix sylvestris* ha recibido atención como un posible ancestro de la actual *Phoenix dactylifera*, dado que se asemejan en algunos caracteres morfológicos, diferenciándose sobre todo en la presencia de pies solitarios en la primera frente a los pies multicaules en palmera datilera, cuando ésta se presenta fuera de cultivo; los huesos también son de menor tamaño (Newton *et al.*, 2013; Rivera *et al.*, 2014a) aunque en un rango cercano al correspondiente a *Phoenix dactylifera* (Gros-Balthazar *et al.*, 2016). La hipótesis sobre su papel en la composición actual de *Phoenix dactylifera* está descartada, de acuerdo a los análisis de marcadores nucleares tipo microsatélite (Pintaud *et al.*, 2010) y plastidiales (Pintaud *et al.*, 2013).

Otra especie objeto de interés por su relación con la palmera datilera es *Phoenix pusilla*, debido al efecto metaxénico del polen sobre las inflorescencias femeninas, que contribuyen a retrasar la fecha de maduración e inhibir el desarrollo de los huesos (Sudharsan *et al.*, 2010), lo que ha contribuido al desarrollo de planes de introducción en algunos países, tales como Kuwait, donde se trabaja en el desarrollo de híbridos para la mejora de la calidad del fruto y con pies de menor tamaño para facilitar su recogida (Sudharsan *et al.*, 2015).

Algunas especies se han incorporado a los catálogos de plantas ornamentales en diferentes países, tales como *Phoenix reclinata*, *Phoenix roebelenii* o *Phoenix acaulis*. La atención sobre estas especies se ha focalizado en la descripción de híbridos en cultivo (Bergman, 2005; Gros-Balthazar, 2013).

A la falta de estudios específicos contribuye el bajo estado de conocimiento de algunas especies, como *Phoenix andamanensis*, cuya presencia se ha detectado de forma esporádica, tal como cita Barrow (1998), si bien aparece recientemente en un estudio sobre las palmeras de las Islas de Andamán y Nicobar (Manohara *et al.*, 2012), describiendo una nueva población en Kalli Ghat. Esta especie se presenta en número reducido en todas las poblaciones, incluso aquellas que se consideran clásicas (Saddle Peak, islas Rutland y Cinique). *Phoenix caespitosa* constituye un caso especial, por situarse su área de distribución en zonas de conflicto bélico.

En el caso de *Phoenix loureiroi* existe constancia de que la recolección para la fabricación de escobas supone una amenaza severa para su conservación (Padmanabhan y Sudharsan, 1988).

La mayoría de especies del género *Phoenix* se consideran amenazadas debido a la reducción de hábitats y efectos deletéreos del cambio climático (Jadarat, 2016), por lo que el estudio y salvaguarda de su diversidad genética es una necesidad acuciante.

### 1.3.4 Diversidad genética en *Phoenix dactylifera*

Dado su importante papel como especie multifuncional en los sistemas agrícolas de regiones semiáridas y su relevancia económica, los trabajos acerca de la diversidad genética en la palmera datilera son numerosos. Los primeros marcadores usados han sido los isoenzimas, para el análisis de diversidad genética en palmeras de Marruecos y Argelia (Baaziz y Saidi, 1998) o en palmera canaria (González-Pérez *et al.*, 2004); PCR-RFLP, en Túnez, para la identificación de polimorfismos en el genoma plastidial (Sakka *et al.*, 2004); RAPD, para el análisis de diversidad genética e identificación varietal en palmeras de Arabia Saudí (Al-Khalifah y Askari, 2003), Marruecos (Sedra *et al.*, 1998) o detección de híbridos de palmera canaria y datilera (González-Pérez *et al.*, 2004); ISSR, para análisis de diversidad genética en Egipto (Adawy *et al.*, 2006); AFLP, para el análisis de diversidad e identificación varietal en Egipto de distintas procedencias (El-Assar *et al.*, 2005), identificación varietal en California (Cao y Chao, 2002) o para el estudio de la variabilidad intravarietal (El-Houmaizi *et al.*, 2006).

Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad predomina el uso de microsatélites o SSR, que han permitido hacer estimaciones de la diversidad genética de los palmerales de distintos países, tales como es el caso de Túnez (Zehdi *et al.*, 2012), Omán (Al.Ruqaishi *et al.*, 2008), Marruecos (Bodian *et al.*, 2014), Sudán (El-Shibli y Korpelainen, 2007), Iraq (Khierallah *et al.*, 2011), Qatar (Elmeer y Matatt, 2015) o Argelia (Moussoni *et al.*, 2017), por citar algunos. Si bien el conjunto de estos estudios señala la existencia de una alta diversidad en la composición genética de los palmerales de cada país, con la ventaja que ello supone para la selección y desarrollo de variedades o clones comerciales, existe un riesgo importante de erosión genética, debido a la transformación de los cultivos tradicionales en cultivos comerciales, que conlleva la sustitución de razas locales por variedades de élite (Jadarat, 2016).

Recientemente se ha establecido la existencia de dos grandes núcleos de domesticación de la palmera datilera: uno oriental, centrada en el Golfo de Arabia, y otro occidental, que comprende el Norte de África y España (Arabnezhad *et al.*, 2012; Zehdi *et al.*, 2012; Pintaud *et al.*, 2013; Zehdi *et al.*, 2015), basados en el análisis de microsatélites, además de un estudio basado en otro tipo de marcador, SNP (Mathew *et al.*, 2015), incluyendo la presencia de individuos de origen mixto (Zehdi *et al.*, 2015).

## 1.4 Conservación de *Phoenix* en España: Colección Nacional *Phoenix*.

Aunque los autores andalusíes hablan de diversas variedades de dátiles en Al-Andalus (Carabaza *et al.*, 2014), no está claro si éstos eran cultivados en la Península o procedían de la actividad comercial. Cavanilles es el primer autor posterior a esta época que diferencia dos tipos de dátiles en Elche, candíos, que maduran en la palmera, y de adobar, que requieren tratamiento con vinagre para reducir el contenido de taninos y mejorar su palatabilidad (Cavanilles, 1795-1797). Escribano (1884) describe algunas variedades en Murcia, relacionadas con el color del fruto ('verdes, rojos'), forma ('espiga'), tamaño ('largos') y hace mención a la aclimatación de 'dátiles de la casta de Berbería' en San Pedro del Pinatar, que Popenoe (1973) relaciona con la variedad Medjool. Según Muñoz-Palao (1929), en España se reconocen más de 30 variedades, principalmente en Elche, Orihuela, Murcia y Carcagente (Carcaixent), si bien sólo describe brevemente 3 de ellas, 'candits', 'dátil morado' y 'verdál'. En su Catálogo de etnovariedades de la Cuenca del Segura, Rivera *et al.* (1997) describen un buen número de variedades, tanto en Murcia como en Elche, incluyendo la descripción de *Phoenix iberica* D.Rivera, S.Ríos y Obón, como un posible ancestro silvestre de las palmeras cultivadas en la Península, en base a unas pautas sobre el síndrome de domesticación.

Los siguientes estudios sobre el palmeral de Elche están asociados al nacimiento de la Estación Phoenix a finales del siglo XX, gracias a la colaboración del Ayuntamiento de Elche, Generalitat

Valenciana, Universidades de Elche y Alicante, así como el Insituto Nacional de Investigación Agronómica francés y el Centro para la Cooperación Internacional de Investigacion Agraria para el Desarrollo. Así, algunos artículos nacidos de esta iniciativa dejan constancia de la alta diversidad fenotípica del palmeral de Elche y la calidad irregular de los dátiles, relacionados con la propagación por semilla, baja presión de selección y la falta de temperaturas apropiadas para la maduración (Ferry *et al.*, 2002; Gómez y Ferry, 2010).

El primer estudio con marcadores moleculares realizado en palmera datilera en España corresponde a un análisis con AFLP sobre raijos y plántones de Medjool procedentes de cultivo in vitro, obtenidos en la Estación Phoenix (Díaz *et al.*, 2003).

En este contexto, la Generalitat Valenciana financia en 2007 un estudio sobre la palmera datilera y silvestre en el ámbito de su territorio, ampliado posteriormente gracias a la financiación por parte del INIA para la constitución de un banco de germoplasma, así como la recogida, multiplicación, conservación y caracterización de las entradas de recursos fitogenéticos del mismo. La Colección Nacional Phoenix cuenta en la actualidad con 1 298 accesiones (Figura 12).

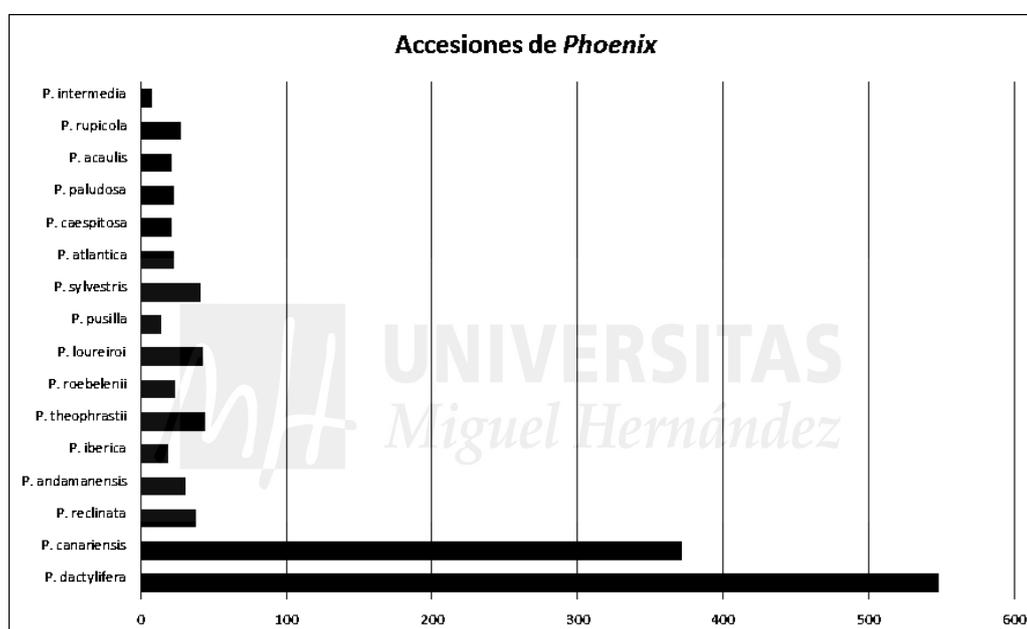


Figura 12. *Accesiones de la Colección Nacional Phoenix en Orihuela (Alicante)*

Los primeros análisis sobre diversidad genética de la palmera datilera en España, empleando microsatélites (SSR), atañen a monografías desarrolladas en el palmeral de Elche (Agulló, 2009), campo de Elche (Guerrero, 2009) y Orihuela (Sánchez, 2009), así como un estudio sobre el conjunto de las 3 provincias del Sureste de la Península (Carreño, 2012). En todos ellos se da cuenta de la alta diversidad genética presente en los palmerales españoles, así como de los flujos genéticos entre ellos (Carreño, 2012).

La gestión y conservación de recursos genéticos requiere tener disponible información sobre la diversidad genética dentro de cada especie concreta y cómo se distribuye ésta, así como las relaciones a nivel de ambiente y de genes entre individuos y poblaciones, de manera que se racionalice su recolección y uso (Virchow, 1999), así como desarrollar estrategias adecuadas de conservación, que permitan la toma de decisiones sobre qué germoplasma conservar y en qué cantidad. En el Sureste de España, este objetivo se convierte en prioritario, dada la extensión de la plaga del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790)) (MAPAMA, 2013).



Lámina 1. **La diversidad de las palmeras del género *Phoenix* I**

Imágenes: 1) Sundarbans (PalmWeb [http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm\\_tc\\_152694\\_3.jpg](http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm_tc_152694_3.jpg)) 2) Río Mekong (Palm Web, [http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm\\_tc\\_152704\\_4.jpg](http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm_tc_152704_4.jpg)) 3) Mónaco (D. Rivera), 4) Lisboa (D. Rivera), 5) Pliego tipo (Herbario Tropical de Florencia), 6) Olocau (Valencia) (D. Rivera) 7) Pliego de la Isla de Andamán Norte (Kew), 8) Sikkim ([http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm\\_tc\\_152705\\_2.jpg](http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm_tc_152705_2.jpg)), 9) Pliego de Missor (Smithsonian).



1 *Phoenix paludosa*



2 *Phoenix roebelenii*



3 *Phoenix roebelenii*



4 *Phoenix loureiroy*



5 *Phoenix caespitosa*



6 *Phoenix pusilla*



7 *Phoenix andamanensis*



8 *Phoenix rupicola*



9 *Phoenix acaulis*



Lámina 2. **La diversidad de las palmeras del género *Phoenix* II**

Imágenes: 1) Itanos (D.Rivera), 2) (PalmWeb, [http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm\\_tc\\_152708\\_1.jpg](http://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm_tc_152708_1.jpg)), 3) Isla de Santiago (M.Esteve), 4) Baños de Fortuna (D.Rivera), 5) Abanilla (D.Rivera), 6) El Siscar (D.Rivera) 7) Jabal Bura (J.Lodé), 8) (D.Rivera), 9) Stellenbosch (F.Alcaraz).



1 *Phoenix theophrasti*



2 *Phoenix sylvestris*



3 *Phoenix atlantica*



4 *Phoenix dactylifera*



5 *Phoenix iberica*



6 Híbrido *P. dactylifera* x *P. canariensis*



7 *Phoenix arabica*

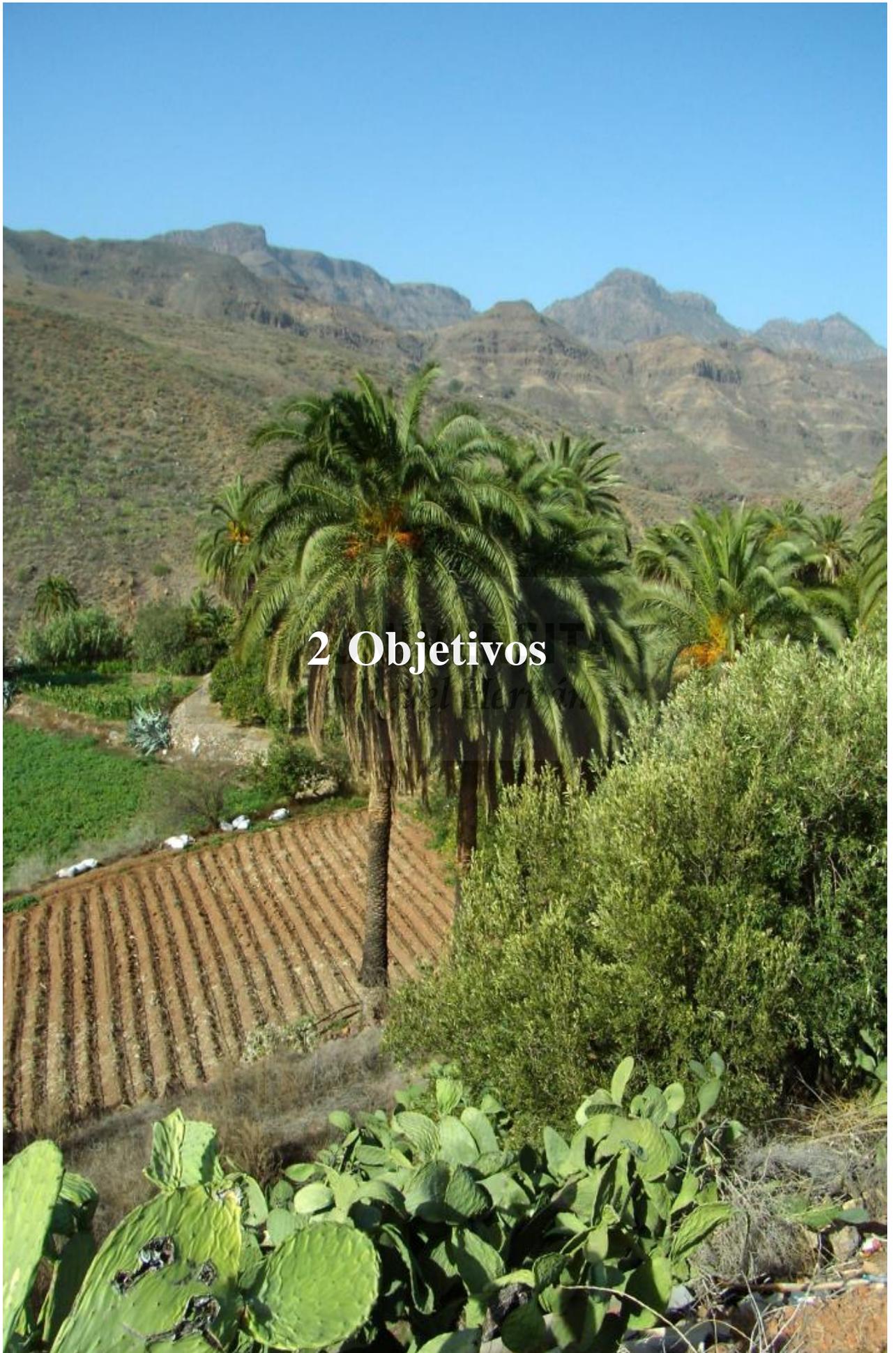


8 *Phoenix reclinata*



9 *Phoenix reclinata*





Recogida de muestras en Sorruedo (Gran Canaria, España) Foto: E. Carreño



El presente estudio se basa en el desarrollo de los distintos proyectos asociados a la Colección Nacional de *Phoenix* y sus objetivos han evolucionado con ellos.

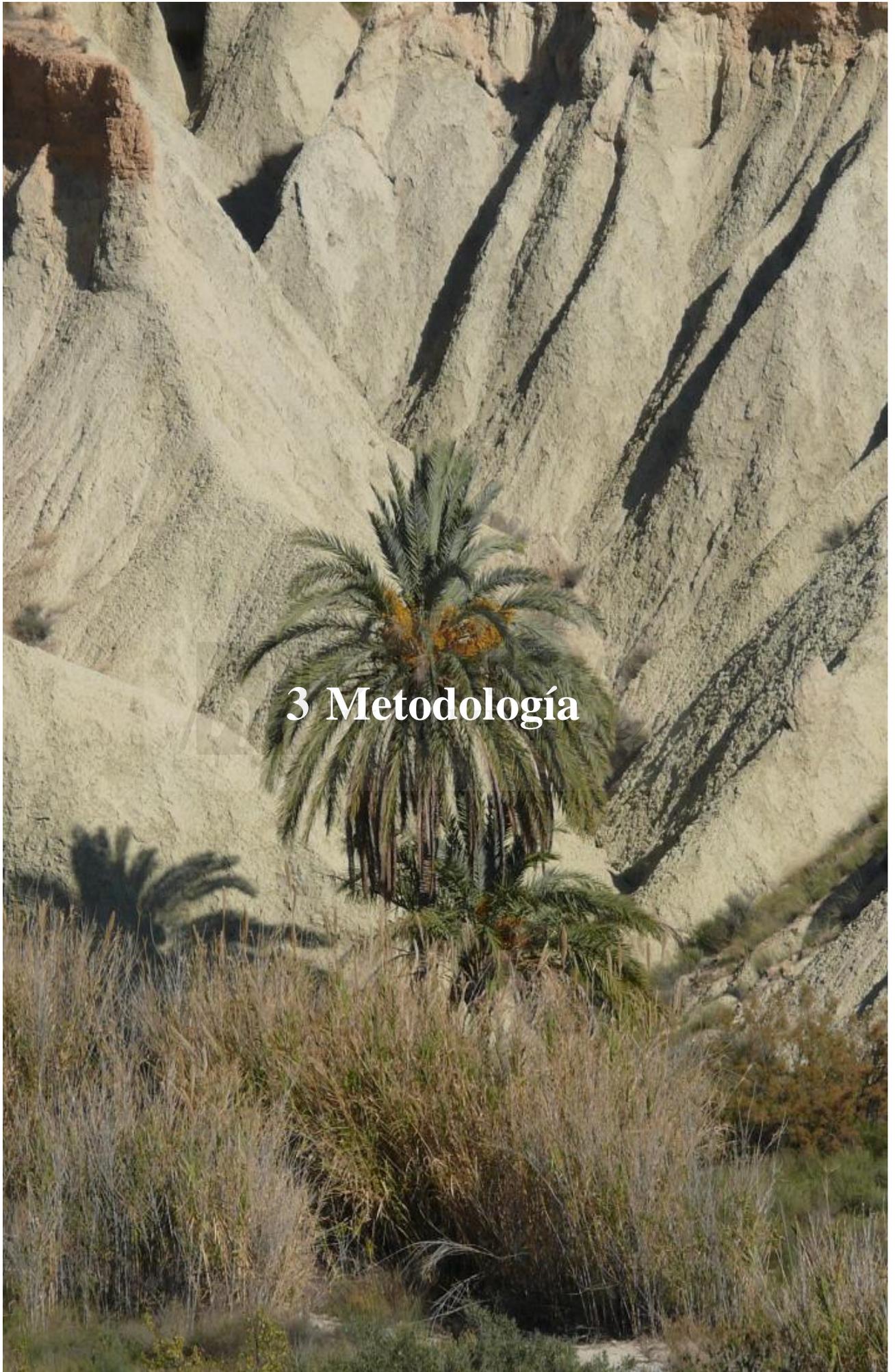
El objetivo general de la tesis ha sido la caracterización de la palmera datilera española y especies afines, así como la diversidad dentro de la palmera datilera española.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- El primer objetivo marcado fue investigar, mediante el uso de marcadores moleculares nucleares y plastidiales (microsatélites y minisatélite, respectivamente), la variabilidad genética en las poblaciones naturales de palmera de rambla (*Phoenix iberica*) y cultivos de palmera datilera del Sureste de la Península Ibérica (*Phoenix dactylifera*), así como la relación entre éstas.
- El segundo objetivo consistió en el genotipado de ejemplares de distintas especies del género *Phoenix* albergadas en la Colección Nacional así como de muestras relevantes de colecciones como la del Jardín Botánico de Kew y del Herbario Tropical de Florencia con muestras relevantes por su procedencia geográfica o su carácter de tipos nomenclaturales.
- Basado en los hallazgos del anterior, se marcó un nuevo objetivo en torno a diferentes ejemplares etiquetados como *Phoenix reclinata*, *Phoenix caespitosa* y *Phoenix arabica*, al objeto de aclarar el complejo de poblaciones existentes en el Cuerno de África, las montañas del Yemen y sur de Arabia Saudí y la isla de Socotra.
- Finalmente se pretendía aplicar el conjunto de los marcadores nucleares y cloroplásticos a la detección de errores en los etiquetados de muestras comerciales y accesiones en diversos bancos de recursos fitogenéticos.

MH Miguel Hernández





Recogida de muestras en la Rambla de la Parra (Abanilla, España) Foto: D. Rivera



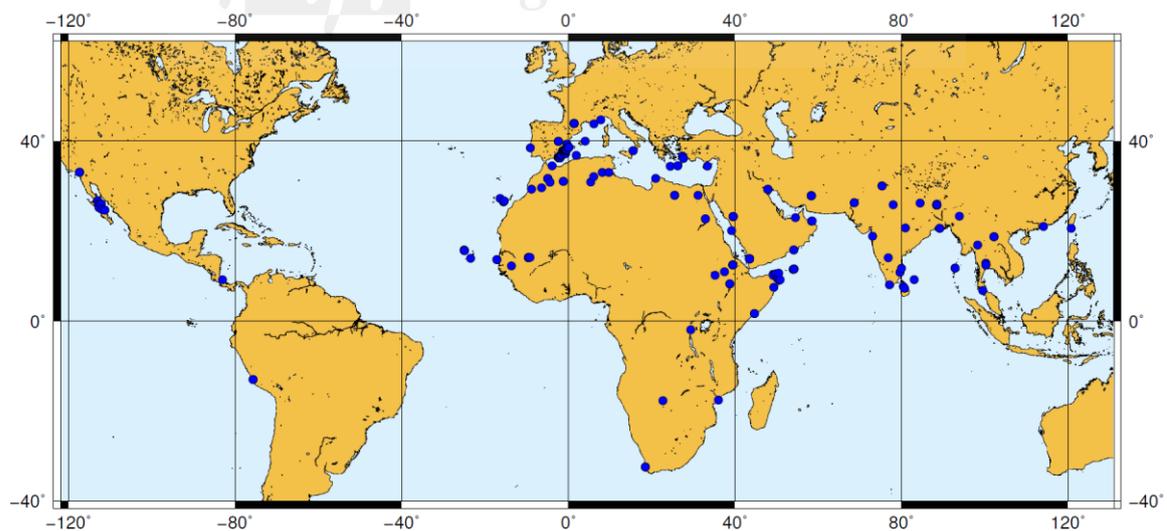
### 3.1 Muestreo

La estrategia de muestreo se fue modificando y ampliando con los sucesivos proyectos destinados a la conservación y caracterización del germoplasma de la palmera datilera española y especies silvestres emparentadas (*Phoenix* spp.) y relacionados con la Colección Nacional *Phoenix* (RF2007-0001 O-C03-02; RF2010-00006-C02-01; RFP2013-00004-00-00).

Dado que el primer objetivo era la identificación y caracterización de *Phoenix iberica* D.Rivera, S.Ríos y Obón, se procedió a realizar un muestreo en la localidad donde se describió la especie y hábitats similares, en zonas próximas tanto de la provincia de Murcia como de Alicante. Se incluyeron muestras procedentes de Viveros Muzalé, dado que allí se cultivan ejemplares procedentes de semillas de la localidad donde fue descrita la palmera de rambla. El muestreo se amplió posteriormente a distintos cultivos de palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) presentes en el Sureste de la Península Ibérica, para estudiar las relaciones entre ésta y la anterior. Para seleccionar las localidades de muestreo, se revisó la bibliografía disponible (Catastro del Marqués de la Ensenada, 1749-1756; Muñoz-Palao, 1929), así como observaciones propias. Se buscaron y recogieron muestras de los ejemplares más próximos a *P. iberica*, entre aquellos con material accesible para su recogida.

Con la creación del Banco de Germoplasma de la palmera datilera española y especies afines, el muestreo se amplió y se recogió material muy diverso de *P. dactylifera* en todo el Sureste español (Alicante, Murcia y Almería). Con el fin de conocer y caracterizar la palmera datilera española, se obtuvo material de distintas partes del mundo. Por otra parte, para poder caracterizar *P. dactylifera* frente a otras especies del género *Phoenix* hubo que conseguir material de todas las especies del género. Para la obtención de material de dichas especies, se recurrió a viveros comerciales, Repositorio Nacional de Germoplasma de *Citrus* y *Phoenix* de Riverside, E.E.U.U. y comerciantes de semillas, así como muestreos propios.

Esto permitió alcanzar una cobertura geográfica amplia (Figura 13) representativa de la diversidad del género.



**Figura 13.** *Distribución del muestreo*

Distribución de las muestras analizadas del Género *Phoenix*. Incluye poblaciones silvestres y cultivadas tanto al aire libre como en invernadero.

Para la recogida de muestras de *Phoenix atlantica* se seleccionaron localidades de acuerdo a la bibliografía sobre la especie (Chevalier, 1935).

Para la recogida de muestras de *Phoenix canariensis* Wildpret se recurrió a plantaciones ornamentales, viveros comerciales, muestras procedentes de Gran Canaria, así como muestras recogidas en el Jardín Botánico de Lisboa y sur de Francia.

Para el estudio de los intentos de seleccionar variedades ilicitanas de calidad se prestó atención a la colección existente en la Estación Experimental de Elche del Instituto Valenciano de Investigación Agraria. Para configurar esta colección Carlos Galiana Fernández debió realizar la primera plantación entre los años 1945 y 1950; en aquel momento lo que se creó como Estación de Estudios de Aplicación del Riego en los años 30, pasó a denominarse Campo de Demostración Agrícola (Bartual, com. pers.).

Algunas muestras fueron aportadas por voluntarios.

La procedencia de todas las muestras se indica en la Tabla 2. Las unidades taxonómicas de trabajo y los grupos (POP) utilizados son los de la Colección Nacional de *Phoenix* en Orihuela que se describen en la monografía que publicará la Universidad Miguel Hernández de Elche (Obón *et al.*, en preparación). De manera resumida son los siguientes:

“P. Abanilla Group”: Incluye un extenso grupo de variedades de agricultor e individuos que crecen subespontáneos en ramblas de Abanilla, Barinas, Orihuela y Elche pertenecientes a *Phoenix dactylifera*. Se caracterizan por sus hojas cortas y muy glaucas, con folíolos rígidos, coriáceos y dátiles pequeños, con poca carne y semillas con ápice y base obtusos.

“P. abyssinica”: *Phoenix abyssinica* Drude, fue descrita de las regiones meridionales de Etiopía y de Tigré en Etiopía. En su morfología presenta características intermedias entre los ejemplares típicos de *P. reclinata* y los de *P. dactylifera*. La escasez de material disponible ha llevado a que no se abordara en revisiones como la de Barrow (1998).

“P. acaulis”: *Phoenix acaulis* Roxb., se describió a partir de ejemplares cultivados en el Jardín Botánico de Calcuta, caracterizados por florecer y fructificar a ras de suelo, al carecer de tallo aéreo, y producir frutos rojizos subtendidos por brácteas carnosas en forma de cuerno. En la naturaleza se describió una variedad *P. acaulis* var. *melanocarpa* Griff., con hojas de menor tamaño que el tipo. Es una especie muy rara, lo que ha llevado a que en viveros, colecciones y jardines botánicos se etiquetaran como *P. acaulis* individuos fructíferos jóvenes de otras especies y algunos híbridos.

“P. arabica”: *Phoenix arabica* Burret se describió a partir de palmeras que crecían en las montañas del Yemen. La dificultad de acceso al área de la especie y su pequeño porte ha llevado a que no se estudiara en detalle y se la considerase igual a *P. reclinata* o a *P. caespitosa*. Presenta hojas cortas y dátiles diminutos parecidos a los de *P. reclinata*.

“P. atlantica”: *Phoenix atlantica* A.Chev., se describió combinando varias recolecciones de datileras procedentes de las islas más orientales de Cabo Verde. Se distinguiría de la datilera común por presentar frutos extremadamente pequeños de hasta 16 x 12 mm y semillas ovoides de hasta 14 x 8 mm. Esta descripción es algo forzada ya que las semillas etiquetadas por A. Chevalier como *Phoenix atlántica* en el herbario del Museo Nacional de Historia Natural en París son bastante mayores.

“P. caespitosa”: *Phoenix caespitosa* Chiov., se describió de las regiones nororientales de la Somalia Italiana para referirse a unas palmeras “enanas”, cespitosas y con los sépalos muy visibles en el fruto. La dificultad de obtener material de esa zona hace que la idea de la especie resulte poco clara, a lo que habría que añadir la confusión generada al incluir en la misma las poblaciones de *P. arabica*.

“P. canariensis”: *Phoenix canariensis* es una especie endémica de las Islas Canarias, su reconocimiento es debido en muchos aspectos a Hermann Wildpret, que no solamente es autor de la misma (Rivera *et al.*, 2013a) sino que también fue responsable de su extraordinaria difusión como palmera ornamental, por todo el mundo.

“*P. canariensis* Red Date Group”: Incluye los individuos, generalmente en cultivo, provistos de frutos rojos y de hojas ligeramente glaucas atribuibles por el resto a *P. canariensis* (Laguna *et al.*, 2012; Rivera *et al.*, 2014c).

“*P. canariensis* Wildpret's Large Date Group”: Se incluyen en este grupo las palmeras canarias de fruto considerablemente grande, que Hermann Wildpret denominó variedad “macrocarpa”.

“*P. dactylifera* costata”: Se trata de un pequeño grupo de datileras españolas y norteafricanas que se caracterizan por presentar frutos de pequeño tamaño que tienen algunas de sus semillas con alas laterales. También se han encontrado ejemplares similares en Baja California.

“*P. dactylifera* Elche Group”: Incluye la mayor parte del conjunto de las datileras cultivadas en el palmeral de Elche y otros palmerales españoles. Presenta frutos muy diversos que maduran, dependiendo del ejemplar, entre agosto y finales de marzo.

“*P. dactylifera* Mednoor Group”: Se trata de un grupo de datileras selectas norteafricanas, que presentan frutos relativamente secos, capaces de ser transportados, muy dulces, provistos de semillas fusiformes, con ápice y base agudas, y ocasionalmente aladas.

“*P. dactylifera* Mesopotamia Group”: Incluye a las datileras originadas en el valle del río Eúfrates, especialmente en el territorio de Iraq. Presenta dátiles de tamaño mediano, secos y susceptibles de ser transportados.

“*P. dactylifera* Nile Group”: Comprende buena parte de las datileras de Egipto, Sudán y Eritrea. Entre éstas se encuentran los dátiles de mayor longitud, con semillas extremadamente largas y delgadas, que se cultivan a lo largo del Nilo, desde Asuán hasta Etiopía.

“*P. dactylifera* Sahara Group”: Son datileras comunes en los oasis del Sahara occidental, morfológicamente similares, tanto en caracteres vegetativos como en el fruto a las datileras españolas del “Abanilla Group”.

“*P. dactylifera* Socotra Group”: Son las datileras más selectas conocidas de la Península Arábiga, la isla de Socotra y los palmerales occidentales de Irán. Incluiría entre otras la variedad en la que se basó el tipo de la especie *Phoenix dactylifera*.

“*P. iberica*”: *Phoenix iberica* D.Rivera, S.Ríos y Obón, se describió como una especie endémica, silvestre, de las ramblas de Murcia vicariante de *P. theophrasti*. Estudios posteriores (Rivera *et al.*, 2014a) mostraron que se encontraba directamente relacionada con algunas variedades de datileras cultivadas en Abanilla, Barinas, Orihuela y Elche, al tiempo que presentaba en sus semillas una morfología muy similar a las del fósil mioceno *Phoenix bohémica* Buzcek.

“*P. loureiroi*”: Incluye el conjunto de las poblaciones de *P. loureiroi* Kunth no pertenecientes a variedades o cultivares concretas. Se extiende desde la India hasta la antigua Indochina. Ocasionalmente presenta brácteas muy largas y ganchudas subtendiendo las flores masculinas.

“*P. loureiroi* hanceana”: Descrita como *P. hanceana* Naudin incluye las palmeras más robustas dentro de la especie, que se extienden desde Macao y Hong Kong hasta Taiwan y la isla de Batán en Filipinas.

“*P. loureiroi* Huerto del Cura”: Se trata de una variedad de cultivo de pequeño porte y desarrollo muy lento cultivada en el Huerto del Cura de Elche.

“*P. loureiroi* Manipur Group”: Palmeras distribuidas comercialmente como *Phoenix loureiroi* Manipur, presentan características que apuntan a un posible origen híbrido.

“*P. loureiroi* pedunculata”: Se trata de *P. loureiroi* var. *pedunculata* (Griff.) Govaerts que incluye las poblaciones meridionales de la especie dentro del Subcontinente Indio.

“*P. loureiroi* Tomás Font”: Esta variedad de cultivo se comercializó con el nombre de *Phoenix andamanensis* S.Barrow y presenta característicos ramentos cubriendo la superficie abaxial de los raquis foliares. Morfológicamente se aproxima a *P. loureiroi* var. *hanceana* y las semillas carecen de las manchas negras (en sección transversal) que supuestamente caracterizan *P. andamanensis*,

“P. Palmer”: Comercializada por Viveros Palmer de Elche y otros viveristas españoles con el nombre de *P. acaulis*. Presenta unos frutos rojo-azulados muy característicos. El estudio morfológico no ha permitido asignarlo a un especie concreta de las conocidas.

“P. paludosa”: *Phoenix paludosa* Roxb., es la especie del género mejor definida: por su ecología al ser habitante de manglares, por el embrión basal de sus semillas que es único en el género y por la presencia de un recubrimiento céreo en forma de dos bandas paralelas a lo largo de la superficie abaxial de las hojas primordiales.

“P. pusilla”: Incluye poblaciones de palmeras del sureste de la India y de Sri Lanka, conocidas como *P. pusilla* Gaertn., presentarían con frecuencia los frutos rojizos en lo que se diferenciaría de las variedades de *P. loureiroi*. Especie dudosa, podría ser conespecífica con *P. loureiroi*.

“P. reclinata”: *Phoenix reclinata* Jacq., se caracteriza por sus tallos delgados, hojas provistas de ramentos, con acantófilos terminados en un ápice negruzco, y frutos diminutos de color anaranjado. Forma masas densas a lo largo de los márgenes de los ríos de Africa al sur del Sahara.

“P. roebelenii”: Dada a conocer como planta ornamental de interior a comienzos del siglo XX, *Phoenix roebelenii* O'Brien es una de las palmeras más ampliamente difundida en los jardines. Su pequeño porte, hojas muy cortas con abundantes ramentos y folíolos estrechos y sus frutos diminutos, de color púrpura, provistos de semillas muy delgadas y cortas, permiten diferenciarla con facilidad, aunque tiende a hibridarse con frecuencia.

“P. rupícola”: Se trata de *P. rupicola* T.Anderson, una palmera monocaule de Sikkim (India) provista de hojas muy elegantes de color verde intenso y frutos amarillos (en la naturaleza) o rojizos (en las variedades cultivadas).

“P. sylvestris”: Bajo el nombre de *Phoenix sylvestris* (L.) Roxb. se conocen palmeras morfológicamente muy similares a *P. dactylifera*, pero menores en todas sus dimensiones que en la India, Pakistán, Sri Lanka y Bangladesh se cultivan para aprovechar su savia azucarada como bebida. En contra de lo que indica su nombre solamente se conoce en cultivo o asilvestrada.

“P. theophrasti”: Las palmeras de Vai, Preveli, Itanos, Aspri Limni, Martsalos y otras localidades de Creta ha sido descrita como *Phoenix theophrasti* Greuter. Se caracteriza por las hojas muy glaucas en los ejemplares adultos, las hojas con folíolos rígidos y acantófilos amarillentos, largos y terminados en punta negruzca.

“P. theophrasti Datça”: Se incluye en esta variedad lo que Palmiye Merkesi ha comercializado procedente de Datça en la provincia turca de Mugla. Morfológicamente es similar a los ejemplares de Creta.

“P. theophrasti Gölköy”: Palmeras que crecen en las proximidades Gölköy, zona norte de la península de Bodrum en la provincia turca de Mugla. Presentan morfología que varía entre las típicas *P. theophrasti* de Creta y las datileras cultivadas de *P. dactylifera*.

Al objeto de simplificar los análisis en alguno de sus aspectos se recurrió a definir “POP GROUPS” (grupos de poblaciones) caracterizados taxonómica (sobre bases morfológicas) y geográficamente (sobre bases biogeográficas y culturales) (Tabla 2).

Tabla 2. **Material vegetal analizado**

Abreviaturas: **DNA:** código asignado en el libro de registro del laboratorio a las distintas muestras. **Código F:** código utilizado para nombrar a las muestras en las distintas figuras. **POP (Grupo Población):** 1, *Phoenix acaulis*; 2, *Phoenix dactylifera* N Africa; 3, *Phoenix dactylifera* Baja California; 4, *Phoenix andamanensis*; 5, *Phoenix arabica*; 6, *Phoenix atlantica*; 7, *Phoenix caespitosa*; 8, *Phoenix canariensis*; 9, *Phoenix dactylifera* Egipto; 10, *Phoenix dactylifera* Elche y su entorno; 11, *Phoenix dactylifera* Etiopía; 12, *Phoenix abyssinica*; 13, *Phoenix iberica*; 14, *Phoenix loureiroi* agregado; 15, *Phoenix paludosa*; 16, *Phoenix pusilla*; 17, *Phoenix reclinata*; 18, *Phoenix roebelenii*; 19, *Phoenix rupicola*; 20, *Phoenix dactylifera* Socotra, Arabia y aledaños; 21, *Phoenix dactylifera* Resto de España; 22, *Phoenix sylvestris*; 23, *Phoenix theophrasti*; 24, *Phoenix dactylifera* Iraq; 25, *Chamaerops humilis*; 26, *Phoenix cf. reclinata* Somalia. **OR (Origen):** C=CULTIVO, CG = COLECCIÓN DE GERMOPLASMA, S=SILVESTRE, V=VIVERO, BD=DNA BANK, , PC=PLANTACIÓN COMERCIAL, CS=COMERCIO DE SEMILLAS, JB = JARDÍN BOTÁNICO, R=REPOBLACIÓN, O=ORNAMENTAL, CD=COMERCIO DATILES, H=HERBARIO. **FUENTE (Procedencia de las muestras):** las españolas se identifican por localidad y provincia (entre paréntesis) EEE= Estación Experimental de Elche **PAÍS:** España= España peninsular, España-IB= Islas Baleares, España-IC= Islas Canarias. **MAT (Material Vegetal):** F= FLOR, Hj=HOJA, HU=HUESO, Me=MESOCARPO.

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph001	1DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Río Zurca (MU)	España	Hj
ph002	2DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Mahoya (MU)	España	Hj
ph003	3DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Mahoya (MU)	España	Hj
ph007	4DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Salao (MU)	España	Hj
ph012	5DOR	24	P. dactylifera Mesopotamia Group	CG	Estación Phoenix (A)	España	Hj
ph014	6IBE	10	P. iberica /dactylifera Elche Group	V	Huerto de Elche (A)	España	Hj
ph022	7IBE	13	P. iberica /Abanilla Group	V	Ajauque (MU)	España	Hj
ph026	8DE	10	P. dactylifera Elche Group	S	Pantano de Elche (A)	España	Hj
ph027	9DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Altabix (A)	España	Hj
ph031	10THE	23	P. theophrasti	V	Palmasur	España	Hj
ph032	11DNA	2	P. acaulis / P. dactylifera Mednoor Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph033	12REC	17	P. reclinata	JB	Messina	Italia	Hj
ph034	13ACA	14	P. acaulis / P. loureiroi pedunculata	V	Maier	España	Hj
ph035	14DE	21	P. dactylifera Elche Group	V	Muzalé	España	Hj
ph036	15PUS	1	P. pusilla / P. acaulis	V	Maier	España	Hj
ph037	16DE	21	P. dactylifera Elche Group	V	Muzalé	España	Hj
ph038	17SYL	22	P. dactylifera x P. sylvestris	V	Palmaris	Francia	Hj
ph039	18SYL	22	P. dactylifera x P. sylvestris	V	Palmasur	España	Hj
ph040	19LOU	14	P. loureiroi pedunculata	V	Maier	España	Hj
ph041	20ATL	6	P. atlantica	S	Sao Tiago Verde	Cabo Verde	Hj
ph042	21REC	17	P. reclinata	V	Palmasur	España	Hj
ph044	22THE	19	P. theophrasti / P. rupicola	V	Palmasur	España	Hj
ph045	23THE	20	P. theophrasti	V	Palmasur	España	Hj
ph046	24THE	20	P. theophrasti	V	Palmasur	España	Hj
ph047	25SYL	22	P. sylvestris	V	Palmasur	España	Hj
ph048	26SYL	19	P. sylvestris / P. rupicola	V	Palmasur	España	Hj
ph049	27SYL	22	P. sylvestris /dactylifera x P. sylvestris	V	Palmasur	España	Hj
ph050	28DE	13	P. Abanilla Group	R	Guardamar (A)	España	Hj
ph051	29DE	21	P. dactylifera Elche Group	R	Guardamar (A)	España	Hj
ph052	30DE	21	P. dactylifera Elche Group	R	Guardamar (A)	España	Hj
ph053	31DE	21	P. dactylifera Elche Group	R	Guardamar (A)	España	Hj
ph054	32DE	21	P. dactylifera Elche Group	R	Guardamar (A)	España	Hj
ph056	33CAN	8	P. canariensis	O	El Siscar (MU)	España	Hj
ph060	34DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph063	35DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph064	36DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph065	37DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph066	38DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph069	39DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Orihuela (A)	España	Hj
ph070	40CAN	21	P. dactylifera x P. canariensis	O	El Siscar (MU)	España	Hj
ph072	41DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Orihuela (A)	España	Hj
ph073	42DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Orihuela (A)	España	Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph075	43DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Barinas (MU)	España	Hj
ph076	44DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Salinas de Cabo de Gata (AL)	España	Hj
ph077	45DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Salinas de Cabo de Gata (AL)	España	Hj
ph080	46DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Barinas (MU)	España	Hj
ph081	47DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Barinas (MU)	España	Hj
ph082	48DE	13	P. Abanilla Group	O	Barinas (MU)	España	Hj
ph083	49DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Barinas (MU)	España	Hj
ph090	50DE	21	P. dactylifera Nile Group	O	Barranco de la Loma (AL)	España	Hj
ph091	51DE	21	P. dactylifera Elche / Sahara Group	O	Playazo de Rodalquilar (AL)	España	Hj
ph092	52DE	20	P. dactylifera Elche / Socotra Group	O	San Juan de los Terreros (AL)	España	Hj
ph093	53DE	21	P. dactylifera Elche / Sahara Group	O	Los Escullos (AL)	España	Hj
ph095	54DE	21	P. dactylifera Elche / Nile Group	O	Salinas de Cabo de Gata (AL)	España	Hj
ph098	55DE	21	P. dactylifera Elche / Sahara Group	O	Los Escullos (AL)	España	Hj
ph099	56DE	21	P. dactylifera Elche / Sahara Group	O	Barranco de la Loma (AL)	España	Hj
ph102	57DE	21	P. dactylifera Elche / Sahara Group	O	Barranco de la Loma (AL)	España	Hj
ph104	58DE	21	P. dactylifera Elche Group	V	Viveros Roque	España	Hj
ph105	59ACA	14	P. acaulis / P. loureiroi pedunculata	V	Maier	España	Hj
ph106	60DE	13	P. dactylifera Elche / P. iberica	V	Viveros Murcia	España	Hj
ph107	61ATL	6	P. atlantica	S	Sao Vicente	Cabo Verde	Hj
ph108	62ATL	6	P. atlantica	S	Sao Antao	Cabo Verde	Hj
ph109	63IBE	13	P. iberica	S	Río Chicamo (MU)	España	Hj
ph110	64DE	21	P. Abanilla Group	S	Rambla de la Parra (MU)	España	Hj
ph111	65THE	20	P. theophrasti	CS	Greuter	Creta	Hj
ph112	66THE	20	P. theophrasti Datça	CS	Palmiye Merkesi	Turquía	Hj
ph113	67ATL	8	P. atlantica / P. canariensis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph114	68THE	20	P. theophrasti Gökölü	V	Palmaris	Francia	Hj
ph115	69DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Tienda en Paris	Francia	Hj
ph116	70THE	23	P. theophrasti	V	Palmaris	Francia	Hj
ph117	71RUP	19	P. rupicola	V	Palmaris	Francia	Hj
ph118	72LOU	14	P. loureiroi Manipur Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph119	73RUP	19	P. rupicola	V	Palmasur	España	Hj
ph120	-	25	Chamaerops humilis	O	Un mundo de Palmeras	España	Hj
ph121	74PUS	1	P. pusilla / P. acaulis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph122	75LOU	14	P. loureiroi / P. acaulis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph125	76DNA	2	P. dactylifera Mednoor Group	C	Al Hoceima	Marruecos	F
ph126	77DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Cabo de Palos (MU)	España	Hj
ph128	-	25	Chamaerops humilis	O	Un mundo de Palmeras	España	Hj
ph129	78DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Cabo de Palos (MU)	España	Hj
ph130	79DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Cabo de Palos (MU)	España	Hj
ph133	80ROE	18	P. roebelenii	O	Leroy Merlin	España	Hj
ph135	81DE	21	P. dactylifera Elche Group		Campus de Espinardo (MU)	España	Hj
ph136	82ROE	18	P. roebelenii	O	Messina	Italia	Hj
ph137	83DE	21	P. dactylifera Elche Group		Campus de Espinardo (MU)	España	Hj
ph138	84CAN	8	P. canariensis	O	Campus de Espinardo (MU)	España	Hj
ph139	85DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CG	Estación Phoenix (A)	España	Hj
ph141	86DNA	2	P. dactylifera Mesopotamia	CG	Estación Phoenix	España	Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph142	87DOR	20	Group P. dactylifera Socotra	CG	Estación Phoenix	España	Hj
ph143	88DE	10	Group P. dactylifera Mednoor	CG	Estación Phoenix	España	Hj
ph144	89DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CG	Estación Phoenix	España	Hj
ph145	90DNA	2	P. dactylifera Mednoor Group	CG	Estación Phoenix	España	Hj
ph146	91DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CG	Estación Phoenix	España	Hj
ph147	92REC	17	P. reclinata	V	Palmasur	España	Hj
ph148	93ph148	17	P. reclinata	V	Palmasur	España	Hj
ph149	94ph149	17	P. reclinata	V	Palmasur	España	Hj
ph150	95SYL	17	P. reclinata / P. sylvestris	V	Palmasur	España	Hj
ph151	96PAL	15	P. paludosa	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph152	97PAL	15	P. paludosa	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph153	98AND	14	P. andamanensis / P. loureiroi Tomás Font	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph154	99THE	23	P. theophrasti	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph155	100AND	14	P. loureiroi Tomás Font	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph156	101LOU	14	P. loureiroi Huerto del Cura	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph157	02ph157	12	P. Palmer	V	Palmer	España	Hj
ph158	103DE	21	P. dactylifera Nile Group	C	Ricote (MU)	España	Hj
ph159	104DE	21	P. dactylifera Nile Group	C	Ricote (MU)	España	Hj
ph160	105DE	21	P. dactylifera Nile Group	C	Ricote (MU)	España	Hj
ph161	106DE	21	P. dactylifera Sahara Group	C	Ricote (MU)	España	Hj
ph162	107DE	21	P. dactylifera Nile Group	C	Ricote (MU)	España	Hj
ph163	108DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Playa de la Entrevista (AL)	España	Hj
ph164	109DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Playa de la Entrevista (AL)	España	Hj
ph165	110DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pilar de Jaravía (AL)	España	Hj
ph166	111DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pilar de Jaravía (AL)	España	Hj
ph167	112DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pilar de Jaravía (AL)	España	Hj
ph168	113DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pilar de Jaravía (AL)	España	Hj
ph169	114DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pilar de Jaravía (AL)	España	Hj
ph170	115DE	21	P. dactylifera Sahara Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph171	116DE	21	P. dactylifera Sahara Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph172	117DE	21	P. dactylifera Sahara Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph173	118DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pechina (AL)	España	Hj
ph174	119DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pechina (AL)	España	Hj
ph175	120DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	Pechina (AL)	España	Hj
ph176	121DE	21	P. dactylifera Nile Group	O	Pechina (AL)	España	Hj
ph177	122DE	21	P. dactylifera Sahara Group	O	La Perlita (AL)	España	Hj
ph178	123DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Orihuela (A)	España	Hj
ph179	-	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Hu
ph180	-	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Hu
ph181	124DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Hj
ph182	125DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Hj
ph183	126DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Hj
ph184	127DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	S	Arhino, Socotra	Yemen	Me
ph185	128ARA	5	P. dactylifera Socotra Group x P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph186	129ARA	5	P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph187	130ARA	5	P. arabica /P. dactylifera Socotra Group x P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph188	131ARA	5	P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph189	132ARA	5	P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph190	133ARA	5	P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph191	134ARA	5	P. dactylifera Socotra Group x P. arabica	S	Djebel Bura, Yemen	Yemen	Hj
ph192	135PAL	15	P. paludosa	V	-	-	Hj
ph193	136PAL	14	P. paludosa / P. loureiroi pedunculata	CS	Europalm	Belgica	Hj
ph194	137IBE	13	P. iberica /Abanilla Group	V	Muzalé	España	Hj
ph195	138IBE	13	P. iberica /Abanilla Group	V	Muzalé	España	Hj
ph196	139IBE	13	P. iberica /Abanilla Group	V	Muzalé	España	Hj
ph197	140IBE	13	P. iberica /Abanilla Group	V	Muzalé	España	Hj
ph198	141CAN	8	P. canariensis	S	Sorruedo	España-IC	Hj
ph199	142CAN	8	P. canariensis	S	Maspalomas	España-IC	Hj
ph200	143DE	8	P. dactylifera /canariensis	S	Telde	España-IC	Hj
ph201	144DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Alcudia (A)	España	Hj
ph202	145ARA	5	P. dactylifera Socotra Group x P. arabica	S	Wadi Rijaf	Yemen	Hj
ph206	146DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Arabia Saudí	Arabia Saudí	Hj
ph207	147DNA	2	P. dactylifera Nile Group	CD	Marruecos	Marruecos	Hj
ph208	148DNA	2	P. dactylifera Nile Group	CD	Libia	Libia	Hj
ph209			Nannorrhops ritchieana			Afganistán	
ph210			Sabal minor				
ph211	149DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph212	150DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Irán	Irán	Hj
ph213	151BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph214	152BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph215	153BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph216	154BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph217	155BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph218	156BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph219			Washingtonia robusta		Baja California	México	
ph220			Washingtonia robusta		Baja California	México	
ph221	157BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph222	158BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph223	159BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph224	160BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph225	161BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph226	162BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph227	163BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph228	164BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph229	165BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph230	166BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph231	167BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph232	168BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph233	169BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph250	170AND	14	P. andamanensis / P. loureiroi Tomás Font	V	Un mundo de palmeras	España	Hj
ph252	171DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	C	Túnez	Túnez	Hj
ph253	172DOR	24	P. dactylifera Socotra Group	CD	Irán	Irán	Hj
ph254	173ACA	24	P. acaulis /P. dactylifera Mesopotamia Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph255	174DOR	24	P. dactylifera Mesopotamia Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph256	175THE	1	P. theophrasti/ acaulis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph257	176CAN	8	P. canariensis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph258	177CAN	8	P. canariensis Red Date Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph259	178CAN	8	P. canariensis Red Date Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph260	179CAN	8	P. canariensis /dactylifera x P. canariensis	V	Palmaris	Francia	Hj
ph261	180THE	20	P. theophrasti Gölköy / P. dactylifera Mesopotamia	V	Palmaris	Francia	Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph262	181AND	19	Group P. andamanensis / P. rupicola	V	Para tu jardín	España	Hj
ph263	182THE	23	P. theophrasti Datça	V	Palmiye Merkezi	Turquía	Hj
ph264	183PAL	15	P. paludosa	V	Palmeras tropicales Tenerife	España-IC	Hj
ph265	184ROE	18	P. roebelenii	V	Viveros Murcia	España	Hj
ph266	185THE	23	P. theophrasti	V	Europalm	Belgica	Hj
ph267	186BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph268	187BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph269	188PAL	14	P. paludosa /loureiroi pedunculata	V	Europalm	Bélgica	Hj
ph270	189PAL	14	P. paludosa /loureiroi pedunculata	V	Europalm	Bélgica	Hj
ph271	190ACA	24	P. acaulis /dactylifera Mesopotamia Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph272	191BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph273	192BC	3	P. dactylifera Elche Group	C	Baja California	México	Hj
ph274	193DOR	11	P. dactylifera Nile Group	C	Beirut	Líbano	Hj
ph275	194SYL	22	P. sylvestris	CS	Europalm	Bélgica	Hj
ph276	195RUP	19	P. rupicola	CS	Kenibreed	India	Hj
ph277	196DOR	24	P. dactylifera Mesopotamia Group	CS	I love seeds	Francia	Hj
ph278	197REC	17	P. reclinata West Africa Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph279	198REC	17	P. reclinata	CS	Palmer	España	Hj
ph280	199SA	20	P. dactylifera Socotra Group	C	Lima	Peru	Hj
ph281	200SA	20	P. dactylifera Socotra Group	C	Lima	Peru	Hj
ph282	201ATL	6	P. atlantica	S	Mindelo	Cabo Verde	Hj
ph283	202ATL	6	P. atlantica	S	Mindelo	Cabo Verde	Hj
ph284	203DOR	24	P. dactylifera Mesopotamia Group	CD	Tienda Beirut	Libano	Hj
ph285	204DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Tienda Berlin	Alemania	Hj
ph286	205SYL	22	P. sylvestris	O	Agra	India	Hj
ph287	206HAN	14	P. loureiroi var. hanceana	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph288	207DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph289	208DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph290	209DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph291	210SYL	22	P. sylvestris	CS	Kenibreed	India	Hj
ph292	211DOR	24	P. dactylifera Mednoor Group	V	Palmaris	Francia	Hj
ph293	212SYL	22	P. sylvestris /P. dactylifera x P. sylvestris	CS	Kenibreed	India	Hj
ph294	213DOR	9	P. dactylifera Nile Group	CG	Riverside	Estados Unidos	Hj
ph295	214SYL	22	P. sylvestris	V	Palmaris	Francia	Hj
ph301	215DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Plano de San José	España	Hj
ph302	216DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Plano de San José	España	Hj
ph303	217DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Daimés (A)	España	Hj
ph304	218DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Derramador (A)	España	Hj
ph305	219DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Algorós (A)	España	Hj
ph306	220DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	La Hoya (A)	España	Hj
ph307	221DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Algoda (A)	España	Hj
ph308	222DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Matola (A)	España	Hj
ph309	223DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	San Isidro (A)	España	Hj
ph310	224DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Puzol (A)	España	Hj

*DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX*

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph311	225DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Santiago y Zaraiche1 (MU)	España	Hj
ph312	226DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Santiago y Zaraiche2 (MU)	España	Hj
ph313	227DE	21	P. dactylifera Mednoor Group	C	El Parque1 (MU)	España	Hj
ph314	228DE	21	P. dactylifera Mesopotamia Group	C	El Parque2 (MU)	España	Hj
ph315	229DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Calguerín (AL)	España	Hj
ph316	230DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Baños del Cocón (AL)	España	Hj
ph317	231DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Lazareto1 (MU)	España	Hj
ph318	232DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Lazareto 2 (MU)	España	Hj
ph319	233DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Lazareto (MU)	España	Hj
ph320	234DOR	9	P. dactylifera Nile Group	S	Nicosia	Chipre	Hj
ph322	235ACA	14	P. acaulis / P. loureiroi Huerto del Cura	CG	Huerto del Cura (A)	España	Hj
ph323	236DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Cox (A)	España	Hj
ph324	237DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Cox (A)	España	Hj
ph325	238DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Cox (A)	España	Hj
ph326	239DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Cox (A)	España	Hj
ph327	240DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph328	241DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph329	242DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph330	243DE	13	P. Abanilla Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph331	244DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph332	245DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Selección de Sopascures	España	Hj
ph333	246DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph334	247DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph335	248DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph336	249DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Balneario de Sierra Alhamilla (AL)	España	Hj
ph337	250DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Pechina (AL)	España	Hj
ph338	251DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Benahadux (AL)	España	Hj
ph339	252DE	21	P. dactylifera Elche Group	S	Baños de Cocon 2 (AL)	España	Hj
ph340	253DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Calguerín 2 (AL)	Hj	
ph341	254DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Alhanchete (AL)	Hj	
ph342	255DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Las Cupillas (AL)	Hj	
ph343	256DNA	2	P. dactylifera Mednoor Group	CD	Dátiles el Monaguillo importados de Túnez	Túnez	Hj
ph344	257DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Mercado de Rabat, A, Bermudez (Medrab 04)	Marruecos	Hj
ph345	258DE	21	P. dactylifera costata	C	Santomera	España	Hj
ph346	259DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Heratchian fresh dates, Paris, importado	Irán	Hj
ph347	260DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Al Madina, comprado en Beirut	Arabia Saudí	Hj
ph348	261DNA	2	P. dactylifera Mednoor Group	CD	Importados	Argelia	Hj
ph349	262SYL	22	P. sylvestris / P. dactylifera Socotra Group	CD	KPR 05 2010	Pakistán	Hj
ph350	263DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Mercado de Abu Dhabi, Asunción Morte 23-3-11	Irán	Hj
ph351	264DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Taiba Dates	Arabia Saudí	Hj
ph352	265DOR	20	P. dactylifera Socotra Group		Isla de Socotra	Yemen	Hj
ph353	266DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Mercado de Rabat, A, Bermudez (Medrab 03)	Marruecos	Hj
ph354	267DOR	20	P. dactylifera Socotra Group		Isla de Socotra PDSY02	Yemen	Hj
ph355	268DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj
ph356	269DE	13	P. Abanilla Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph357	270DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj
ph358	271DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj
ph359	272DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj
ph360	273DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Palmeral de Alicante,	España	Hj
ph361	274DE	2	P. dactylifera Sahara Group	O	Rond Point Gambetta - Olbius Riquier, Hyeres les Palmiers	Francia	Hj
ph362	275CAN	22	P. canariensis porphyrococca /sylvestris	O	San Remo	Italia	Hj
ph363	276DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Mercado de Abu Dhabi	Emiratos Arabes Unidos	Hj
ph364	277DNA	2	P. dactylifera Mednoor Group	CD	Tafilalet (comprados en mercado de Rabat)	Marruecos	Hj
ph365	278CAN	8	P. canariensis Red Date Group	JB	Jardim Botanico Lisboa	Portugal	Hj
ph366	279DOR	20	P. dactylifera Socotra Group	CD	Eiskan Epicerie Fine Paris	Irán	Hj
ph367	280CAN	8	P. canariensis	O	Guayadeque	España-IC	Hj
ph368	281CAN	8	P. canariensis	O	Menorca	España-IB	Hj
ph369	282DNA	2	P. dactylifera Mesopotamia Group	CD	Mercado de Dakar	Senegal	Hj
ph370	283DNA	2	P. dactylifera Mesopotamia Group	CD	Mercado de Dakar	Senegal	Hj
ph371	284DOR	9	P. dactylifera Nile Group	CD	Oasis de Siwa	Egipto	Hj
ph372	285DOR	9	P. dactylifera Nile Group	CD	Oasis de Siwa	Egipto	Hj
ph373	286DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Troungoumbé	Mali	Hj
ph374	287DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Nioro	Mali	Hj
ph375	288DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Nioro	Mali	Hj
ph376	289DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Nioro	Mali	Hj
ph377	290DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Nioro	Mali	Hj
ph378	291DNA	2	P. dactylifera Sahara Group	CD	Nioro	Mali	Hj
ph379	292IBE	13	P. Abanilla Group	S	Hondo de Crevillente (A)	España	Hj
ph380	293CAN	8	P. canariensis Wildpret's Large Date Group	O	Altabix (A)	España	Hj
ph381	294DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	Altabix (A)	España	Hj
ph382	295DE	13	P. Abanilla Group	C	Torreblanca (A)	España	Hj
ph383	296DE	13	P. Abanilla Group	C	Torreblanca (A)	España	Hj
ph384	297DE	13	P. Abanilla Group	C	Torreblanca (A)	España	Hj
ph385	298DE	13	P. Abanilla Group	C	Torreblanca (A)	España	Hj
ph386	299DE	13	P. Abanilla Group	C	Torreblanca (A)	España	Hj
ph387	300DE	13	P. Abanilla Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph388	301DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph389	302DE	13	P. Abanilla Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph390	303DE	10	P. dactylifera Elche Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph391	304DE	13	P. Abanilla Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph392	305DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	La Galia (A)	España	Hj
ph393	306DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Finca Torre Güil (MU)	España	Hj
ph394	307DE	13	P. Abanilla Group	C	Finca Torre Güil (MU)	España	Hj
ph395	308DE	13	P. Abanilla Group	C	Finca Torre Güil (MU)	España	Hj
ph396	-	4	P. andamanensis	H	Herbario Tropical de Firenze	India	Hj
ph397	ph397	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph398	ph398	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph399	ph399	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph400	ph400	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph401	ph401	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph402	309DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Palmar (MU)	España	Hj
ph403	310DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Palmar (MU)	España	Hj
ph404	311DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	El Palmar (MU)	España	Hj

*DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX*

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
ph405	312DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Aswan	Egipto	Hj
ph406	313DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Aswan	Egipto	Hj
ph407	314DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Jacarilla (A)	España	Hj
ph408	315DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Jacarilla (A)	España	Hj
ph409	316DE	21	P. dactylifera Elche Group	O	Jacarilla (A)	España	Hj
ph410	317DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Partida de Madrigueres, Denia (A)	España	Hj
ph411	318DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Partida de Madrigueres, Denia (A)	España	Hj
ph412	319DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Denia (A)	España	Hj
ph413	320DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Denia (A)	España	Hj
ph414	321DE	21	P. dactylifera Elche Group	C	Denia (A)	España	Hj
ph415	322DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph416	323DE	13	P. Abanilla Group	CG	EEE	España	Hj
ph417	324DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph418	325DE	13	P. Abanilla Group	CG	EEE	España	Hj
ph419	326DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph420	327DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph421	328DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph422	329DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph423	330DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph424	331DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph425	332DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph426	333DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph427	334DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph428	335DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph429	336DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph430	337DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph431	338DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph432	339DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph433	340DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph434	341DE	13	P. Abanilla Group	CG	EEE	España	Hj
ph435	342DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph436	343DE	10	P. dactylifera Elche Group	CG	EEE	España	Hj
ph438	ph438	7	P. caespitosa	H	Agip Mineraria 1954. Herbario Tropical de Firenze		Hj
ph439	ph439	12	P. abyssinica	H	Etiopia Sermolli 1937. Herbario Tropical de Firenze	Etiopia	Hj
ph440	ph440	12	P. abyssinica	H	Etiopia Sermolli 1937. Herbario Tropical de Firenze	Etiopia	Hj
ph441	ph441	20	P. dactylifera Socotra Group	H	Oman Dhofar 2001 n°532. Herbario Tropical de Firenze	Oman	Hj
ph442	ph442	20	P. dactylifera Socotra Group	H	Oman Dhofar 2001 1136. Herbario Tropical de Firenze	Oman	Hj
ph443	ph443	17	P. reclinata	H	Mozambico 1970. Herbario Tropical de Firenze	Mozambique	Hj
ph444	ph444	26	P. reclinata	H	Somalia 1953. Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph445	344RUP	19	P. rupicola	CS	Ptujar	España	Hj
ph446	345RUP	19	P. rupicola	CS	Europalm	Belgica	Hj
ph447	346RUP	19	P. rupicola	CS	Germogli		Hj
ph448	347IBE	13	P. iberica	H	Rosique	España	Hj
ph449	ph449	26	P. reclinata	H	Herbario Tropical de Firenze		Hj
ph450	ph450	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze		Hj
ph451	ph451	7	P. caespitosa	H	Herbario Tropical de Firenze		Hj
ph452	ph452	17	P. reclinata / P. dactylifera	H	Herbario Tropical de Firenze		Hj

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

DNA	Código F	POP	WORKING GROUP	OR	FUENTE / LOCALIDAD	PAÍS	MAT
			Socotra Group		Firenze		
ph456	348ROE	18	P. roebelenii	CS	Rare palm seeds	Alemania	Hj
ph457	349ROE	18	P. roebelenii	CS	Rare palm seeds	Alemania	Hj
ph458	350ROE	18	P. roebelenii	CS	Rare palm seeds	Alemania	Hj
ph459	351DOR	24	P. dactylifera Mesopotamia Group	CD	Arabia Saudí	Arabia Saudí	Me
ph460	352DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Etiopía	Etiopía	Me
ph461	ph461	11	P. dactylifera Nile Group	H	Herbario Tropical de Firenze	Somalia	Hj
ph462	353DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph463	354DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph464	355DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph465	356DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph466	357DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph467	358DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
ph468	359DOR	11	P. dactylifera Nile Group	CD	Makale	Etiopía	Hj
phk01	360LOU	14	P. loureiroi loureiroi	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk02	361PAL	15	P. paludosa	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk03	362PUS	16	P. pusilla / P. farinifera	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk04	363CAE	7	P. caespitosa	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk05	364REC	17	P. reclinata	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk06	365SYL	22	P. sylvestris	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk07	366LOU	14	P. loureiroi var. hanceana	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk08	367CAE	7	P. caespitosa	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk09	368PUS	16	P. pusilla	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk10	369LOU	1	P. acaulis / P. loureiroi	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk11	370PUS	16	P. pusilla / P. farinifera	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk12	371LOU	14	P. loureiroi var. hanceana	JB	Kew	Gran Bretaña	BD
phk13	372ACA	1	P. acaulis	JB	Kew	Gran Bretaña	BD

A cada ejemplar se le asignó un código numérico y una determinación provisional, a la espera de su confirmación o desmentido mediante genotipado. En algunos casos, este nombre provisional hace referencia a su lugar de origen, por ejemplo, *Phoenix arabica* (considerado sinónimo de *Phoenix caespitosa*) para algunas muestras nativas de la Península Arábiga.

Dada la baja o nula disponibilidad de algunos táxones (*Phoenix caespitosa*, *P. andamanensis*), se decidió recurrir a material de herbario, concretamente al procedente del Herbario Tropical de Firenze y banco de DNA del Jardín Botánico de Kew para completar el genotipado (Tablas 3 y 4).

Se recogieron en campo un total de 174 muestras, etiquetadas en principio como *Phoenix dactylifera*, complementadas con 22 muestras recogidas en la Estación Experimental de Elche y 78 en la Colección Nacional de *Phoenix*. De ésta se tomaron muestras de 112 ejemplares, correspondientes al resto de especies del género.

Joel Lodé aportó un total de 14 muestras, procedentes de varias localidades de Yemen entre 2009 y 2012.

### 3.2 Extracción de ADN

Para la extracción de ADN se ha empleado distintos tipos de materiales, dependiendo de la disponibilidad de los mismos. Preferentemente se han utilizado hojas de ejemplares adultos, cuando se recogieron en campo, y de ejemplares jóvenes, cuando provinieron de siembras realizadas en la Colección Nacional *Phoenix*. Las muestras fueron conservadas en gel de sílice. Se emplearon igualmente fragmentos de hojas procedentes de pliegos del Herbario Tropical de Firenze. Se procedió a un ensayo de extracción de ADN a partir de flores femeninas conservadas en gel de sílice (tres muestras), endospermo (dos muestras) y otro a partir de mesocarpo (4 muestras). Sólo una de las muestras florales permitió obtener ADN en cantidad y calidad adecuadas para realizar análisis. De las muestras de mesocarpo, sólo dos permitieron obtener ADN en cantidad y calidad adecuadas. El tipo de material se indica en la Tabla 2.

La extracción de ADN se realizó con dos métodos: basado en CTAB (Doyle y Doyle, 1991) y con el kit comercial DNeasy Plant Mini Kit de QIAGEN, siguiendo las instrucciones del fabricante. Las muestras obtenidas con el primer protocolo se estandarizaron utilizando el kit comercial. La concentración de ADN se estimó con espectrofotómetro *NANODROP*® 1000, estandarizadas a 20 ng/µl.

En el caso de material procedente de pliegos de herbario, para uno de los pliegos de *Phoenix caespitosa* se llegaron a realizar 3 extracciones sobre fragmentos de la misma muestra (Tabla 3), como control de calidad. Las extracciones a partir de este material se realizaron en una sala diferente, para minimizar el riesgo de contaminación (Magyari *et al.*, 2011), empleando el kit comercial DNeasy Plant Mini Kit de QIAGEN, siguiendo las instrucciones del fabricante (Sarkinen *et al.*, 2012).

Tabla 3. *Pliegos de herbario objeto de la extracción de ADN*

Abreviaturas: FT Nm, nombre en el Herbario Tropical de Florencia (Universidad de Florencia)

Código	FT Nm	Detalles
ph439	<i>P. abyssinica</i>	<i>P. abyssinica</i> Etiopia Sermolli 1937 (Nilo Azzurro n 1998?)
ph440	<i>P. abyssinica</i>	Etiopia Sermolli 26-02-1937 (n. 1995), <i>P. Abyssinica</i> 11°53'N - 37°3' E
ph397	<i>P. caespitosa</i>	foto2 "P caesp no typus 1" I cortado (fragmento en sobre "P caesp no typus 1" I). 10-Dre. 1970. R. Bevazzano. J. Lovranos. Carin - Galgala 11°20' N - 49°48'E
ph398	<i>P. caespitosa</i>	foto3 "P caesp no typus 1" II cortado (fragmento en sobre "P caesp no typus 1" II) 10-Dre. 1970. R. Bevazzano. J. Lovranos. Carin - Galgala 11°20' N - 49°48'E
ph399	<i>P. caespitosa</i>	foto5 "P caesp no typus 1" III cortado (fragmento en sobre "P caesp no typus 1" III) 10-Dre. 1970. R. Bevazzano. J. Lovranos. Carin - Galgala 11°20' N - 49°48'E
ph400	<i>P. caespitosa</i>	TIPO NOMENCLATORIAL DE PHOENIX CAESPITOSA SENSU STRICTO. 1. El sobre 'PUCCIONI E STEFANINI 659 [723]: corresponde a la foto Typus cortado derecha 11°33'N - 50°30'E Erèri Jellehò e Martisor Dinsai
ph401	<i>P. caespitosa</i>	TIPO NOMENCLATORIAL DE PHOENIX CAESPITOSA SENSU STRICTO. 2. El sobre 'PUCCIONI E STEFANINI 672[738]: corresponde Typus cortado izquierda. 9°59'N-50°51'E. Scorasar Valley
ph441	<i>P. caespitosa</i>	Oman Dhofar 2001 n°532, <i>P. caespitosa</i>
ph442	<i>P. caespitosa</i>	Oman Dhofar 2001 1136, <i>P. caespitosa</i>
ph444	<i>P. dactylifera</i>	Somalia 1953, <i>P. dactylifera</i> , Somalia Meridionale. Comprensorio di Genale (Janaale). 1.1953 Sacco <i>et al.</i> c.70 . 1°48'N - 44°41'E
ph449	<i>P. dactylifera</i>	Somalia Mer, Sacco y Soppa, 1953, <i>P. dactylifera</i>
ph438	<i>P. reclinata</i>	<i>P. reclinata somaliensis</i> Agip Mineraria 1954 (Iskushuban lake)10°17'N - 50°14'E
ph443	<i>P. reclinata</i>	Mozambico 1970, <i>P. reclinata</i>
ph450	<i>P. reclinata</i>	Uadi Run, Valle del Nogal 1969, <i>P. reclinata somaliensis</i>
ph451	<i>P. reclinata</i>	Galgala Sacco, 1954, <i>P. reclinata somaliensis</i>
ph461	<i>P. reclinata</i>	Lanza Somalia Occ. Uadi Run 1969, <i>P. reclinata somaliensis</i> . 9°50'N - 50°36' E

Se analizaron muestras de ADN extraídas en los laboratorios Jodrell del Real Jardín Botánico de Kew (Tabla 4)

Tabla 4. *Muestras de ADN extraídas en KEW*

Abreviaturas: Kew Nm, nombre en la base de datos de ADN de Kew, Kw Cd, código en la misma base de datos.

Código	Kew Nm	Kew Cd	Detalles
phk13	<i>P. acaulis</i>	DNA 5559	Watson 9615 Nepal
phk04	<i>P. caespitosa</i>	DNA 1195	Gilett 3055 Iskushuban Somalia
phk08	<i>P. caespitosa</i>	DNA 1802	Thulin 9016 Somalia
phk03	<i>P. farinifera</i>	DNA 1192	K.Chevian Jacob. 80414 Chenglapattu Madras Tamil Nadu India
phk11	<i>P. farinifera</i>	DNA 1878	Barrow S70 Kimbissa Sri Lanka
phk12	<i>P. formosana</i>	DNA 1879	KEW from Hengchun Taiwan
phk07	<i>P. hanceana</i>	DNA 1801	Baker y Utteridge 9 Hong Kong
phk01	<i>P. loureirii</i>	DNA 1187	Barrow S. 23 Mae Sanam Chiang Mai Thailand
phk10	<i>P. loureirii</i>	DNA 1813	Barrow S46 Ponmudi Hill, Kerala, India
phk02	<i>P. paludosa</i>	DNA 1190	Barrow S 28 Trang Kantang District Thailand
phk05	<i>P. reclinata</i>	DNA 1397	Kew from Duba Island, Ngamiland Bostwana, Okavango
phk06	<i>P. sylvestris</i>	DNA 1398	Cultivated at Kew ¿Punjab?
phk09	<i>P. zeylanica</i>	DNA1806	Barrow S 66 Sri Lanka

La extracción en Kew incluye etapas estándar de CTAB-cloroformo, precipitación con etanol y lavado, seguido por limpieza con gradiente de densidad y diálisis. Las muestras se limpian de tal manera que son estables a temperatura ambiente durante días mientras están en tránsito. En almacenamiento dentro de la colección son, en teoría, estables indefinidamente. Por lo general, aproximadamente 1 ml de ADN se produce a partir del protocolo de extracción de Kew, que se puede dividir y enviar como alícuotas de 25 µl y es la cantidad que recibimos. Algunas estaban algo degradadas porque el tejido del que fueron extraídas no se secó adecuadamente, mientras que otras son más diluidas de lo deseable. Por otra parte, algunos taxones nunca producen mucho ADN. Por lo tanto, en varios casos tuvimos que repetir dos y tres veces la amplificación con nuevas muestras hasta conseguir resultados.

### 3.3 Análisis con microsátélites y minisatélite

Se eligieron 14 de los 16 microsátélites nucleares descritos para palmera datilera por Billotte *et al.* (2004), 1 minisatélite plastidial con un motivo de repetición de 12bp (Henderson *et al.*, 2006) y 7 de los 25 diseñados por Akkak *et al.* (2009), todos ellos caracterizados por amplificar en varias especies del género *Phoenix* y por su grado de polimorfismo. En la Tabla 5 aparecen los microsátélites estudiados, el motivo repetido, el tamaño medio esperado del microsátélite y la secuencia de los cebadores.

Tabla 5. *Marcadores seleccionados para el estudio*

Microsatélite	Repetición	Tamaño	Cebadores
mPdCIR010	(GA) <sub>22</sub>	121-173	5'-ACC CCG GAC GTG AGG TG-3' 5'-CGT CGA TCT CCT CCT TTG TCTC-3'
mPdCIR015	(GA) <sub>15</sub>	110-162	5'-AGC TGG CTC CTC CCT TCT TA-3' 5'-GCT CGG TTG GAC TTG TTC T-3'
mPdCIR016	(GA) <sub>14</sub>	104-140	5'-AGC GGG AAA TGA AAA GGT AT-3' 5'-ATG AAA ACG TGC CAA ATG TC-3'
MpdCIR025	(GA) <sub>22</sub>	190-240	5'-GCA CGA GAA GGC TTA TAG T-3' 5'-CCC CTC ATT AGG ATT CTA C-3'
mPdCIR032	(GA) <sub>19</sub>	275-314	5'-CAAATCTTTGCCGTGAG- 3' 5'-GGTGTGGAGTAATCATGTAGTA G-3'
mpdCIR035	(GA) <sub>15</sub>	160-225	5'-ACAAACGGCGATGGGATTAC-3' 5'-CCGCAGCTCACCTCTTCTAT-3'
mPdCIR048	(GA) <sub>32</sub>	150-200	5'-CGAGACCTACCTTCAACAAA-3' 5'-CCACCAACCAAATCAAACAC-3'
mPdCIR050	(GA) <sub>21</sub>	148-218	5'-CTG CCA TTT CTT CTG AC-3' 5'-CAC CAT GCA CAA AAA TG-3'
mPdCIR063	(GA) <sub>17</sub>	120-160	5'-CTTTTATGTGGTCTGAGAGA-3' 5'-TCTCTGATCTGGGTTCTGT-3'

Microsatélite	Repetición	Tamaño	Cebadores
mPdCIR070	(GA) <sub>17</sub>	159-237	5'-GACCCAAGGCTAAC-3' 5'-GGTGGCTTTGTAGTAT-3'
mPdCIR078	(GA) <sub>13</sub>	100-154	5'-TGG ATT TCC ATT GTG AG-3' 5'-CCC GAA GAG ACG CTA TT-3'
mPdCIR085	(GA) <sub>29</sub>	140-192	5'-GAG AGA GGG TGG TGT TAT T-3' 5'-TTC ATC CAG AAC CAC AGT A-3'
mPdCIR090	(GA) <sub>26</sub>	132-199	5'-GCA GTC AGT CCC TCA TA-3' 5'-TGC TTG TAG CCC TTC AG-3'
mPdCIR093	(GA) <sub>16</sub>	140-194	5'-CCA TTT ATC ATT CCC TCT CTT G-3' 5'-CTT GGT AGC TGC GTT TCT TG-3'
CpfM	CTAACTACTATA	230-350	5'-CCGCCCACGATGAAGTAATGTA-3' 5'-GTCACGGGTTCAAATCCTGTCTC-3'
PDCAT01	(TC) <sub>21</sub>	70-140	5'-CTGAAAATCTCTGTTCAAATCC-3' 5'-AGTTTGGATCTATTTGTGAGTT ATTTTCTTT-3'
PDCAT02	CTCGGTG(TC) <sub>3</sub> (TC) <sub>3</sub> T(TC) <sub>3</sub> T(TC) <sub>3</sub> T(TC) <sub>4</sub> TTCTG TCCCG(TC) <sub>16</sub> T(TC)	148-220	5'-GGCCTTCTCTCCCTAATGGG-3' 5'-AGTTTCTTGCCCCTGTTCTTTC CCTC-3'
PDCAT06	(CA) <sub>14</sub> (GA) <sub>23</sub>	100-181	5'-ATTCAGGGAAACCACAGCCA-3' 5'-GTTTAAAGCCTTCTCAAGATAGCC TCAG-3'
PDCAT11	(TC) <sub>7</sub> (TC) <sub>20</sub>	110-158	5'-TTAGTAGACTCCCCACCGTCC-3' 5'-TGTTTCATGGTGCTGGAGAATG AA-3'
PDCAT17	(GA) <sub>21</sub>	90-170	5'-CAG CGGAGGGTGGCCTCGTT-3' 5'-TCTCCATCTCCCTTTTCTTCTGCT ACTC-3'
PDCAT18	(CT) <sub>13</sub> G(CT) <sub>8</sub> CG(CT) <sub>3</sub> CG(CT) <sub>3</sub>	110-150	5'-CCTAAACCTGAATGAATCAAAG-3' 5'-CAACTAACATAAGGACAGTGCT ATGTGATTG-3'
PDCAT20	(GA) <sub>29</sub>	294-353	5'-TTTCAGACACATCAAGTAACG-3' 5'ATGAGTTTACGTCCACCCCAAGTTA CGA-3'

La amplificación de los loci seleccionados se llevó a cabo en reacciones multiplex (amplificación simultánea de varios marcadores) con el kit comercial QIAGEN Multiplex PCR Kit, ajustando el protocolo del fabricante para un volumen final de 15 µl., con el siguiente programa: desnaturalización inicial a 94°C, 15 minutos; 35 ciclos a 94°C 30 segundos, 55°C 60 segundos y 72°C 60 segundos, más un paso final de elongación a 72°C 6 minutos, utilizando un termociclador GeneAmp 2700. Las muestras phoe144 (Thoory) y ph145 (Medjool) se emplearon como estándar interno, para verificar que los resultados fueran coherentes entre distintos lotes de muestras. Los productos resultantes se corrieron en un secuenciador capilar ABI Prism 3130. El tamaño de los fragmentos amplificados se estimó mediante el software GeneMapper 3.7. Varias muestras fueron reanalizadas para subsanar irregularidades y errores de lectura.

Los datos finales se editaron con Flexibin (Amos *et al.*, 2007), para minimizar los errores en la asignación automática de alelos.

### 3.4 Análisis de secuencias

Para este análisis se seleccionaron algunas muestras cuyos resultados en cuanto a la longitud del fragmento correspondiente al marcador CpfM no coincidía con anteriores publicaciones (Pintaud *et al.*, 2010): ph186, ph188, ph189, ph190. Se añadieron, asimismo, algunas muestras más como referencia (ph194, ph278, ph279, ph447, ph448). Se incluyeron las muestras de ADN procedentes de material de herbario ph397, ph400, ph440, ph441, ph442, ph443, ph444, ph449, ph450, ph451, ph452, ph453 y ph454.

Se estudiaron dos marcadores plastidiales, psbZ-trnfM (Scarcelli *et al.*, 2011) y matk, con dos combinaciones de cebadores: matk-19R-trnK 2R (Steele y Vilgalys, 1994) y matk-19R-trnK-1862R (Asmussen *et al.*, 2006).

Las reacciones se desarrollaron en un volumen total de 15  $\mu$ l, con 3 ng de ADN, 0.2 mM de cada primer, 2X Promega Master Mix y agua estéril desprovista de DNAasa.

El programa empleado para la amplificación del loci psbZ-trnfM consta de un paso de desnaturalización inicial de 15 minutos a 94°C, seguido de 35 ciclos a 94°C 30 segundos, 55°C 60 segundos y 72°C 60 segundos, con paso de elongación final a 72° durante 10 minutos. Los productos se purificaron con QIAQuick PCR Purification Kit y se cuantificaron con Nanodrop 1000.

Para la amplificación del loci matK se empleó el programa descrito en Asmussen *et al.* (2006). Los productos se purificaron con QIAQuick PCR Purification Kit y se cuantificaron con Nanodrop 1000.

En el caso de las muestras de herbario sólo se amplificó la región psbZ-trnfM siguiendo el protocolo indicado en Magyari *et al.* (2011) para una PCR en dos fases, añadiendo 2% BSA para mejorar la amplificación (Sarkinen *et al.*, 2012). La preparación de la PCR se realizó en una sala y un día diferente a las muestras procedentes de material moderno (Parducci y Petit, 2004). Los productos de amplificación se purificaron con QIAQuick PCR Purification Kit y se cuantificaron con Nanodrop 1000.

En todos los casos, la secuenciación se llevó a cabo utilizando el Big Dye Terminator v3.1 kit y posteriormente se analizaron en un secuenciador ABI Prism 3010.

### 3.5 Análisis de datos

#### 3.5.1 Diversidad genética

Se empleó el programa STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000) para el análisis de la estructura genética en el conjunto de datos. Este software asigna los individuos de una muestra a una población genética de forma probabilística, mediante iteraciones de cadenas de Markov y métodos Monte Carlo (MCMC), sin que requiera para ello información geográfica sobre los individuos. Para las simulaciones se asumió un modelo de mezcla genética y frecuencias alélicas independientes entre poblaciones/especies, estudiando la pertenencia de las muestras a diferentes grupos de unidades genéticas o grupos (K), desde K=1 (panmixia) a K= 30 , realizando, como mínimo, 10 simulaciones para cada valor de K, usando  $10^5$  periodos de prueba y una longitud de carrera de  $10^6$  réplicas. El número óptimo de unidades genéticas (K) se determinó según Evanno *et al.* (2005) con el servicio web STRUCTURE HARVESTER (Earl y vonHoldt, 2012). Para estos cálculos se tuvieron en cuenta únicamente los marcadores nucleares.

Se asignaron los individuos a los diferentes grupos en función de su pertenencia a los clusters extraídos de STRUCTURE, siempre que su pertenencia fuera mayor a un valor arbitrario fijado en el 75% (Vigouroux *et al.*, 2008; Moussoni *et al.*, 2017).

Para cada grupo se calcularon: n° de alelos diferentes ( $N_z$ ), n° efectivo de alelos por locus ( $N_e$ ), número de alelos privados ( $N_{ap}$ ), heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) y observada ( $H_o$ ) mediante el uso de la aplicación GenAlEx v6.5 (Peakall y Smouse, 2012).

Se realizaron dos subanálisis del taxon *Phoenix dactylifera* para detectar posibles diferencias dentro del mismo, el primero considerando el conjunto de la especie y el segundo, restringido únicamente a las palmeras cultivadas en España. Se estudió la pertenencia de las muestras a diferentes grupos de unidades genéticas o grupos (K), desde K= 1 (panmixia) a K=10, utilizando los mismos parámetros para la simulación que en el caso anterior. Se asignaron los individuos a los diferentes grupos en función de su pertenencia a los clusters extraídos de STRUCTURE, siguiendo el mismo criterio que en el caso anterior.

Para cada grupo obtenido por este procedimiento se calcularon: n° de alelos diferentes ( $N_z$ ), n° efectivo de alelos por locus ( $N_e$ ), número de alelos privados ( $N_{ap}$ ), heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) y observada ( $H_o$ ) mediante el uso de la aplicación GenAlEx v6.5 (Peakall y Smouse, 2012).

Las relaciones entre especies fueron inferidas a partir de matrices de distancias genéticas basadas en un índice de disimilitud (Perrier *et al.*, 2003) con 1000 bootstraps, aplicando un análisis multivariante de coordenadas principales (PCA) y un dendrograma o árbol Neighbour-Joining (NJ), ambos construídos con DarWin 6.0 (Perrier y Jacquemoud-Collet, 2006). A cada individuo se le asignó un código en función de su identificación inicial a la entrada en la Colección Nacional de Palmeras. Las muestras con identificación dudosa mantuvieron el código asignado en el banco de ADN de la Colección. Para estos análisis se emplearon tanto los SSR nucleares como el minisatélite, por duplicado.

Los gráficos obtenidos se exportaron a formato .PHY y fueron editados en FigTree 1.4.3

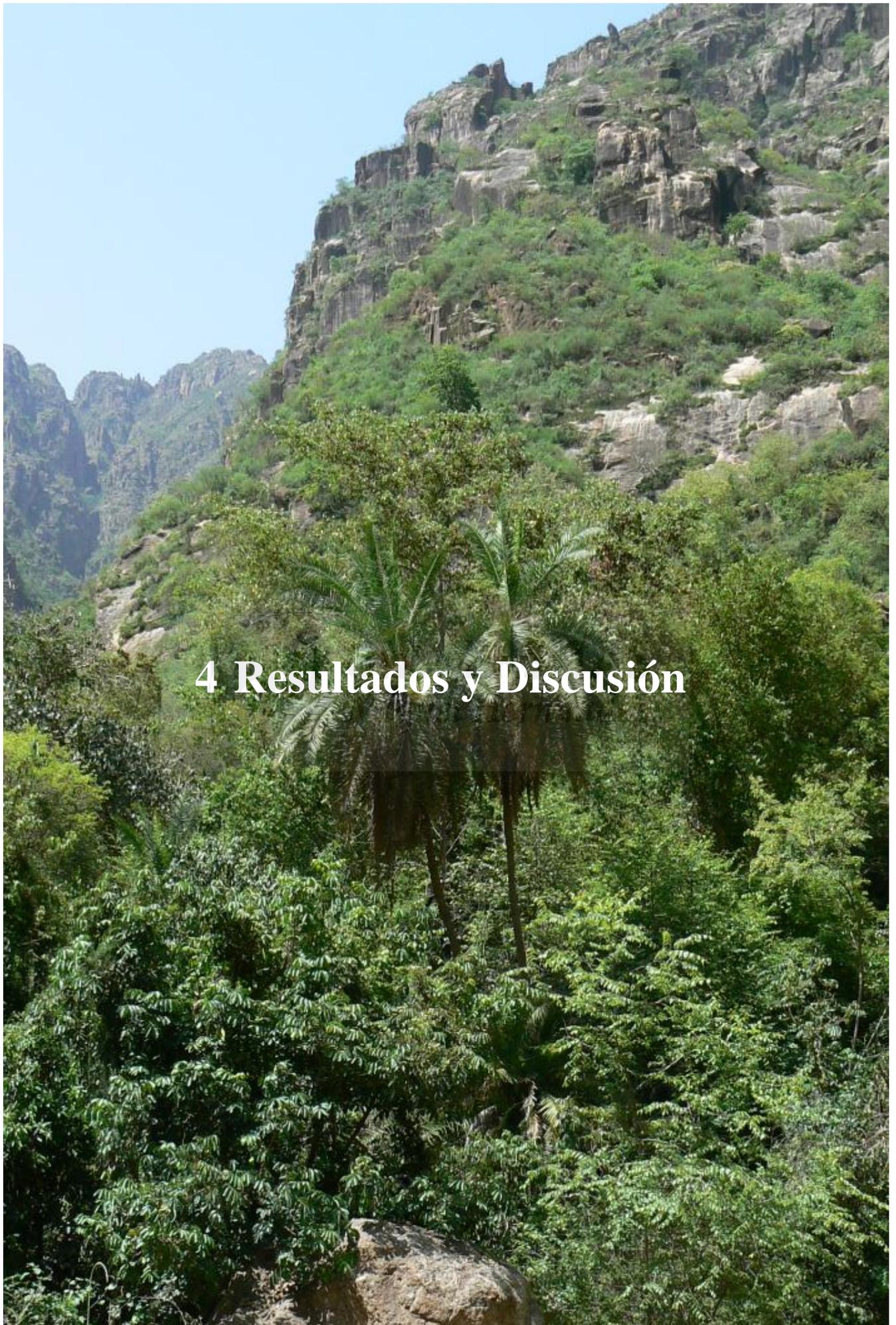
### 3.5.2 Análisis de secuencias

Las secuencias se visualizaron con Chromas Lite para verificar la obtención de un producto de secuenciación y exportar los resultados a formato FASTA. Las secuencias se alinearon en el servicio online MAFFT 7,251 (Kato and Toh, 2008), complementándolas con accesiones depositadas en GenBank (referencias NC013991, JX970927, JX970929, JX970919, JX970921, FJ212316, JX970921, JX970935, JX970934) (Pintaud *et al.*, 2013), empleando UPGMA.

Una vez editadas las secuencias disponibles, se utilizó el servicio en línea (online) Phylo io 1.0.0. (Robinson *et al.*, 2016) para elaborar un árbol filogenético.

### 3.5.3 Asignación de etiqueta

Se emplearon los resultados de las agrupaciones producidas por STRUCTURE (Pritchard et al, 2000), PCoA y dendrogramas, así como la identidad del minisatélite plastidial (Ballardini *et al.*, 2013) para identificar las muestras dudosas o corregir las etiquetas asignadas a la entrada a la Colección Nacional de *Phoenix*.



## 4 Resultados y Discusión



## 4.1 Calidad del ADN

Se recogieron un total de 468 muestras, 440 procedentes de material moderno, 15 de material de herbario, complementadas con 13 muestras procedentes del banco de ADN de Kew, indicadas en las tablas 2 a 4.

De entre las muestras de material moderno, 68 fueron desechadas debido a la baja calidad del ADN, que condujeron a resultados no reproducibles. De entre las muestras de material de herbario, se desechó ph396 (*Phoenix andamanensis*), de la que no se pudo recuperar ADN.

Las muestras ph120 y ph128 corresponden a *Chamaerops humilis* L.; ph219 y ph220, a *Washingtonia robusta* H.Wendl; ph209, a *Nannorrhops ritchieana* (Griff.) Aitch. y ph210 a *Sabal minor* (Jacq.) Pers., incluídas en el listado inicial como outgroups. No se han incluído en los análisis posteriores, quedando un total de 372 muestras.

## 4.2 Amplificación de ADN

De los 22 marcadores seleccionados inicialmente para el estudio, los marcadores mPdCIR48, mPdCIR63, PDCAT01, PDCAT11, PDCAT18 y PDCAT20 se descartaron para posteriores análisis debido a la baja reproducibilidad de los resultados de la amplificación y, en algunos casos, la presencia de quimeras.

Las muestras de herbario presentaron una amplificación errática. Dado que se habían incluído tres réplicas de un pliego, tanto en extracción como en amplificación y se constató que había discrepancia en los resultados, se eliminaron de los análisis posteriores. En efecto, las muestras de material antiguo, ya sea de herbario o arqueológicas, frecuentemente dan lugar a este tipo de errores de genotipado debido al ‘deslizamiento’ de la enzima responsable de la PCR, causado por daños post-mortem en el ADN (Schulumbaum *et al.*, 2008; Staats *et al.*, 2011), requiriendo la clonación y posterior secuenciación de los productos de PCR (Manen *et al.*, 2003). Debido al gran número de marcadores y muestras implicados, esta operación no se consideró viable.

Para el marcador de tipo minisatélite CpfM se han encontrado los siguientes valores de longitud de fragmentos: 233 (*P. reclinata*, *P. acaulis*, *P. pusilla*, *P. loureiroi*, *P. sylvestris*, *P. paludosa*), 238 (*P. reclinata*), 245 (*P. dactylifera*, *P. sylvestris*, *P. roebelenii*), 257 (*P. dactylifera*, *P. roebelenii*, *P. sylvestris*), 264 (*P. arabica*), 269 (*P. canariensis*), 281 (*P. theophrasti*, *P. rupicola*), 293 (*P. caespitosa*).

## 4.3 La estructura para el conjunto de especies de *Phoenix*

El análisis con STRUCTURE identificó 13 grupos (Figuras 14 y 15) con el parámetro  $\Delta K$  de Evanno (Figura 16, Tabla 6).

Una revisión de estos grupos da cuenta de que se produce una mezcla de especies diferentes, que en algunos casos incluyen especies cuya área de distribución no se solapa (*Phoenix canariensis* y *Phoenix reclinata*). Este problema ha sido detectado en otros estudios, cuando se produce la misma situación que el caso que nos ocupa: muestreo desigual (por ejemplo, 2 muestras de *Phoenix caespitosa* y 268 de *Phoenix dactylifera*) y de poblaciones de fuentes muy variadas (Kalinowski, 2011; Puechmaille, 2016). Es por ello que se decidió optar por dos análisis separados: uno que tuviera en cuenta sólo palmera datilera de distintos orígenes y otro para el resto de táxones.

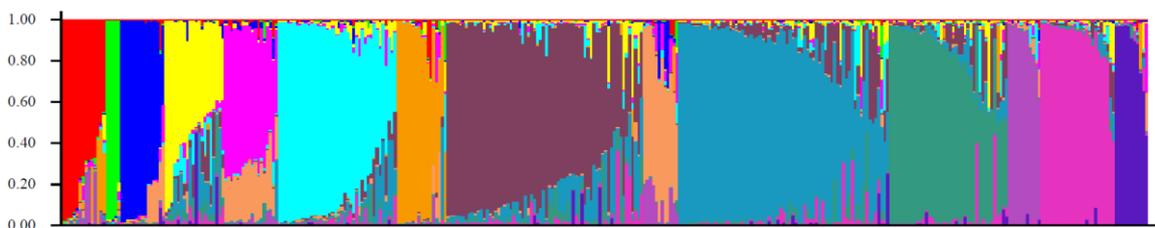


Figura 14. Heterogeneidad de los grupos generados por Structure para Phoenix

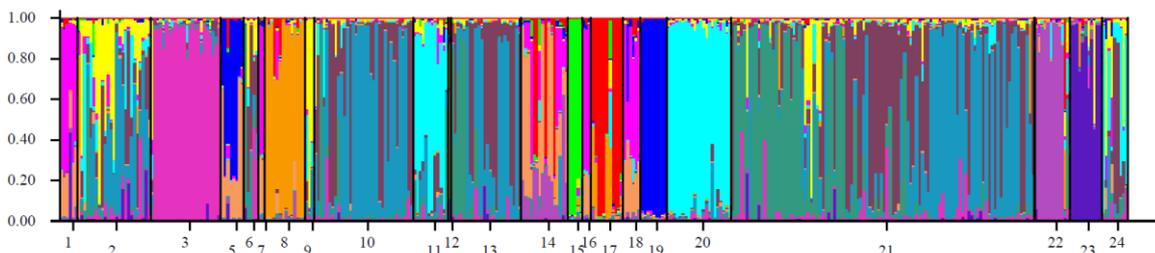


Figura 15. Representación de los grupos de Structure en las categorías "a priori"

POP GROUP (Grupo Población): 1, Phoenix acaulis; 2, Phoenix dactylifera N Africa; 3, Phoenix dactylifera Baja California; 5, Phoenix arabica; 6, Phoenix atlantica; 7, Phoenix caespitosa; 8, Phoenix canariensis; 9, Phoenix dactylifera Egipto; 10, Phoenix dactylifera Elche y su entorno; 11, Phoenix dactylifera Etiopía; 12, Phoenix abyssinica; 13, Phoenix iberica; 14, Phoenix loureiroi agregado; 15, Phoenix paludosa; 16, Phoenix pusilla; 17, Phoenix reclinata; 18, Phoenix roebelenii; 19, Phoenix rupicola; 20, Phoenix dactylifera Socotra, Arabia y aledaños; 21, Phoenix dactylifera Resto de España; 22, Phoenix sylvestris; 23, Phoenix theophrasti; 24, Phoenix dactylifera Iraq.

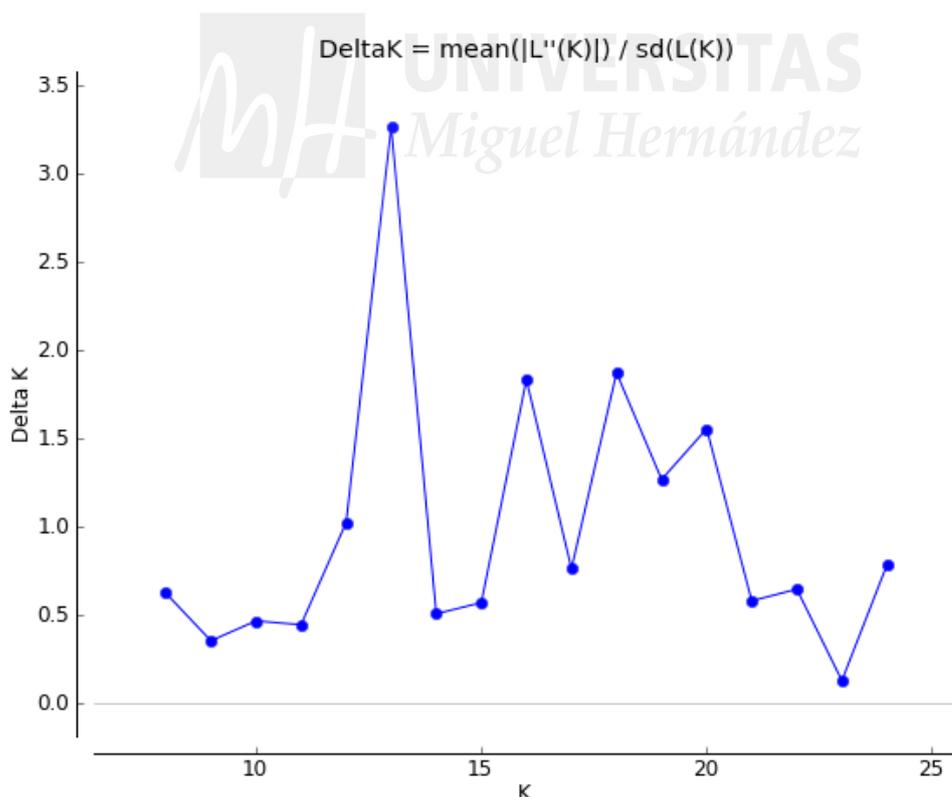


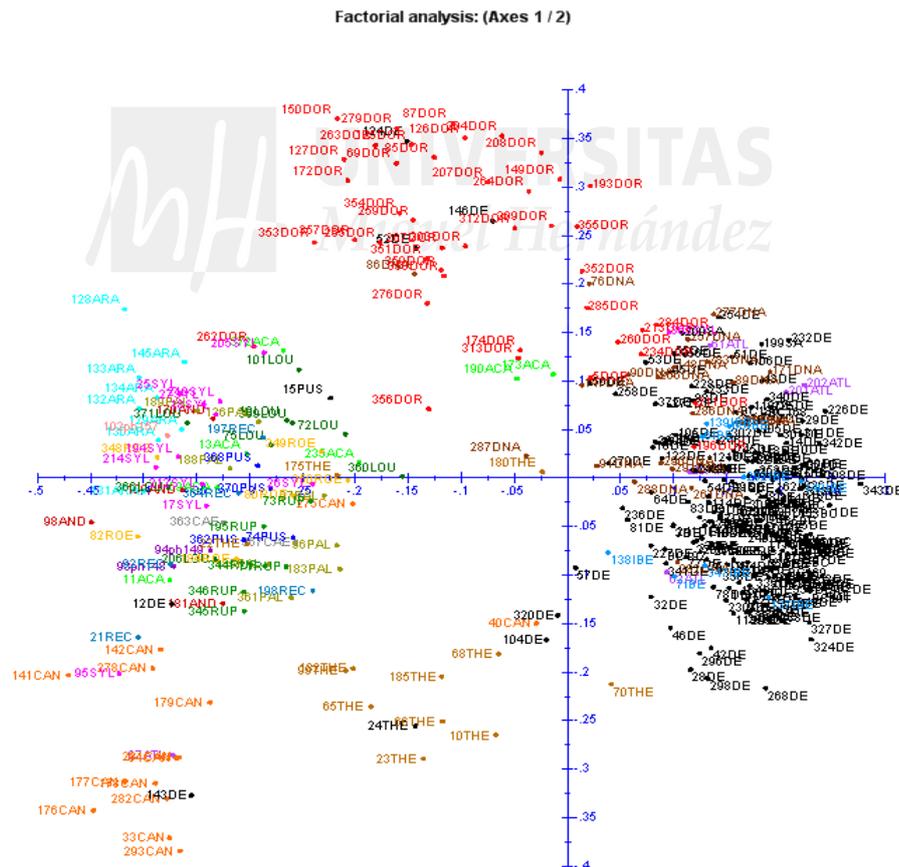
Figura 16. Representación del parámetro  $\Delta K$  de Evanno

Tabla 6. Cálculo del parámetro  $\Delta K$  de Evanno para el valor óptimo de  $K$

**Códigos:** K. posibles grupos; Reps, número de réplicas; Media LnP(K), valor medio del logaritmo de la probabilidad de K; Stdev LnP(K) desviación estándar del logaritmo de la probabilidad de K; Ln'(K), tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Ln''(K) valor absoluto del segundo orden de la tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Delta K, valor del parámetro de Evanno.

K	Reps	Media LnP(K)	Stdev LnP(K)	Ln'(K)	Ln''(K)	Delta K
7	10	-19824.3000	182.1886	NA	NA	NA
8	10	-19505.2200	411.3245	319.080000	254.470000	0.618660
9	10	-19440.6100	602.0191	64.610000	209.910000	0.348677
10	10	-19166.0900	540.1945	274.520000	249.120000	0.461167
11	10	-19140.6900	1050.4334	25.400000	461.690000	0.439523
12	10	-19576.9800	1156.7686	-436.290000	1177.440000	1.017870
13	10	-18835.8300	720.6415	741.150000	2350.610000	3.261830
14	10	-20445.2900	3009.9138	-1609.460000	1509.610000	0.501546
15	10	-20545.1400	2097.3827	-99.850000	1184.180000	0.564599
16	10	-19460.8100	1714.1036	1084.330000	3133.360000	1.827988
17	10	-21509.8400	4149.7493	-2049.030000	3142.490000	0.757272
18	10	-20416.3800	2552.8859	1093.460000	4766.860000	1.867244
19	10	-24089.7800	5143.5840	-3673.400000	6494.930000	1.262725
20	10	-21268.2500	3639.2793	2821.530000	5641.060000	1.550049
21	10	-24087.7800	6121.6450	-2819.530000	3516.950000	0.574511
22	10	-23390.3600	5284.0088	697.420000	3386.500000	0.640896
23	10	-26079.4400	8451.7767	-2689.080000	1038.050000	0.122820
24	10	-29806.5700	7858.8440	-3727.130000	6121.875000	0.778979
25	4	-39655.5750	14160.8500	-9849.005000	NA	NA

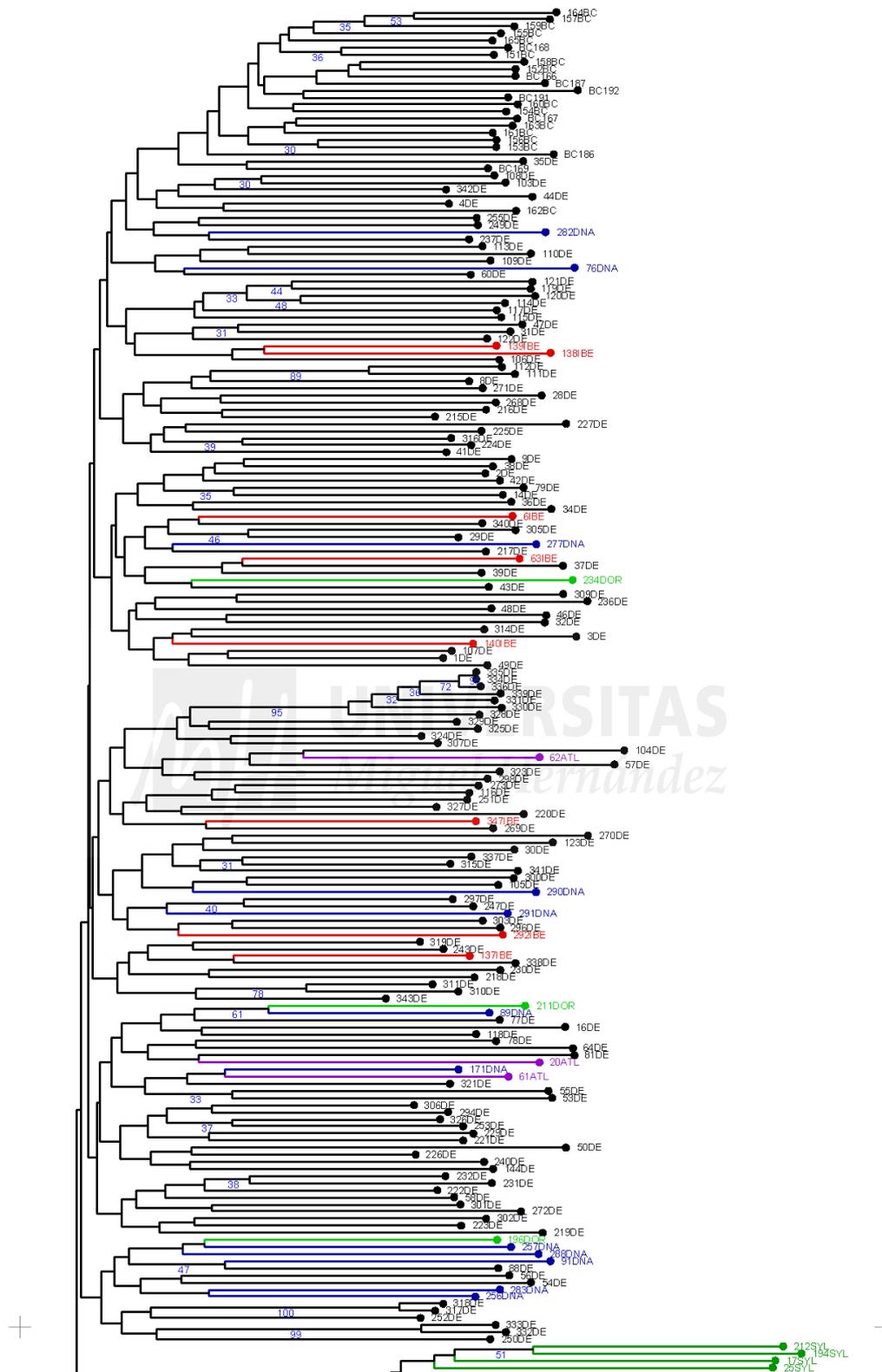
El PCA produjo el gráfico mostrado en la Figura 17.



**Figura 17.** PCoA para el conjunto de las muestras.

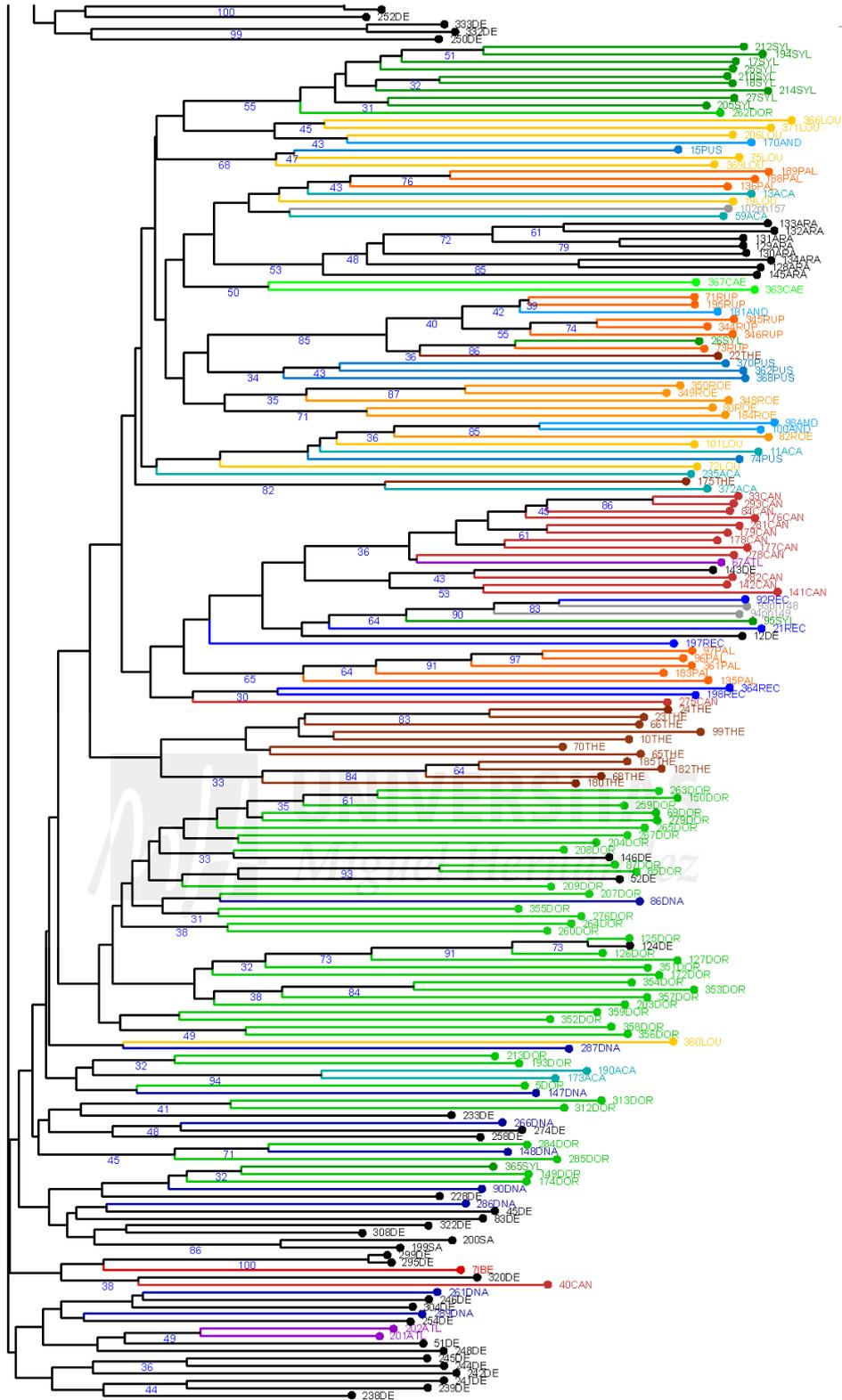
**Códigos. Grupos:** Rojo (DOR), datilera asiática. Negro (DE), datilera española. Azul claro (ARA), *P. arabica*. Azul oscuro (PUS), *P. pusilla*. Azul celeste (IBE), *P. iberica*. Azul (REC), *P. reclinata*. Marrón (DNA), datilera del Norte de África. Marrón (THE), *P. theophrasti*. Verde claro (ACA), *P. acaulis*. Verde (LOU), *P. loureiroi*. Verde (CAE), *P. caespitosa*. Magenta (ATL) *P. atlantica*. Magenta (SYL), *P. sylvestris*. Amarillo (ROE), *P. roebelenii*. Amarillo (PAL), *P. paludosa*. Individuos: columna 2, Tabla 2.

El agrupamiento jerárquico mediante NJ arrojó el gráfico mostrado en las Figuras 18 y 19.



**Figura 18.** Árbol NJ para el conjunto de las muestras. Primera parte

Abreviaturas: NJ, vecino más próximo. Grupos: Negro (DE), datilera española y (BC) de Baja California. Rojo (IBE), *P. iberica*. Azul (DNA), datilera del Norte de África. Lila (ATL) *P. atlantica*. Verde (SYL), *P. sylvestris*. Verde brillante (DOR) *P. dactylifera* Asia. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2.



**Figura 19.** *Árbol NJ para el conjunto de las muestras. Segunda parte*

Abreviaturas: NJ, vecino más proximo. Grupos: Negro (DE) datilera española, (SA) *P. dactylidera* Socotra Group y (ARA) *P. arabica*. Rojo (IBE), *P. iberica*. Azul (DNA), datilera del Norte de África. Lila (ATL) *P. atlantica*. Azul celeste (AND), *P. andamanensis*. Azul oscuro (PUS), *P. pusilla*. Azul (REC), *P. reclinata*. Marrón oscuro (THE), *P. theophrasti*. Verde-mar (ACA), *P. acaulis*. Naranja claro (LOU), *P. loureirol*. Naranja oscuro (PAL) *P. paludosa*. Rojo brillante (RUP), *P. rupicola*. Rojo oscuro (CAN), *P. canariensis*. Verde neón (CAE), *P. caespitosa*. Naranja (ROE), *P. roebelenii*. Verde (SYL), *P. sylvestris*. Verde brillante (DOR) *P. dactylifera* Asia, *P. roebelenii*. Gris: especie no asignada. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2.

Las muestras se dividen en tres grupos, si bien con bajo soporte: el grupo 1, que incluye la mayoría de las muestras de *Phoenix dactylifera* procedentes de España, las muestras etiquetadas como *Phoenix iberica*, salvo una (ph022) y , *Phoenix atlantica*, junto a muestras originarias del Norte de África y Mediterráneo Oriental; grupo 2, que incluye algunas muestras españolas, una muestra de Argelia y otra de Mali, así como dos muestras de *Phoenix atlantica*; y grupo 3, que comprende la mayoría de las muestras de *Phoenix dactylifera* de origen asiático y resto de especies del género, incluídas aquellas etiquetadas como *Phoenix arabica*, procedentes de Djebel Bura, Yemen.

Cabe destacar la separación entre las muestras correspondientes a *Phoenix iberica*, incluídas en los grupos 1 y 2 de *Phoenix theophrasti*, de la que se había considerado que podría ser una vicariante, debido a la similitud en algunos caracteres morfológicos (troncos robustos, fruto de pequeño tamaño). Los resultados obtenidos aquí, tanto con marcadores nucleares como la presencia de un minisatélite específico en *P. theophrasti* permite descartar esta hipótesis.

Una de las accesiones utilizadas en el presente trabajo, ph113 (ATL67 en el gráfico) se agrupa con las muestras correspondientes a *Phoenix canariensis* H. Wildpret y en efecto, presenta un alelo para el marcador plastidial CpfM de 269 bp, que se correspondería con la repetición del motivo del minisatélite 5 veces (Ballardini et al, 2013), característico de *Phoenix canariensis*. Esta muestra procede del Vivero Palmaris, constituyendo un caso de mal etiquetado en origen, puesto que la comercializaron como *Phoenix atlantica*. El mal etiquetado en vivero es un problema frecuente detectado en plantas ornamentales, como *Hydrangea* (Rinehart y Reed, 2006) o el agracejo japonés *Berberis thunbergii* DC (Obae et al., 2013).

Un caso similar corresponde a las accesiones ph254 y ph271 (ACA173 y ACA190 en el gráfico), etiquetadas como *Phoenix acaulis*, procedentes del Repositorio de Germoplasma de Citrus y Phoenix, en Riverside, que se agrupan con ejemplares de palmera datilera; el examen del haplotipo revela la presencia de un fragmento de 257 bp, correspondiente al clorotipo oriental, por lo que tendríamos un nuevo caso de mal etiquetado. La muestra ph271 en realidad corresponde a la variedad Barhee, mientras que el otro caso no está aclarado aún. Las colecciones de germoplasma no son ajenas a los errores en etiquetado, por lo que precisan realizar el genotipado de sus accesiones, como es el caso de la colección de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Trinidad (Turnbull et al., 2003), olivo en Túnez (Fendri et al., 2010) o vid (Pellerone et al., 2001). El Repositorio de Germoplasma de Riverside está inmerso en este proceso, ya completado para las accesiones de *Citrus* (Barkley et al., 2006) y en marcha para las accesiones de *Phoenix*.

Un caso similar ocurre con ph261 (THE180 en el gráfico), que se adquirió a Palmiye Merkesi como *Phoenix theophrasti*, supuestamente procedente de Turquía, pero que se alinea cerca de muestras de palmera datilera. Presenta el haplotipo típico del grupo oriental de *Phoenix dactylifera*, tratándose por tanto de un nuevo caso de mal etiquetado, que corresponde a un ejemplo de hibridación entre *Phoenix dactylifera* y *Phoenix theophrasti*.

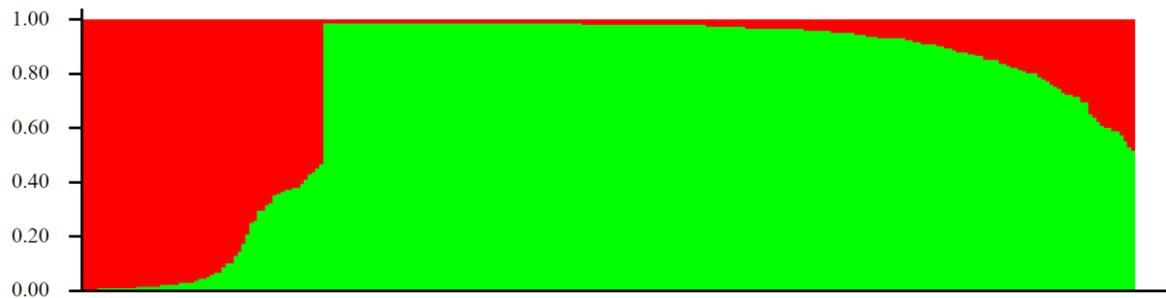
La muestra ph157, cuya identificación a la entrada en la Colección Nacional de *Phoenix* era dudosa, entre *Phoenix caespitosa*, *P. acaulis* o *P. pusilla*, se asocia con muestras de palmera datilera; la presencia del haplotipo de 245 bp descarta que se trate de las otras opciones.

El examen de los datos anteriores, junto a la evidencia que representa el haplotipo del minisatélite CpfM permitió reconocer otros errores en el genotipado, entre ellos ph032 (*P. dactylifera*, anteriormente *P. acaulis*) y ph200 (*Phoenix canariensis*, anteriormente *Phoenix dactylifera*), ph033 (*Phoenix reclinata*, anterioremente *P. dactylifera*) además de los casos mencionados anteriormente. Se corrigió su asignación y se tuvo en cuenta para los análisis posteriores.

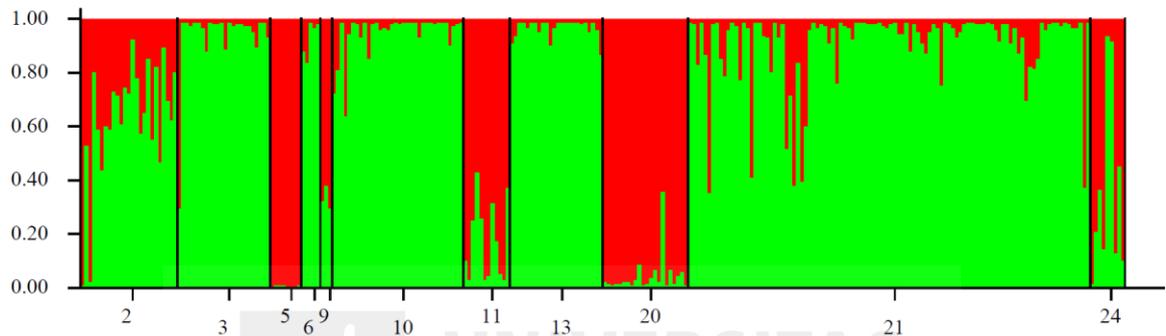
#### 4.4 Estructura genética en *Phoenix dactylifera* L.

El análisis del conjunto de datos agrupó en todos los casos las muestras etiquetadas como *Phoenix atlantica* como parte del conjunto de *Phoenix dactylifera*. No hemos detectado un desplazamiento en el rango de longitud de fragmentos para microsátélites, como el que se describe en Henderson et al. (2006), por lo que los hemos considerado como ejemplares de palmera datilera y, por lo tanto, se incluyeron en este subanálisis, a excepción de ph113, que, como se ha indicado anteriormente, presenta el haplotipo correspondiente a *Phoenix canariensis* y se ha incorporado al otro subanálisis. De los ejemplares presentes en la Colección Nacional de *Phoenix*, sólo se han analizado 6, por lo que sería conveniente analizar el resto de muestras para verificar si son todas ejemplares de *Phoenix dactylifera*, *Phoenix atlantica* o híbridos de ambas y verificar que esta especie está adecuadamente representada.

El análisis con STRUCTURE produjo un agrupamiento en dos subpoblaciones (Figuras 20 y 21), basado en el parámetro  $\Delta K$  de Evanno (Figura 22; Tabla 7).

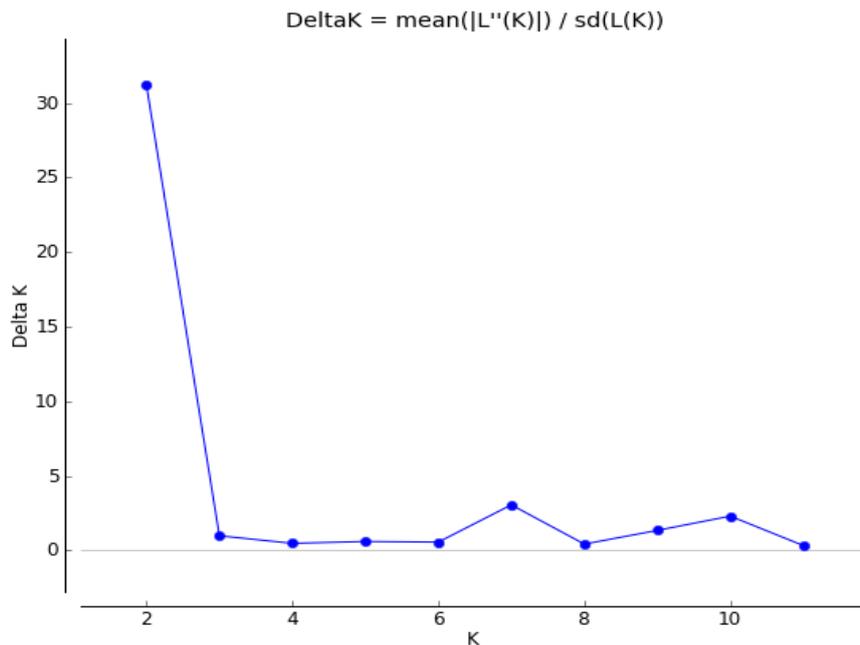


**Figura 20.** *Heterogeneidad de los grupos de Structure para Phoenix dactylifera*



**Figura 21.** *Representación de los grupos de Structure en los "POP GROUPS"*

**POP GROUP** (Grupo Población): **2**, Phoenix dactylifera N Africa; **3**, Phoenix dactylifera Baja California; **5**, Phoenix arabica; **6**, Phoenix atlantica; **9**, Phoenix dactylifera Egipto; **10**, Phoenix dactylifera Elche y su entorno; **11**, Phoenix dactylifera Etiopía; **13**, Phoenix iberica; **20**, Phoenix dactylifera Socotra, Arabia y aledaños; **21**, Phoenix dactylifera Resto de España; **24**, Phoenix dactylifera Iraq.



**Figura 22.** *Parámetro de Evanno para el conjunto de Phoenix dactylifera*

Tabla 7. **Cálculo del parámetro de Evanno para el valor óptimo de K.**

**Códigos:** K, posibles grupos; Reps, número de réplicas; Media LnP(K), valor medio del logaritmo de la probabilidad de K; Stdev LnP(K) desviación estándar del logaritmo de la probabilidad de K; Ln'(K), tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Ln''(K) valor absoluto del segundo orden de la tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Delta K, valor del parámetro de Evanno.

K	Reps	Media LnP(K)	Stdev LnP(K)	Ln'(K)	Ln''(K)	Delta K
1	10	-15594.03	1.9316	NA	NA	NA
2	10	-14606.68	19.6865	987.35	614.39	31.208735
3	10	-14233.72	73.4884	372.96	72.33	0.984237
4	10	-13933.09	93.3807	300.63	44.59	0.477508
5	10	-13677.05	276.6684	256.04	166.14	0.600502
6	10	-13587.15	165.2561	89.9	92.47	0.559556
7	10	-13404.78	74.4138	182.37	227.24	3.053733
8	10	-13449.65	130.0549	-44.87	55.5	0.426743
9	10	-13550.02	216.5047	-100.37	290.86	1.343435
10	10	-13359.53	108.7744	190.49	250.24	2.300541
11	10	-13419.28	293.1552	-59.75	96.64	0.329655
12	10	-13382.39	198.3345	36.89	NA	NA

Este resultado es consistente con los hallados en estudios anteriores (Al-Dous *et al.*, 2011; Arabnezhad *et al.*, 2012; Zehdi *et al.*, 2015), en los que no se incluyeron muestras recogidas en España, donde se identifican dos núcleos de domesticación en la especie: uno oriental, que incluye Asia, y uno Occidental, que abarca el Norte de África. Esta pauta también se revela en el análisis del minisatélite CpfM, con un haplotipo occidental, representado por un fragmento de 242 pares de bases (bp) y otro oriental, de 254 bp (Zehdi *et al.*, 2015), si bien el oriental se presenta también en el Norte de África, en proporción descendiente en dirección oeste.

En ambos grupos detectados por STRUCTURE se encuentran individuos que se consideran mezcla de ambos a nivel nuclear. La proporción de esta mezcla es variable, aunque cabe destacar algunos casos, en que el porcentaje de mezcla ronda aproximadamente el 50%, como muestras de Etiopía (ph464) y Egipto (ph406), y muestras del Norte de África (ph125, procedente de Marruecos, así como ph373 y ph378 de Mali) y España (ph037, de Abanilla; ph091, de Playazo de Rodalquilar, ph098, de Los Escullos y ph413, de Denia). Las muestras ph464 y ph406 presentan el haplotipo occidental, mientras que la muestra ph373 presenta el haplotipo oriental, siendo, por tanto, resultado de material introducido y polinizado por machos presentes en el territorio (Zehdi *et al.*, 2015). Las muestras españolas, salvo algunas que se comentarán a continuación, presentan el haplotipo occidental. Dado que la herencia plastidial es materna, el polinizador en algún momento ha sido un macho con origen en Asia Occidental. Con esta proporción de alelos de origen oriental, podría tratarse de un híbrido de primera generación, por lo que estaríamos ante un caso de introducción reciente.

La muestra ph092, de San Juan de los Terreros, está plenamente integrada en el grupo oriental, incluyendo el haplotipo plastidial. Se trata de una introducción reciente, dado que no se ha detectado mezcla con el material occidental. En efecto, este palmeral está integrado por individuos plantados entre los años 60 y 80 del siglo pasado en varias localidades costeras (Dana *et al.*, 2009), con una composición y procedencia muy diversa. De acuerdo a entrevistas realizadas en campo con palmereros de Abanilla que trabajaron en la zona, algunos de los pies utilizados en estas plantaciones tendrían su origen en Abanilla y Elche, mientras que el resto podrían ser foráneos, posiblemente de Egipto donde están presentes los dos haplotipos (Zehdi *et al.*, 2015).

Entre las muestras españolas, hay algunas que presentan el haplotipo oriental, como son ph090 (Barranco de la Loma), ph095 (Salinas de Cabo de Gata), ph158, ph159, ph160, ph162 (todas recolectadas en Ricote), ph176 (Pechina) y ph314 (Ulea). Este caso también se repite en las muestras ph207 (Marruecos) y ph208 (Libia) y posiblemente es el resultado de la actividad

antrópica que ha dado lugar a la diseminación de dicho haplotipo en el Norte de África (Zehdi *et al.*, 2015) y España.

Dada la escasa presencia del haplotipo oriental entre las muestras españolas en este estudio, la hipótesis de que la palmera datilera fue introducida en la Península Ibérica por los fenicios desde Oriente Medio es poco probable, si bien no descarta que introdujeran germoplasma norteafricano.

Entre las muestras españolas, aunque están integradas en el grupo occidental a nivel de marcadores nucleares, las muestras ph090 y ph314 presentan algo más de un 25% de composición oriental, de acuerdo a la asignación realizada por STRUCTURE, por lo que podría tratarse ante un caso de captura cloroplástica en curso, similar al reportado en palmerales de Mauritania y Argelia (Zehdi *et al.*, 2015): el material original se introdujo desde Asia, ha sido polinizado por machos del pool occidental y, a lo largo de unas pocas generaciones de propagación por semilla, el componente oriental se ha ido diluyendo. Teniendo en cuenta que el Catastro del Marqués de la Ensenada, realizado a mediados del siglo XVIII no cita cultivos formales de palmeras en los municipios de Ricote, Ulea, Ojós o Archena, la incorporación de la palmera datilera al paisaje de la Vega Media del Segura podría haber sido posterior a esta fecha. En concreto, el Palmeral de la Marquesa, del que se recolectó la muestra ph314, fue establecido en 1869, a partir de un antiguo viñedo descepaado para la siembra de árboles y arbustos, tanto frutales como ornamentales, algunas de ellas tropicales (Medina, 1990), lo cual sería coherente con el modelo propuesto. Aunque el Catastro del Marqués de la Ensenada es una fuente importante de datos sobre cultivos en España en el siglo XVIII, se han registrado discrepancias en algunos municipios entre lo declarado en esta obra y la superficie real (Gómez y Cebrián, 1987), por lo que las muestras de Ricote, que presentan el haplotipo oriental (ph158, ph159, ph160 y ph162), pero que presentan un porcentaje inferior al 25% de alelos del pool oriental de palmera datilera, no necesariamente serían coetáneas o posteriores al establecimiento del Palmeral de la Marquesa, sino que podría tratarse de plantaciones anteriores. La revisión del archivo histórico de esta localidad, así como el Archivo General de la Región de Murcia, podrían aportar datos sobre las plantaciones de palmeras en esta zona, de forma análoga a la información expuesta en el archivo histórico de Archena.

Las muestras recogidas en Lima, Perú (ph280 y ph281) están integradas en el grupo oriental, presentando además el haplotipo característico de esta zona, por lo que podemos trazar su introducción a material asiático.

Las muestras anteriormente etiquetadas como *Phoenix atlantica* se alinean con el resto de muestras del grupo Occidental, pudiendo ser el resultado de introducción de material de la Península Ibérica o del Norte de África, posiblemente por los portugueses.

El análisis del n.º total de alelos (N), n.º de alelos diferentes (N<sub>z</sub>), n.º efectivo de alelos por locus (N<sub>e</sub>), número de alelos privados (N<sub>ap</sub>), heterocigosidad esperada (H<sub>e</sub>) y observada (H<sub>o</sub>) para los dos grupos arrojó los resultados recogidos en la Tabla 8.

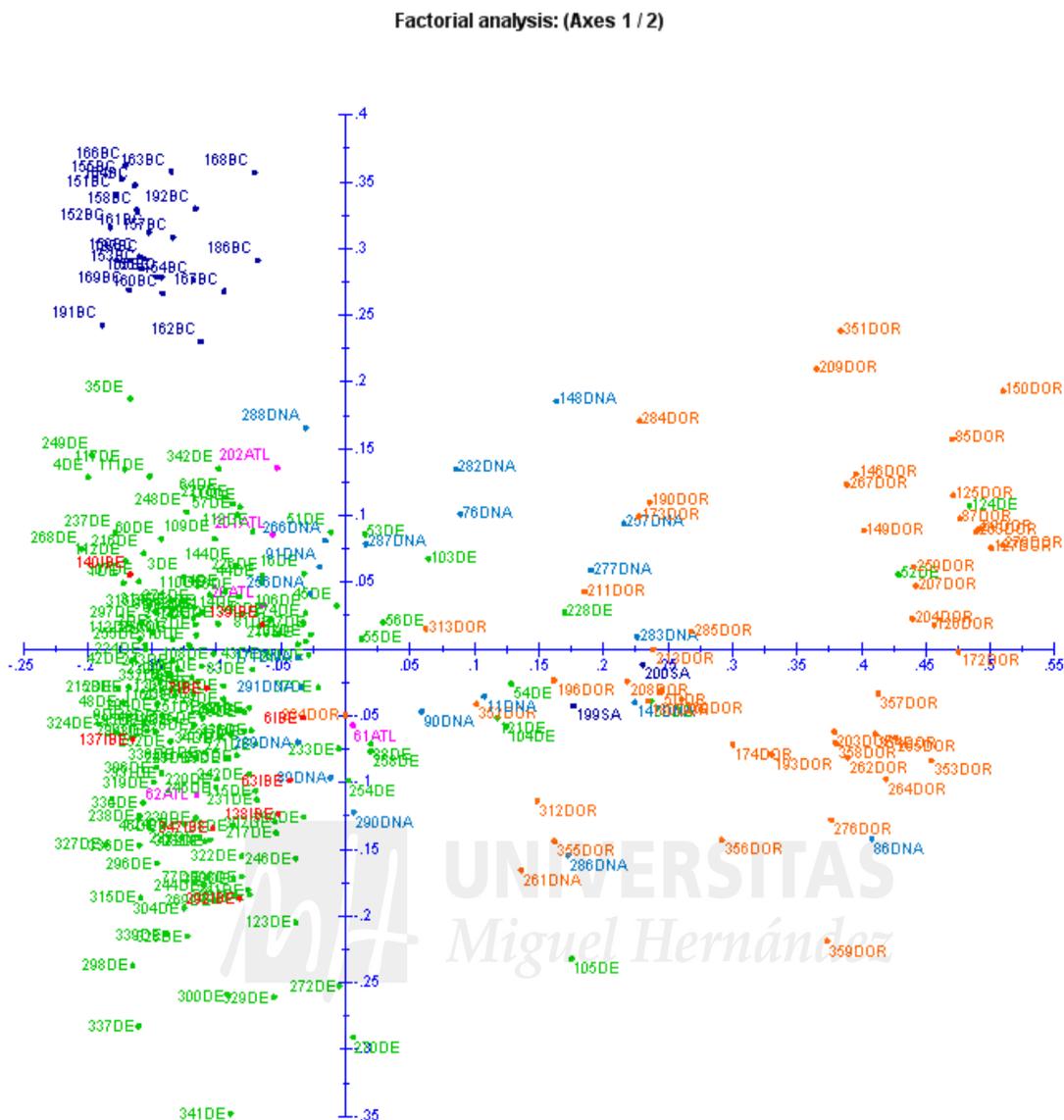
Tabla 8. **Datos poblacionales para los dos grupos reconocidos**

**Códigos:** Pop. (Grupo población), N, n.º de alelos, N<sub>e</sub>, n.º alelos efectivos, N<sub>ap</sub>, n.º de alelos privados, H<sub>o</sub>, heterocigosidad observada y H<sub>e</sub> heterocigosidad esperada.

Pop		N	Na	Ne	Ho	He	Nap
Grupo 1	Media	58.133	15.600	7.651	0.655	0.857	60.000
	SE	1.437	0.815	0.590	0.024	0.012	
Grupo 2	Media	202.200	14.400	4.517	0.615	0.742	52.000
	SE	1.184	1.103	0.439	0.035	0.029	

La heterocigosidad esperada en el grupo 1 (clado oriental) es superior a la del grupo 2 (occidental), incluso teniendo en cuenta la menor disponibilidad de material de aquella área geográfica y a que varias muestras proceden de una única localidad (7 muestras de Makalle, por ejemplo), aunque el rango geográfico es más amplio. El 'peso' del conjunto de las muestras españolas podría estar tras esta aparente falta de diversidad en el conjunto de las muestras procedentes del Mediterráneo occidental.

El análisis de coordenadas principales produjo el gráfico mostrado en la Figura23.



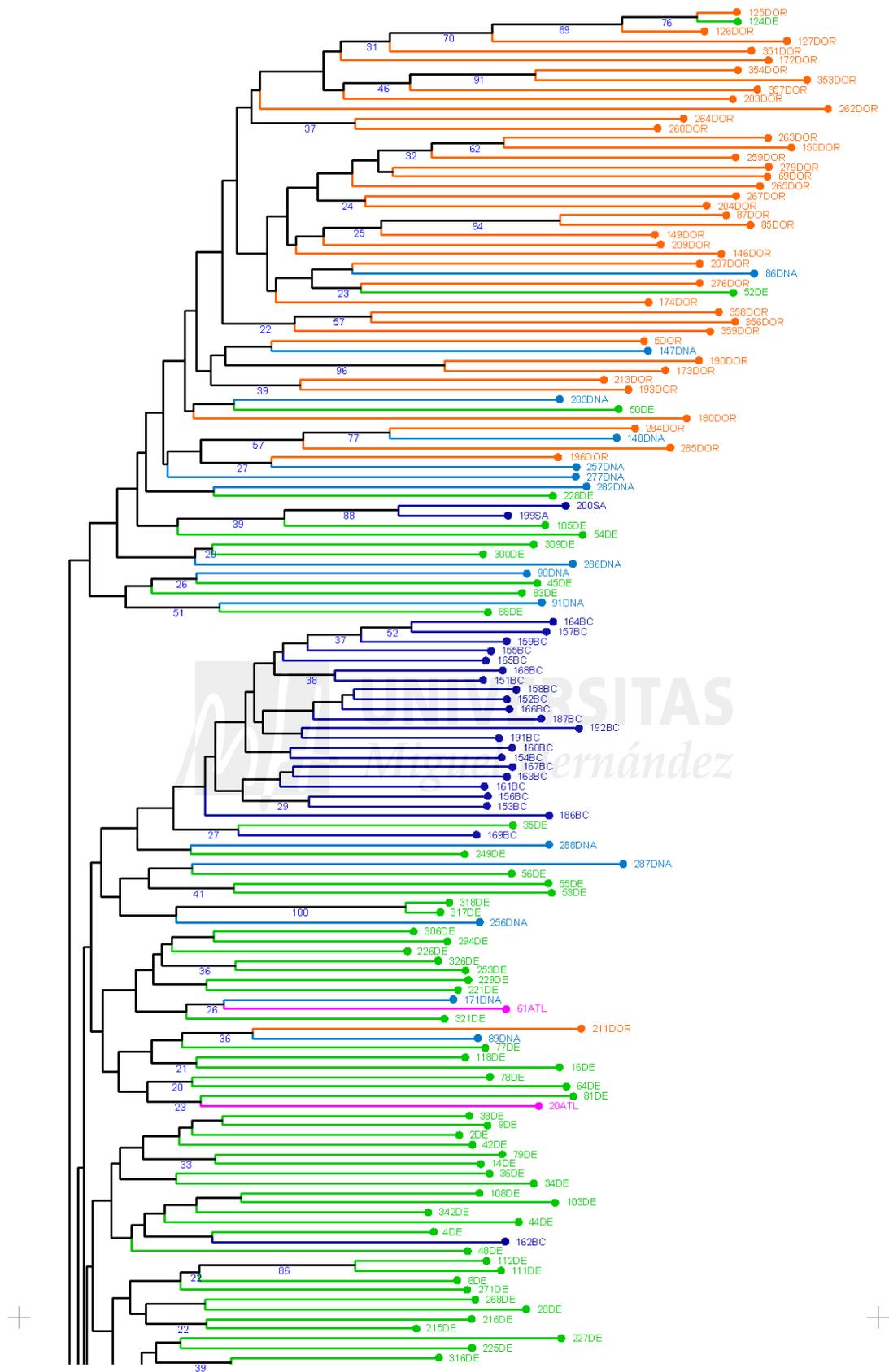
**Figura 23. Resultados PcoA para *Phoenix dactylifera***

Análisis de coordenadas principales para el conjunto de muestras de *Phoenix dactylifera*. Códigos y abreviaturas para los grupos: Verde (DE), datilera española, Azul (DNA), datilera Norte de África. Azul oscuro (SA), datilera de suramérica. Rojo (IBE), *P. iberica*. Magenta (ATL), *P. atlantica*. Marrón (DOR), datilera oriental. Azul muy oscuro (BC), datilera de Baja California. Códigos de individuos: column 2, Tabla 2.

Las muestras se disponen a lo largo del eje horizontal de una forma equivalente a la dirección oeste-este, reproduciendo el esquema del análisis anterior.

La mayoría de las muestras etiquetadas inicialmente como *Phoenix atlantica* se agrupan con muestras de la Península y Norte de África, por lo que la introducción de material foráneo podría proceder de distintas localidades. Las muestras con etiqueta DE corresponden a las comentadas anteriormente.

El agrupamiento jerárquico mediante NJ produjo el gráfico mostrado en las Figuras 24 y 25



**Figura 24.** Agrupamiento jerárquico mediante NJ para *P. dactylifera*. Primera parte.  
 Abreviaturas: NJ, vecino más proximo. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2.

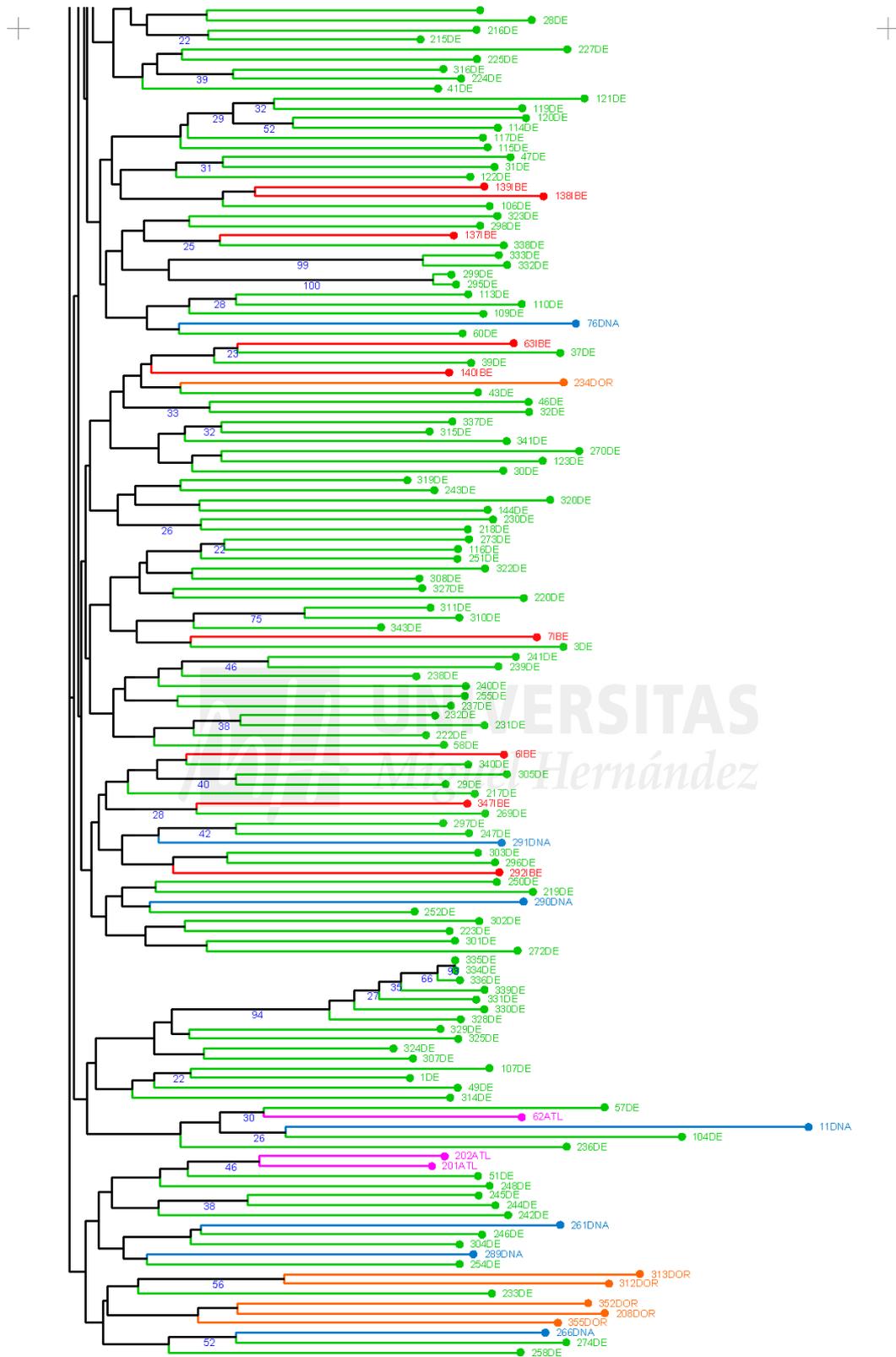


Figura 25. Agrupamiento jerárquico con NJ para *P. dactylifera*. Segunda parte

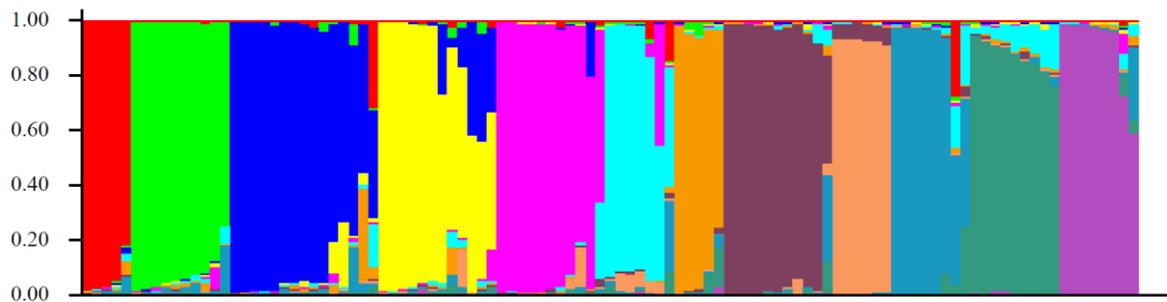
Abreviaturas: NJ, vecino más próximo. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2.

El examen de los anteriores análisis permite reconocer la integración de material tanto de Oriente Medio, ya mencionado anteriormente, como de material del Norte de África en el material peninsular.

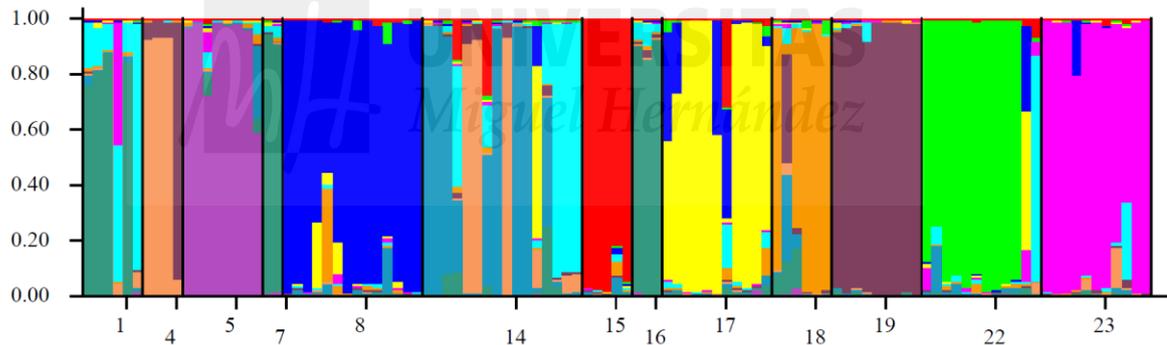
Un caso particular lo constituyen las muestras procedentes de varias misiones sitas en Baja California, que forman un grupo compacto dentro del conjunto de muestras de palmera datilera del pool occidental. La muestra más cercana es 35DE, que se corresponde con ph063, recolectada en la Rambla de la Parra, Abanilla, si bien el soporte para estos resultados es bajo. Las muestras, por tanto, pertenecen al pool occidental de *Phoenix dactylifera*, pero su procedencia es desconocida.

#### 4.5 Estructura de *Phoenix*, excluyendo *P. dactylifera*

El análisis con STRUCTURE produjo un agrupamiento en 12 subpoblaciones (Figuras 26 y 27), basado en el parámetro  $\Delta K$  de Evanno (Figura 28; Tabla 9).



**Figura 26.** Heterogeneidad de los grupos generados por Structure sin *P. dactylifera*



**Figura 27.** Representación de los grupos de Structure en los "POP GROUPS"

**POP GROUP** (Grupo Población): **1**, *Phoenix acaulis*; **2**, *Phoenix dactylifera* N Africa; **4**, *Phoenix andamanensis*; **5**, *Phoenix arabica*; **7**, *Phoenix caespitosa*; **8**, *Phoenix canariensis*; **14**, *Phoenix loureiroi* agregado; **15**, *Phoenix paludosa*; **16**, *Phoenix pusilla*; **17**, *Phoenix reclinata*; **18**, *Phoenix roebelenii*; **19**, *Phoenix rupicola*; **22**, *Phoenix sylvestris*; **23**, *Phoenix theophrasti*.

Algunas muestras se consideraron mezcla de varios grupos (Figuras 26 y 27).

STRUCTURE reconoce 3 grupos dentro de *P. loureiroi*, que parecen estar asociados a su procedencia geográfica: uno, que engloba mayoritariamente a muestras del subcontinente Indio, que se corresponde con *P. loureiroi* var. *pedunculata*; un segundo grupo con muestras de Hong Kong y Taiwan (*P. loureiroi* var. *hanceana*); en el que se incluyen también muestras etiquetadas como *P. andamanensis*, cuya asignación como tal es dudosa; y un tercer grupo, que incluye muestras de Tailandia y región Nororiental de la India, así como ejemplares cultivados en el Huerto del Cura de Elche.

Las muestras de *P. caespitosa* se agrupan con *P. pusilla*; dado que su área de distribución no se solapa, esta agrupación se debe a las limitaciones del modelo con mezcla empleado en el análisis. Si bien algunas especies comparten área de distribución y podríamos considerar que forman una única 'población', esto no es cierto para el conjunto del género y puede conducir a artefactos, como

sería este caso. Aunque el software permite elegir el tipo de modelo (con mezcla o sin mezcla), no permite adjudicarlo de forma simultánea haciendo una matriz por especies, por lo que los grupos creados no siempre son enteramente realistas.

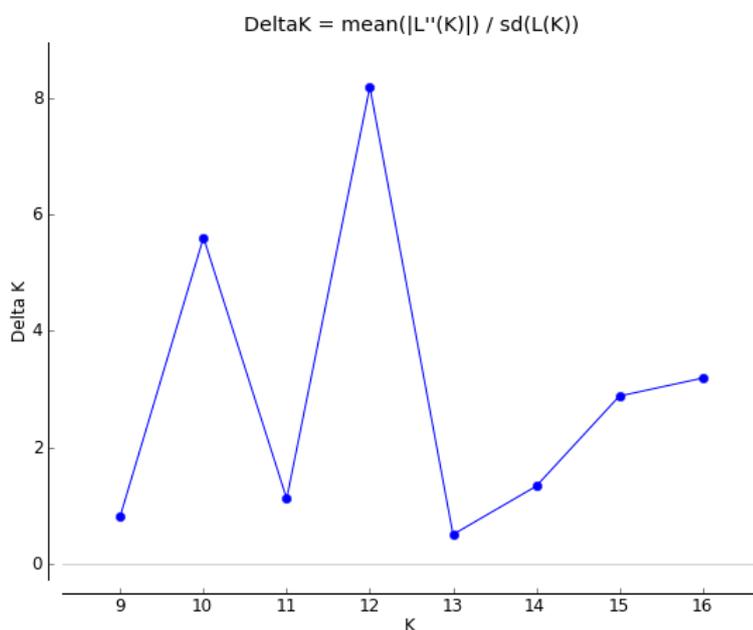


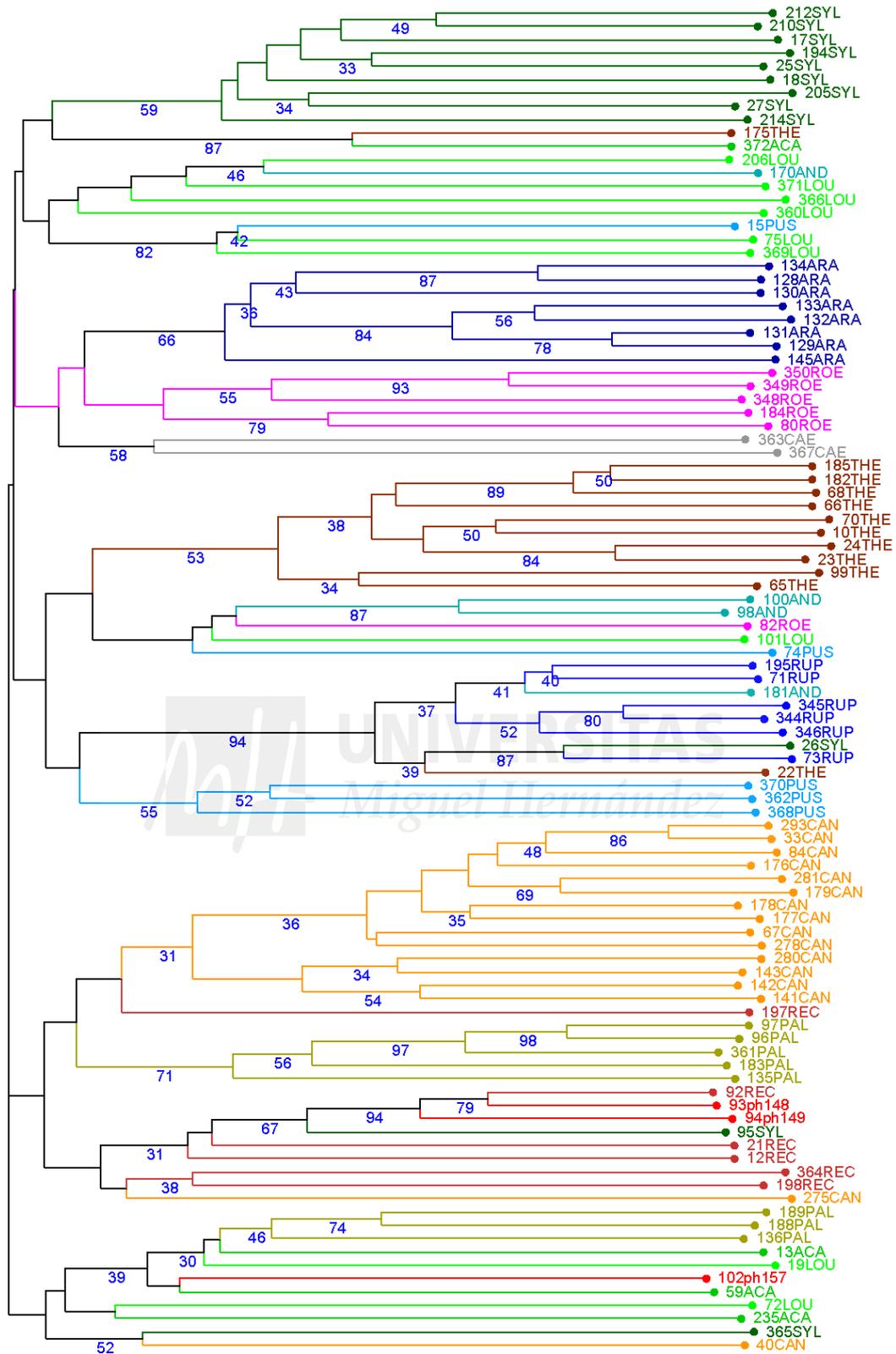
Figura 28. *Parámetro de Evanno para estimación del valor óptimo de K*

Tabla 9. *Cálculo del parámetro ΔK para el conjunto de Phoenix*

**Códigos:** K, posibles grupos; Repls, número de réplicas; Media LnP(K), valor medio del logaritmo de la probabilidad de K; Stdev LnP(K) desviación estándar del logaritmo de la probabilidad de K; Ln'(K), tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Ln''(K) valor absoluto del segundo orden de la tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Delta K, valor del parámetro de Evanno.

K	Repls	Mean LnP(K)	Stdev LnP(K)	Ln'(K)	Ln''(K)	Delta K
8	10	-5564.6400	65.8181	NA	NA	NA
9	10	-5570.2800	236.3950	-5.640000	194.030000	0.820787
10	10	-5381.8900	196.2542	188.390000	1099.570000	5.602785
11	10	-6293.0700	1799.0205	-911.180000	2004.960000	1.114473
12	10	-5199.2900	272.4339	1093.780000	2231.380000	8.190537
13	10	-6336.8900	2999.7093	-1137.600000	1494.370000	0.498172
14	10	-5980.1200	1833.1191	356.770000	2435.640000	1.328686
15	10	-8058.9900	1344.0511	-2078.870000	3867.970000	2.877844
16	10	-6269.8900	802.6347	1789.100000	2557.870000	3.186842
17	10	-7038.6600	1510.9534	-768.770000	NA	NA





**Figura 30.** Agrupamiento jerárquico mediante NJ de las especies de *Phoenix*

Se excluye el conjunto ligado a *P. dactylifera*. Códigos: Azul (ARA), *P. arabica*. Azul claro (PUS), *P. pusilla*. Marrón (REC), *P. reclinata*. Marrón oscuro (THE), *P. theophrasti*. Verde claro (ACA), *P. acaulis*. Verde luminoso (LOU), *P. loureiroi*. Gris (CAE), *P. caespitosa*. Verde oscuro (SYL), *P. sylvestris*. Magenta (ROE), *P. roebelenii*. Azul oscuro (RUP), *P. rupicola*. Amarillo verdoso (PAL), *P. paludosa*. Naranja (CAN), *P. canariensis*. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2.

El examen de los análisis anteriores, junto a la evidencia aportada por el haplotipo del minisatélite CpfM, permite identificar varios errores de genotipado, que se indican a continuación.

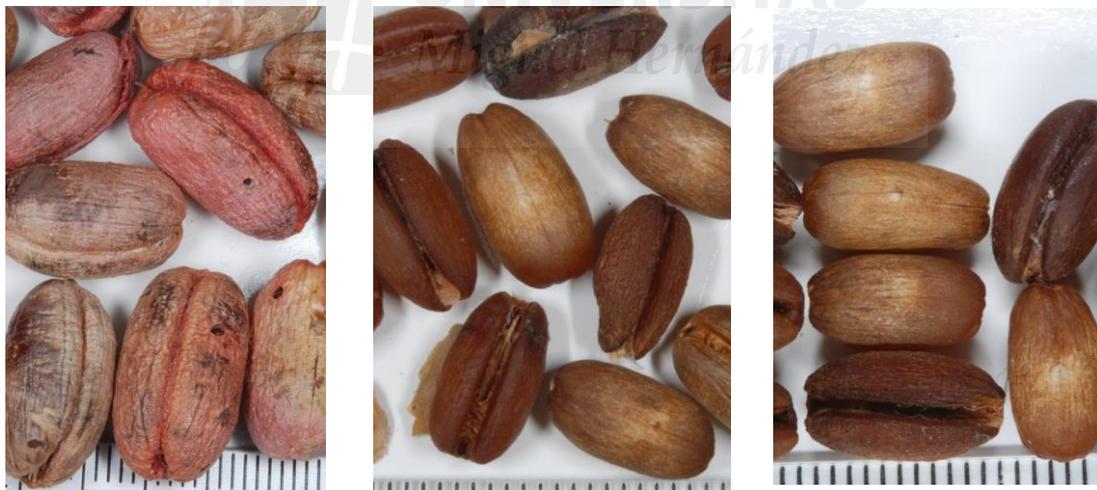
La muestra ph070 (40CAN) en el análisis global, separada de las palmeras datileras y tratada como *Phoenix canariensis* H. Wildpret, se separa del resto de muestras de este taxon. El examen del haplotipo indica que se trata del alelo típico de la palmera datilera del pool occidental, por lo que se trataría de un híbrido entre ambas especies, con madre datilera (sería lo que se ha venido denominando *Phoenix xintermedia*). Es una muestra recogida en la Ermita del Siscar, donde hay ejemplares de palmera canaria cultivada como ornamental.

La muestra ph036 (15PUS), identificada inicialmente como *Phoenix pusilla*, de Viveros Maier, se agrupa junto a las muestras correspondientes a *Phoenix loureiroi*, incluidas aquellas obtenidas del Banco de ADN de Kew, tratándose, pues, de un error de etiquetado en vivero.

La muestra ph256 (175THE), *Phoenix theophrastii*, de Viveros Palmaris y supuestamente obtenida a partir de semillas de Turquía, presenta un haplotipo con 233 bp. Los análisis anteriores muestran su afinidad con *Phoenix reclinata*.

La muestra ph048 (26SYL), *Phoenix sylvestris*, de Viveros Palmasur, se asocia con el grupo de *Phoenix rupicola*; muestra un haplotipo correspondiente a un fragmento de 281 bp de longitud, tratándose pues de un nuevo caso de mal etiquetado en vivero.

La muestra ph362 (275CAN), adquirida como *Phoenix canariensis* var. *porphyrococca*, obtenida a partir de semillas compradas a la empresa IloveSeeds y recolectadas en un parque de San Remo, corresponde en el análisis a *Phoenix reclinata*, con haplotipo equivalente a un fragmento de 233 bp de longitud. Esta identificación coincide con las observaciones realizadas sobre las semillas a su entrada a la Colección Nacional de Phoenix, que, en virtud de sus dimensiones, las asemejan a *Phoenix reclinata* (Rivera *et al.*, 2014a) y posiblemente se debe a etiquetar de forma diferente dos muestras de un mismo lote (Figura 31).



Semillas de *P. c. porphyrococca* del hospital San Juan de Dios, Valencia    Semillas de San Remo de Ilove Seeds    *P. reclinata* de IloveSeeds

**Figura 31.** Comparación de las semillas que dieron lugar a ph362

Imágenes: D.Rivera

La muestra ph136 (82ROE), *Phoenix roebelenii*, se separa del resto del grupo; posiblemente se trate de un híbrido con *P. pusilla* y requeriría secuenciación del fragmento psbZ-trnfM para su confirmación.

La muestra ph044 (22THE) (*Phoenix theophrasti*), adquirida a Viveros Palmasur, forma grupo junto a *Phoenix rupicola*, con la que comparte haplotipo. Los análisis anteriores apuntan a un caso de mal etiquetado.

La muestra ph150 (95SYL), etiquetada en vivero como un híbrido de *Phoenix sylvestris*, se agrupa con otras accesiones de *Phoenix reclinata*. Las dos comparten un haplotipo correspondiente a un fragmento de 233 bp, si bien las herramientas de análisis apuntan a que se trata del segundo caso, por lo que la secuenciación del fragmento psbZ-trnFM podría ser superflua.

Un caso curioso lo constituye la muestra ph278 (197REC), etiquetada como *Phoenix reclinata*, cedida por el Repositorio de Germoplasma de Citrus y Phoenix de Riverside, EEUU, con origen en Rwanda, que se agrupa con las accesiones de *Phoenix canariensis*. Presenta un haplotipo del tipo 2M1+5bp+1M2, comprobado en este caso mediante secuenciación de la región psbZ-trnMf (Ballardini et al., 2013). Se trata de un caso de hibridación, de madre *P. reclinata* y padre *P. canariensis*.

Las muestras correspondientes a *Phoenix andamanensis* tienen un comportamiento variado, dependiendo del vivero de origen: la accesión adquirida a ‘Para tu jardín’ (ph262, 181AND) se agrupa con las muestras de *Phoenix rupicola*, con la que comparte el haplotipo correspondiente al fragmento de 281 bp; mientras que las adquiridas a ‘Un mundo de palmeras’ (ph 152 = 98AND, ph155 = 100AND, ph250 = 170AND) presentan el haplotipo de 233 bp, entroncándose con las accesiones de *Phoenix loureiroi*, incluida la muestra procedente de Kew, siendo, pues, un caso de mal etiquetado.

En el caso de ph262, será necesario contrastar nuestros resultados con la observación de los caracteres de la semilla, en particular, el endospermo ruminado, puesto que éste es el carácter diferenciador respecto a *Phoenix rupicola*, con la que comparte una gran similitud morfológica (Barrow, 1998). Hasta el momento de la escritura de esta documentación, no se ha registrado floración, por lo que no es posible confirmar la identidad en un sentido u otro.

Un caso particular lo constituyen las muestras phk06 (*Phoenix sylvestris* 1398, 365SYL en el gráfico) y phk13 (*Phoenix acaulis* 5559, 372ACA en el gráfico), del Banco de ADN de Kew. En los análisis realizados anteriormente aparecen asignadas a la inversa de lo indicado en su etiqueta. Posiblemente se trata de un error al asignar el código de manipulación en laboratorio.

Las muestras ph193, ph269 y ph270 (136PAL, 188PAL y 189PAL respectivamente), *Phoenix paludosa*, de Europalm, comerciante internacional de semillas, se agrupan junto a otras muestras etiquetadas como *Phoenix acaulis*, incluida la muestra de Kew, y *P. loureiroi*. Sin embargo, presentan un haplotipo equivalente a un fragmento de 245 bp, por lo que se trataría de individuos a los que les corresponde la asignación *P. loureiroi*. La secuenciación del fragmento psbZ-trnFM podría aclarar esta situación, ya que ambas especies se diferencian en dos SNPs (posiciones 36607 y 36754) (Ballardini et al, 2013).

El caso de ph105 (59ACA) y ph322 (235ACA) (*Phoenix acaulis*, Viveros Maier y Huerto del Cura, respectivamente) y ph118 (72 LOU, *Phoenix loureiroi*) es similar al anterior, ya que presentan el haplotipo correspondiente a un fragmento de 245 bp. La observación de las características morfológicas del ejemplar de *Phoenix acaulis* sita en el Huerto del Cura no coincide con las pautas asociadas a esta especie, lo que contribuye a confirmar la hipótesis de que se trata de un híbrido con *P. loureiroi* (Lámina 3).

Las muestras etiquetadas como *P. arabica* forman un grupo coherente, independientemente de que tengan el haplotipo 257 bp, típico de la palmera datilera del pool oriental, ó 264, bp, exclusivo de algunas de estas muestras. Hasta la fecha, no se dispone de estudios de diversidad genética entre las variedades cultivadas en Yemen (Ba-Angood, 2015), por lo que no podemos comparar nuestras accesiones con los datos disponibles para esta área. Los frutos recolectados en estos individuos son de pequeño tamaño, menores que los de *P. theophrasti* y *P. canariensis* (Rivera et al., 2014a), lo que ha llevado a algunos autores a identificar palmeras con dátiles de pequeñas dimensiones recolectadas en la Península Arábiga como *P. reclinata* que, sin embargo, podrían estar relacionadas con estas muestras (Alfarhan, 2005).

En la tabla 10 se aportan los datos sobre n.º de alelos (N), n.º alelos efectivos ( $N_e$ ), n.º de alelos privados ( $N_{ap}$ ), heterocigosidad observada ( $H_o$ ) y esperada ( $H_e$ ).

Tabla 10. **Parámetros descriptivos de los grupos de especies del género *Phoenix***

**Códigos:** Pop. (Grupo población), N, n.º de alelos,  $N_e$ , n.º alelos efectivos,  $N_{ap}$ , n.º de alelos privados,  $H_o$ , heterocigosidad observada y  $H_e$  heterocigosidad esperada.

Táxones	Pop		N	$N_a$	$N_e$	$H_o$	$H_e$	$N_{ap}$
<i>P. loureiroi</i>	LOU	Media	6.000	6.400	4.609	0.733	0.770	13.000
		SE	0.000	0.306	0.293	0.039	0.015	
<i>P. arabica</i>	ARA	Media	7.267	4.067	2.655	0.439	0.550	12.000
		SE	0.419	0.483	0.278	0.087	0.053	
<i>P. paludosa</i>	PAL	Media	4.200	2.533	2.067	0.257	0.380	2.000
		SE	0.405	0.456	0.345	0.079	0.079	
<i>P. sylvestris</i>	SYL	Media	9.867	5.533	3.478	0.485	0.624	12.000
		SE	0.133	0.533	0.460	0.064	0.059	
<i>P. canariensis</i>	CAN	Media	12.000	4.800	2.587	0.316	0.461	8.000
		SE	0.414	0.626	0.484	0.050	0.071	
<i>P. reclinata</i>	REC	Media	6.533	5.667	3.633	0.612	0.681	17.000
		SE	0.274	0.333	0.368	0.062	0.034	
<i>P. theophrasti</i>	THE	Media	9.067	4.000	2.836	0.242	0.489	8.000
		SE	0.228	0.762	0.579	0.066	0.077	
<i>P. andamanensis</i> / <i>P. loureiroi</i>	ANDLOU	Media	4.733	5.667	4.633	0.478	0.757	12.000
		SE	0.153	0.398	0.377	0.053	0.026	
<i>P. roebelenii</i>	ROE	Media	3.933	3.333	2.627	0.431	0.502	3.000
		SE	0.248	0.433	0.385	0.088	0.067	
<i>P. rupicola</i>	RUP	Media	7.933	3.533	2.710	0.389	0.441	10.000
		SE	0.492	0.703	0.582	0.091	0.081	
<i>P. loureiroi</i> var. <i>hanceana</i>	LOUhan	Media	2.533	2.933	2.575	0.550	0.486	8.000
		SE	0.322	0.384	0.344	0.102	0.075	

No se ha incluido el cálculo para el grupo CAEPUS, que incluye las muestras de *Phoenix caespitosa* y *Phoenix pusilla*, debido a las objeciones indicadas anteriormente.

Cabe destacar la baja heterocigosidad observada para casi todas las especies. Posiblemente se debe a que tanto viveristas como comercializadores de semillas recurren a las mismas fuentes o se intercambian material, con lo que el repertorio disponible para el comercio mundial se vería muy reducido. Esto conduce a que la representación de las especies distintas de las palmeras datilera y canaria, que son las más accesibles al muestreo en nuestro caso, sea muy pobre y no se ajuste a la realidad. Para mejorar la representatividad, es imprescindible contar con proveedores distintos, con puntos de recogida de germoplasma conocidos y rastreables, así como con la colaboración con investigadores de otros países, que puedan facilitar material autenticado para su conservación en la Colección Nacional de *Phoenix*. Dadas las discrepancias detectadas, conviene completar el genotipado de toda la Colección, para asegurar la autenticidad de todas las accesiones.

Destaca el elevado número de alelos privados en *P. loureiroi*, en todos los grupos. Se trata de una especie con un área de distribución muy amplia, que podría estar estructurada genéticamente. Esto podría comprobarse al completar el genotipado de las accesiones de esta especie albergadas en la Colección Nacional de *Phoenix*.



Lámina 3. Ejemplares atribuidos a *P. acaulis*

*Phoenix acaulis* es una de las especies más raras en cultivo y en poblaciones silvestres. El hecho de haber sido descrita a partir de ejemplares del Jardín Botánico de Calcuta anómalos respecto a lo existente en la naturaleza y de tener un área discontinua ha llevado a que la definición de la especie resultara poco clara. Como consecuencia se denominaron *P. acaulis* ejemplares jóvenes fructificados pertenecientes a otras especies e híbridos.



1 *Phoenix acaulis* de Nepal (Herbario US)

2 Supuesta *P. acaulis* en Riverside Foto R. Krueger



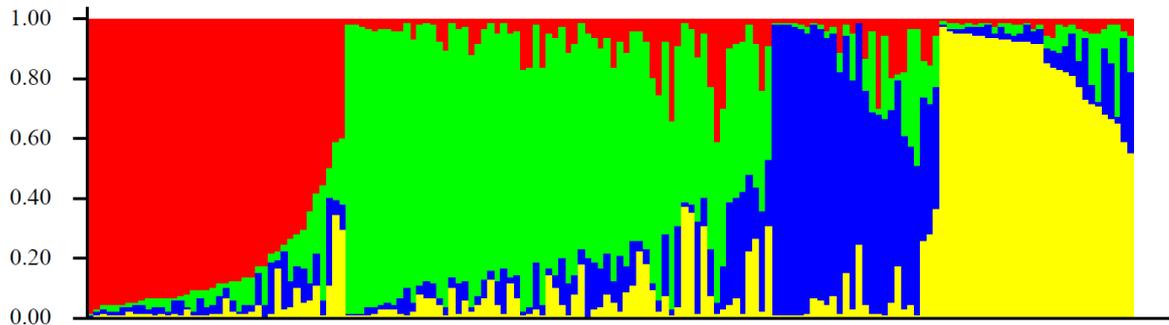
3 Supuesta *P. acaulis*, Huerto del Cura Foto D.Rivera

4 Supuesta *P. acaulis* de Viveros Palmer Foto: D. Rivera

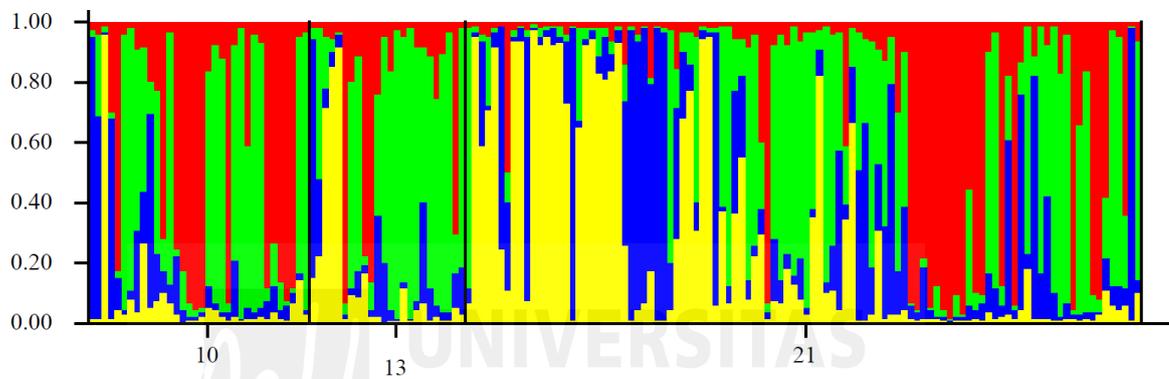


#### 4.6 Estructura de las muestras españolas de *Phoenix dactylifera*

El análisis con STRUCTURE identificó 4 grupos (Figuras 32 y 33) con el parámetro  $\Delta K$  de Evanno (Figura 34, Tabla 11).

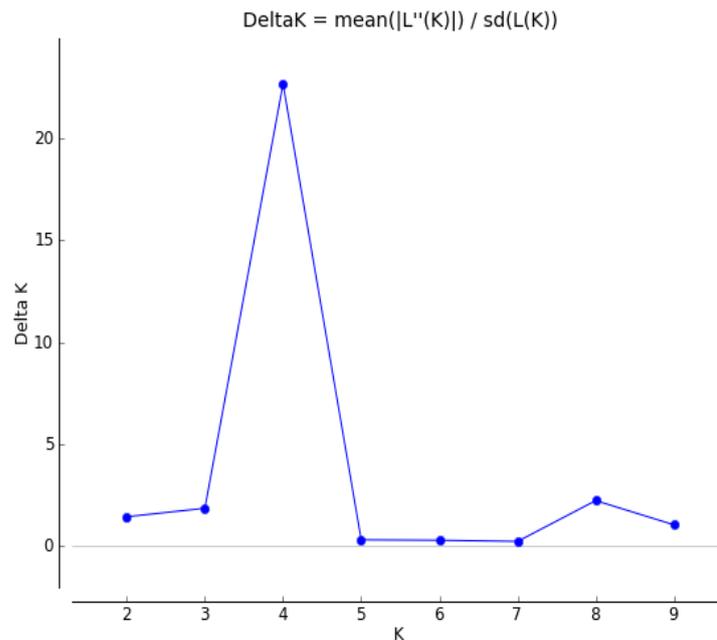


**Figura 32.** Heterogeneidad de los grupos generados por Structure en *Phoenix dactylifera* española



**Figura 33.** Representación de los grupos de Structure en los "POP GROUPS"

POP GROUP (Grupo Población): 10, *Phoenix dactylifera* Elche y su entorno; 13, *Phoenix iberica*; 21, *Phoenix dactylifera* Resto de España.



**Figura 34.** Parámetro  $\Delta K$  de Evanno para las muestras españolas de *P. dactylifera*

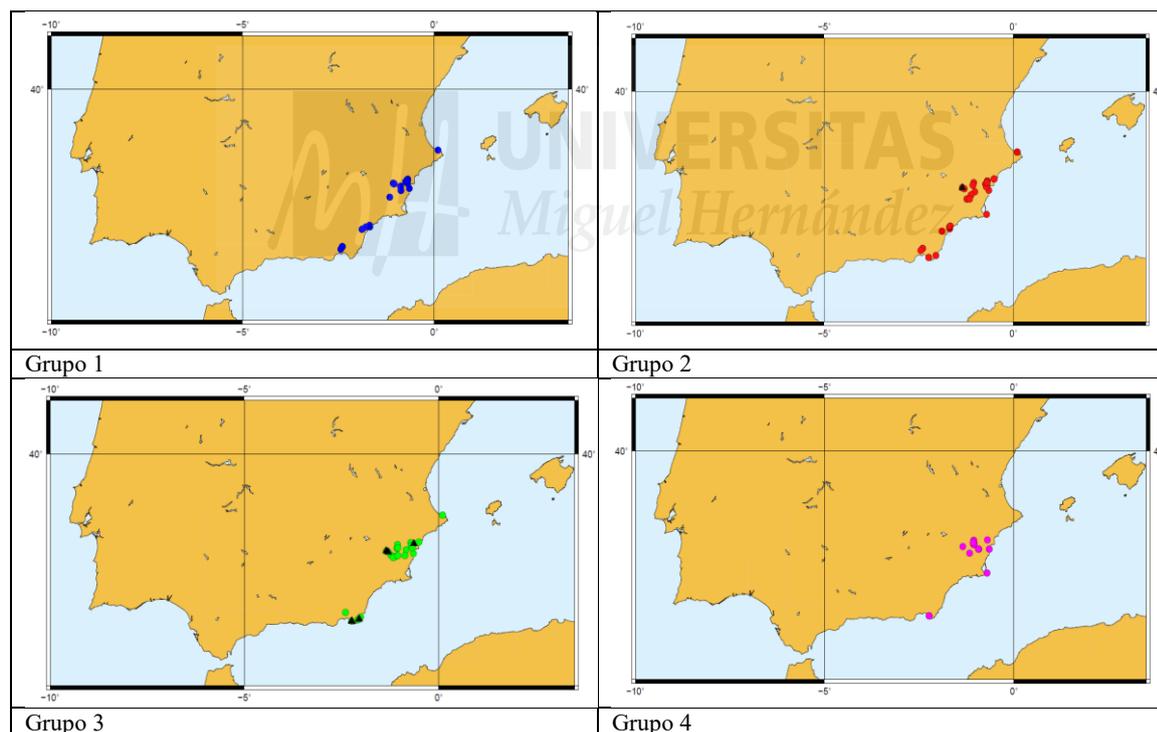
Tabla 11. **Cálculo del parámetro  $\Delta K$  de Evanno para las *P. dactylifera* españolas**

**Códigos:** K, posibles grupos; Repts, número de réplicas; Media LnP(K), valor medio del logaritmo de la probabilidad de K; Stdev LnP(K) desviación estándar del logaritmo de la probabilidad de K; Ln'(K), tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Ln''(K) valor absoluto del segundo orden de la tasa de cambio media de la distribución de verosimilitud; Delta K, valor del parámetro de Evanno.

K	Reps	Media LnP(K)	Stdev LnP(K)	Ln'(K)	Ln''(K)	Delta K
1	10	-8134	0.6782	NA	NA	NA
2	10	-8055.22	43.7562	78.78	61.88	1.414198
3	10	-8038.32	130.9011	16.9	239.79	1.831841
4	10	-7781.63	10.5307	256.69	238.96	22.691746
5	10	-7763.9	27.1614	17.73	7.65	0.28165
6	10	-7738.52	74.7744	25.38	19.4	0.259447
7	10	-7732.54	38.1268	5.98	7.66	0.200909
8	10	-7734.22	84.0979	-1.68	185.82	2.209568
9	10	-7921.72	305.5791	-187.5	311.28	1.018656
10	10	-8420.5	1336.1523	-498.78	NA	NA

Las muestras recolectadas como *P. iberica*, están repartidas entre los grupos 1 (2 muestras), 2 (4 muestras) y 3 (2 muestras), dando una idea de su heterogeneidad .

Las muestras se asignaron a los distintos grupos de acuerdo al análisis anterior; algunas de ellas se consideraron como una mezcla de diversos grupos y así se refleja en la gráfica. Los grupos se distribuyen en España como se indica en la Figura 35:



**Figura 35. Distribución de los cuatro grupos genéticos y del haplotipo oriental**

**Códigos:** Círculos: muestras con valores de CpfM 245. Triángulos: muestras con valores de CpfM 257.

Los grupos 1 y 2, integrados por palmeras morfológicamente similares a *P. iberica* tienen una distribución más amplia, mientras que los grupos 3 y 4 se concentran en los palmerales más importantes del sur y oeste (Murcia).

La presencia de muestras con haplotipo oriental entre las muestras españolas se distribuye de manera desigual en estos grupos como se indica en la Figura 35. La presencia del haplotipo oriental en las muestras españolas, aunque escasa, es mayor en el grupo 3 que en el resto. La mayoría se concentra en Murcia, en la Vega Media del Segura y, como se ha postulado anteriormente, se

trataría de ejemplares obtenidos por propagación por semilla a partir de germoplasma de origen asiático y polinizado por machos de palmera datilera del pool occidental.

El análisis del n° de alelos diferentes ( $N_z$ ), n° efectivo de alelos por locus ( $N_e$ ), número de alelos privados ( $N_{ap}$ ), heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) y observada ( $H_o$ ) arrojó los siguientes resultados (Tabla 12).

Tabla 12. *Parámetros descriptivos de los grupos de P. dactylifera en España*

**Códigos:** Pop. (Grupo población), N, n.º de alelos,  $N_e$ , n.º alelos efectivos,  $N_{ap}$ , n.º de alelos privados,  $H_o$ , heterocigosidad observada y  $H_e$  heterocigosidad esperada.

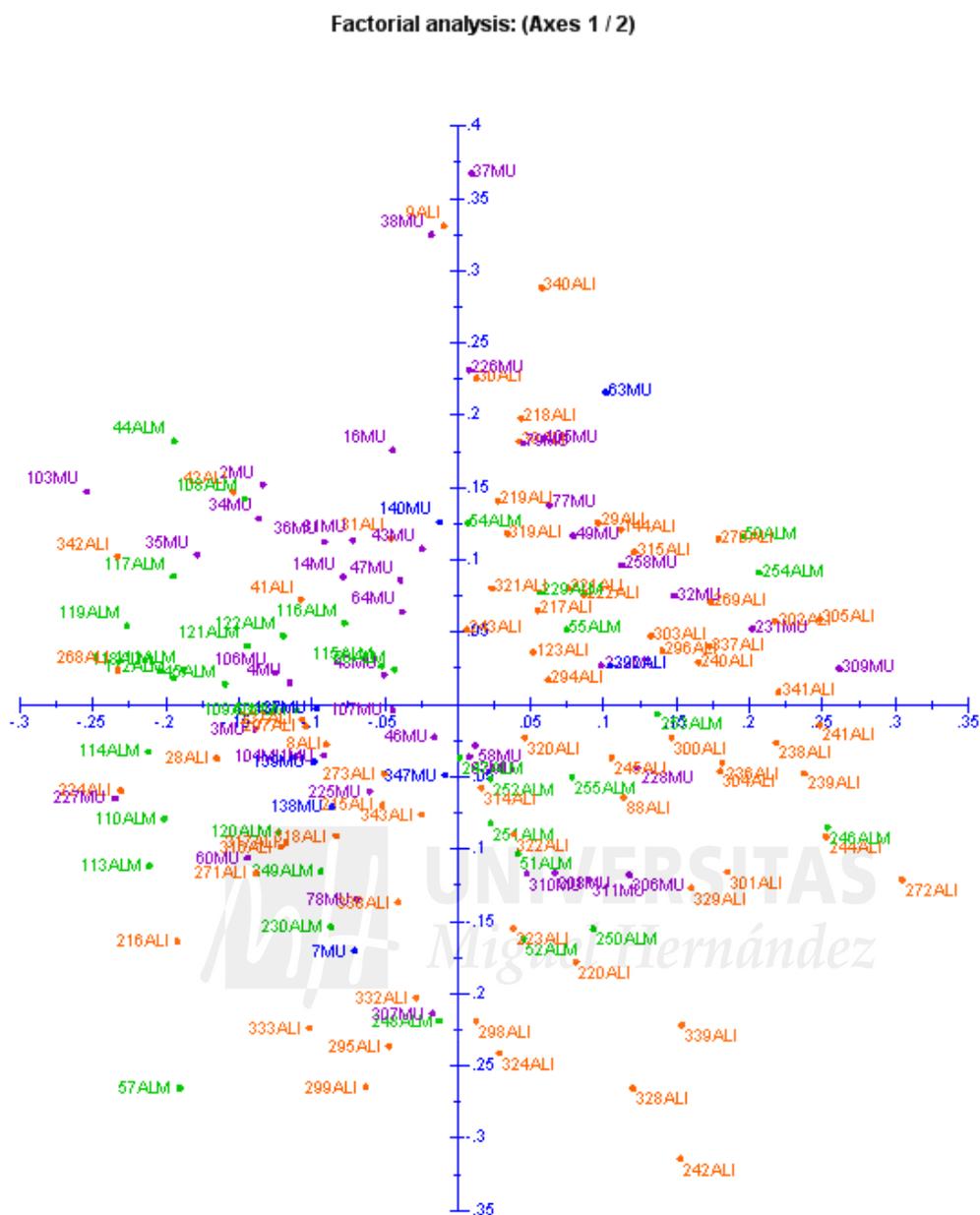
Pop		N	Na	Ne	Ho	He	Nap
GRUPO 1	Media	38.333	6.733	3.736	0.604	0.698	9
	SE	0.252	0.636	0.310	0.046	0.032	
GRUPO2	Media	64.533	8.800	3.489	0.599	0.689	15
	SE	0.780	0.691	0.245	0.038	0.026	
GRUPO3	Media	27.667	10.400	5.072	0.702	0.766	26
	SE	0.159	0.709	0.514	0.037	0.028	
GRUPO4	Media	26.933	7.267	3.995	0.678	0.717	5
	SE	0.284	0.621	0.382	0.039	0.026	

Cabe destacar el alto número de alelos privados en los grupos 2 y 3, siendo el 2 el mayoritario en Elche mientras que el 3 está presente en una proporción similar en todas las provincias. Las muestras con componente genético del pool oriental se incluyen en estos grupos, lo que daría cuenta de esta diversidad de alelos.

La heterocigosidad observada es ligeramente inferior a la esperada para todos los grupos, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en Agulló (2009), Sánchez (2009), y Carreño (2012). La mayoría de las muestras estudiadas en estos trabajos corresponden a palmeras de pequeñas explotaciones agrícolas y, con frecuencia, con nombre propio, generalmente el del propietario de la finca o el obtentor (Sánchez, 2009; Carreño, 2012). Estas palmeras no constituyen variedades en sentido agronómico, ni siquiera 'raza local' (Villa *et al.*, 2006), sino 'raza de agricultor', siguiendo una pauta similar a la detectada en Argelia (Moussouni *et al.*, 2016). En el presente estudio, se ha incrementado la intensidad de muestreo, además de incluir palmeras cultivadas en plantaciones comerciales para la producción de dátil. Es posible que en estas plantaciones se haya hecho un esfuerzo de selección de los mejores frutos, dedicando las palmeras con dátiles poco interesantes a otros usos, lo que reduciría los genotipos diferentes disponibles para muestreo.

Algunas muestras fueron recolectadas en la Estación Experimental de Elche. Esta plantación se realizó a partir de vástagos o raijos de palmeras adultas, según Francisco Serrano 'Sopascures', que participó en la operación de selección de pies en varios puntos de Elche y el traslado de los mismos a su actual situación, en un intento pionero en España de selección varietal. El testimonio de los palmereros, pues, contribuye a desterrar la idea de que la reproducción de palmera en España se desarrolla exclusivamente a partir de semilla (Ferry *et al.*, 2002; Gómez y Ferry, 2010).

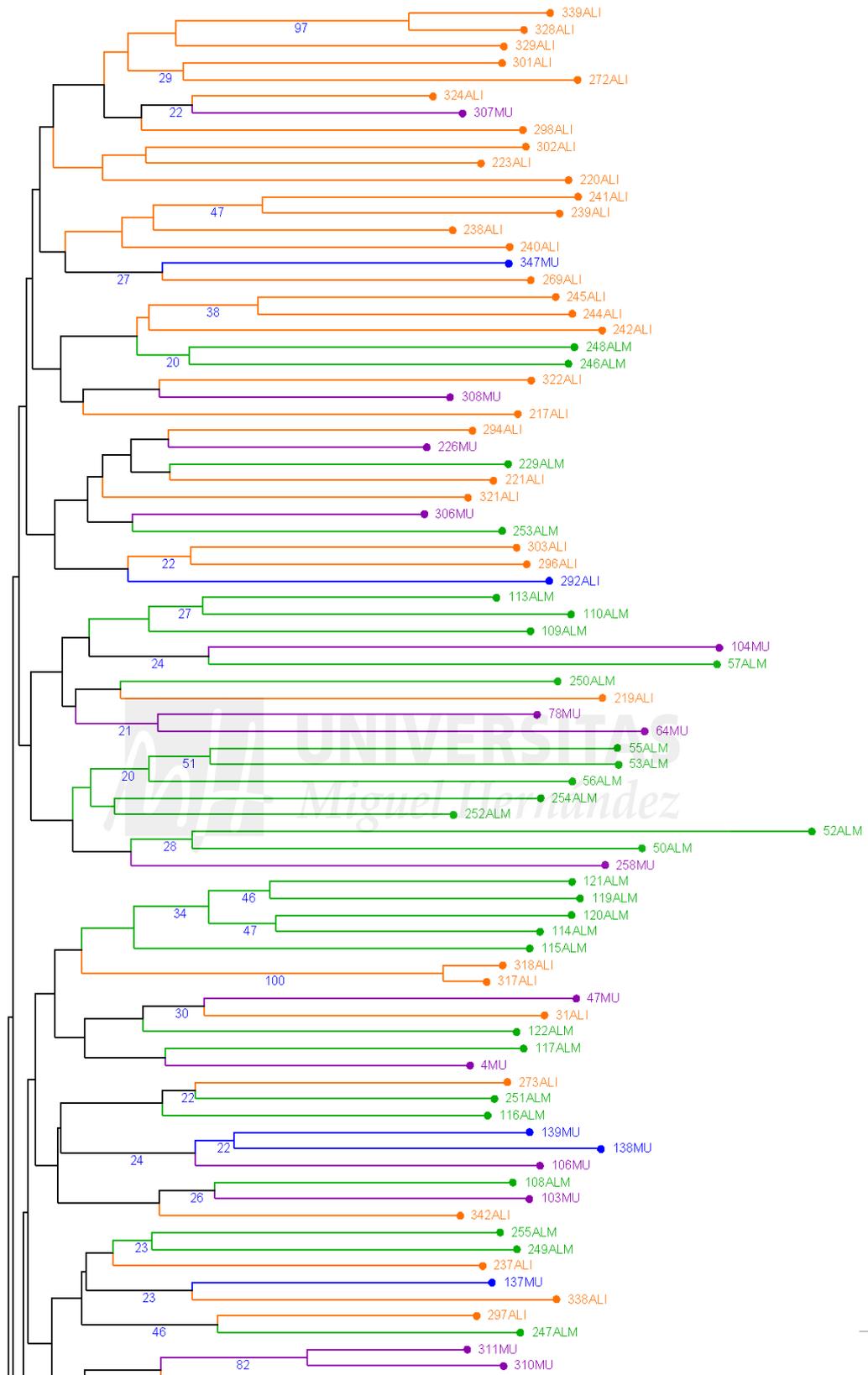
En el caso de Cuevas de Almanzora, algunos agricultores han seleccionado ejemplares de palmera presentes en los antiguos Baños del Cocón con características interesantes para su consumo y trasladándolas a sus fincas, combinando, igual que en Elche, estrategias de reproducción, tanto a partir de vástagos, como realizando siembra de huesos de dátil. La selección a partir de una única 'población' da lugar a un fenómeno de 'cuello de botella', lo que contribuye al déficit de heterocigotos.



**Figura 36.** *PCoA para poblaciones españolas de P. dactylifera*

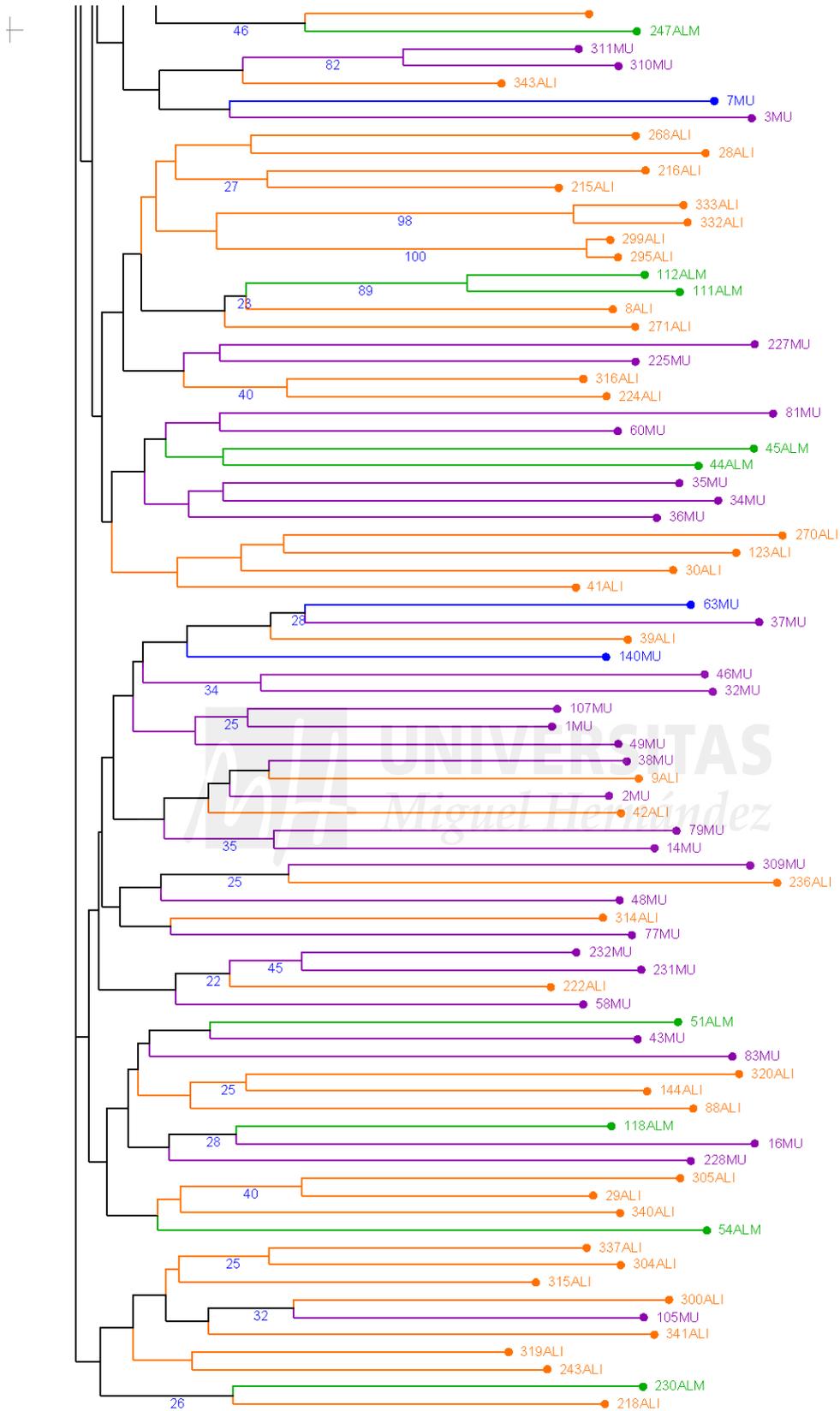
Códigos: Azul (MU), *P. iberica* de Murcia. Lila (MU), *P. dactylifera* de Murcia. Naranja (ALI), *P. dactylifera* de Alicante. Verde (ALM), *P. dactylifera* de Almería. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2 en lo referente a los números, sin letras y seguido del código de la provincia de origen.

La mezcla de grupos detectada tanto en el análisis de STRUCTURE como con PCoA y NJ (Figuras 36, 37 y 38) se debe a que existe un tráfico de germoplasma entre los palmerales de las tres provincias, tanto de planta, como de palma para ceremonias religiosas, dátiles y polen (Rivera *et al.*, 2008), similar al registrado en otros países como Qatar (Elmeer and Mattat, 2015) o Túnez (Zehdi *et al.*, 2004). Según el testimonio de palmereros de Abanilla, en los años 60 y 70 del siglo pasado se arrancaron cientos de palmeras con destino a la costa, tanto murciana como almeriense, con uso ornamental; a la inversa, agricultores de Pulpí informan sobre la salida de pies desde Almería a la costa murciana.



**Figura 37.** Agrupamiento con NJ para *P. dactylifera* española. Primera parte

Códigos: Azul (MU), *P. iberica* de Murcia. Lila (MU), *P. dactylifera* de Murcia. Naranja (ALI), *P. dactylifera* de Alicante. Verde (ALM), *P. dactylifera* de Almería. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2 en lo referente a los números, sin letras y seguido del código de la provincia de origen.



**Figura 38.** Agrupamiento con NJ para *P. dactylifera* española. Segunda parte

Códigos: Azul (MU), *P. iberica* de Murcia. Lila (MU), *P. dactylifera* de Murcia. Naranja (ALI), *P. dactylifera* de Alicante. Verde (ALM), *P. dactylifera* de Almería. Códigos de individuos: columna 2, Tabla 2 en lo referente a los números, sin letras y seguido del código de la provincia de origen.

La xenia y metaxenia son fenómenos asociados a la influencia del polen sobre el endospermo y el fruto, respectivamente (Swingle, 1928), relacionados con la producción de hormonas endógenas, entre ellas, auxinas (Abbas *et al.*, 2014). Así, el polen afecta tanto al peso y tamaño de la semilla (xenia), como al tamaño del fruto, desarrollo, calidad y momento de la maduración (metaxenia). Los palmereros profesionales de Abanilla y Elche conocen este fenómeno y seleccionan los machos que producen mejor fruto, trasladando espatas entre las distintas provincias. Si se realiza propagación por semilla a partir de dátiles de estas muestras, lo que obtenemos es un mosaico de los distintos grupos genéticos, como se observa en los gráficos anteriores, donde no se aprecia estructura geográfica.

El 'paisaje' genético que encontramos en la actualidad es el resultado de una economía de subsistencia, donde se incorporan varios elementos a la unidad básica o huerto que aseguran un suministro continuo de alimentos. La estructura de estos huertos está vinculada fuertemente a los sistemas de riego, heredados de los romanos y mejorados y ampliados por los árabes, dirigidos a un aprovechamiento máximo del recurso agua. Presentan una estructura reticular en horizontal, limitada por las acequias y una estructura de 3 estratos en vertical, semejante a la presente en los oasis árabes (Tengberg, 2012). El estrato superior está ocupado por las palmeras, que dan sombra a los cultivos secundarios, produciendo un microclima que permite la existencia de otras especie; un segundo estrato arbóreo, de menor altura, integrado por distintos tipos de frutales, siendo el granado el más común, así como la higuera, olivos, algarrobos (Muñoz-Palao, 1929; Gracia y Ortiz, 2010); y un estrato herbáceo, en el que podemos encontrar distintas especies (alfalfa, cebadas, trébol, zulla, remolacha forrajera y nabo forrajero, Muñoz-Palao, 1929). El estrato intermedio ocasionalmente no se presenta; esto ocurre habitualmente en los cultivos de secano donde se han incluido palmeras en las parcelas, de manera que la estructura se reduce al estrato arbóreo y el herbáceo (Muñoz-Palao, 1929). Las palmeras, separadas unos 2,5m, se disponen en hileras simples o dobles paralelas a las acequias, lo cual les permite tener mayor acceso a los recursos hídricos (Larrosa, 2003).

La mayor disponibilidad de agua a partir de los años 70 con el trasvase Tajo-Segura ha llevado a una ampliación en el área de cultivo de la palmera (en Alicante, desplazándose desde Elche hacia el paraje de El Hondo, Gracia, 2007), pero también a la intensificación de la agricultura y a la sustitución de los agrosistemas tradicionales por monocultivos (Sans, 2007), descuidando el manejo de los palmerales y llevando a la degradación de los huertos (Gracia, 2007; Dana *et al.*, 2009). La palmera no se ha incorporado al modelo de agricultura profesional, puesto que en España no se cuenta con variedades en sentido agronómico y muchos fenotipos corresponden a dátiles 'de adobo', que requieren tratamiento previo a su consumo (Ferry *et al.*, 2002) o dátiles 'marraneros', de pequeño tamaño y poco palatables (Rivera *et al.*, 1997). La Estación *Phoenix* ha desarrollado técnicas de cultivo *in vitro* para selección de algunos genotipos interesantes, tales como 'Confitera de Elche' y León, favoreciendo la maduración simultánea frente a la escalonada de las variedades tradicionales (Ferry *et al.*, 2002), aunque esta técnica tropieza con los problemas asociados de variación somaclonal (Gurevich *et al.*, 2005) y fallos en la producción de flor o fruto (Al Kaabi *et al.*, 2005), por lo que podría no ser la más apropiada para la selección varietal. Este proyecto, además, contribuye a la erosión genética puesto que parte de un número pequeño de genotipos con características agronómicas deseables (Johnson *et al.*, 2013; Jadarat, 2016).

A los efectos del cambio de modelo económico y estrategias de selección, se suma la presencia del picudo rojo, *Rhynchophorus ferrugineus*. Todos estos factores ponen en peligro la conservación de la diversidad genética de las palmeras en el sureste de España. El mantenimiento de ésta en la Colección Nacional de *Phoenix* tiene que complementarse con cultivos *in situ* para que pueda ser efectiva (Villa *et al.*, 2006). En los últimos años se están desarrollando proyectos para recuperar los dátiles poco apetecibles, como aditivo para paté y algunos productos cárnicos (Martín Sánchez *et al.*, 2013; Sánchez Zapata *et al.*, 2013). Igualmente, se plantea el aprovechamiento del hueso para piensos animales o harina para repostería, debido a su alto contenido en ácidos grasos (Abdrabo, 2013). La irrupción de nuevos modelos de comercio de corto recorrido o "Kilómetro 0" (CEPAL, 2014), y consumo local, asociados a movimientos del tipo Slow Food (Pietrykowski, 2004) podría contribuir a mejorar la comercialización de los dátiles que no cumplen los estándares más rígidos

de las grandes cadenas de distribución. Estas estrategias permitirían animar a los agricultores a conservar las palmeras existentes y contribuir al rejuvenecimiento de los palmerales mediante nuevas plantaciones, puesto que las actuales, salvo las asociadas a desarrollos urbanísticos y que suelen incluir elementos foráneos, como es el caso de San Juan de Terreros, están muy envejecidas.

En cuanto a las muestras etiquetadas como *Phoenix iberica*, la mayoría fueron recolectadas en la Región de Murcia, salvo una localizada en Alicante, en el paraje de El Hondo, emplazándose en el pool occidental de *Phoenix dactylifera*. Entre otras características, ya explicadas en el inicio de la memoria, los frutos de estas palmeras suelen ser más pequeños y redondeados frente a los de las palmeras cultivadas, que son más largos y ovalados. Estas semillas presentan un aspecto y dimensiones similares a fósiles del Mioceno, encontrados en la actual República Checa, correspondientes a *Phoenix bohemica* Buzek (Rivera *et al.*, 2014a). Los autores de *P. iberica* interpretaron las diferencias en tamaño frente a muestras de palmera datilera cultivada como el resultado de un “síndrome de domesticación” en las últimas (Rivera *et al.*, 1997). Siguiendo un criterio similar, Gros-Balthazar *et al.* (2016) proponen algunos ejemplares de palmera con dátiles de pequeño tamaño y redondeados recolectados en Omán como un posible ejemplo de palmera datilera silvestre. Teniendo en cuenta la evidencia genética disponible sobre dos pools genéticos bien diferenciados en la domesticación de la palmera datilera (Pintaud *et al.*, 2010; Zehdi *et al.*, 2015; Mathew *et al.*, 2015), es poco probable que la palmera 'silvestre' de Omán esté en el origen del pool occidental de variedades de palmera datilera, por lo que es necesario buscar tales individuos en diferentes localidades del área de distribución del pool occidental de *Phoenix dactylifera*, incluida la Península Ibérica. Si las palmeras consideradas como *Phoenix iberica* son verdaderamente silvestres o son individuos escapados de cultivo, es difícil dirimir, incluso contando con marcadores moleculares. Levadoux (1956) estableció un modelo teórico para reconocer individuos de vid, según fuera su origen cultivado, escapado de cultivo o feral y silvestre, además de la mezcla de estas tres categorías. Asignar muestras a estas categorías, ya sea en campo o en laboratorio es complejo, sin contar con un criterio claro y la morfología de las semillas, aunque ayuda a aclarar problemas taxonómicos en el género *Phoenix* (Rivera *et al.*, 2014a; Gros-Balthazar *et al.*, 2016), podría no ser suficiente.

No hay que dejar de lado el posible papel de la xenia sobre las semilla. Aunque la mayoría de los estudios sobre la influencia del polen se concentran en los efectos sobre el fruto, algunos aportan información sobre cambios significativos en el peso de las semillas, en torno a un 10% de variación, (Moustafa, 2001; Al-Khalifah, 2006; Allahdou, M. *et al.*, 2015) y también aumento en las dimensiones (Nixon, 1926; Nixon, 1927), si bien estos estudios sólo se pueden considerar preliminares, dado el escaso número de muestras analizadas. En otras frutas sí se han detectado cambios en las dimensiones de las semillas, tales como en vid (Samaan *et al.*, 1981; Sabir, 2015) o pepino (Olfati *et al.*, 2010).

Las muestras etiquetadas como *P. iberica* requieren, pues, mayor estudio y comparación con material del Norte de África, que podría ayudar a aclarar su estatus.

#### 4.7 Análisis de secuencias

La amplificación del marcador matK dió resultados negativos para todas las combinaciones de primers realizadas, por lo que no se pueden presentar resultados.

Para la notación de los haplotipos, se empleó el esquema de Ballardini *et al.* (2013), indicado en la Tabla 13.

Tabla 13. **Polimorfismo observado en la región psbZ-trnfM(CAU)**

Siguiendo la notación de Ballardini *et al.* (2013).

M1 = CTAAGTACTATA; M2 = GTAGTTAGTATA; 5bp = CTATA

SNP	SNP	SNP	SNP	SNP	Delección	Minisatélite	Homo-polímero	Especie
36607	36754	37099	37183	37190	9bp			
C	T	G	A	T	ausente	5M1+1M2	7 C + 5 A	P. canariensis
C	T	C	A	T	ausente	2M1+5bp+1M2	6 C + 5 A	P. reclinata
C	T	G	A	T	ausente	1M1+2M2	7 C + 5 A	P. reclinata
C	T	G	C	T	ausente	6M1+1M2	7 C + 5 A	P. caespitosa
C	C	G	A	G	ausente	2M1+1M2	7 C + 5 A	P. loureiroi
A	C	G	A	T	ausente	3M1+1M2	6 C + 6 A	P. loureiroi
A	C	G	A	T	ausente	2M1+1M2	7 C + 5 A	P. acaulis
C	C	G	A	T	ausente	2M1+1M2	6 C + 6 A	P. pusilla
C	T	G	A	T	ausente	2M1+1M2	6 C + 6 A	P. paludosa
C	T	G	A	T	presente	4M1+1M2	5 C + 7 A	P. roebelenii
C	T	G	A	T	presente	3M1+1M2	5 C + 7 A	P. roebelenii
C	T	G	A	T	ausente	4M1+1M2	7 C + 5 A	P. dactylifera
C	T	G	A	T	ausente	3M1+1M2	7 C + 5 A	P. dactylifera
C	T	G	A	T	ausente	2M1+1M2	8 C + 5 A	P. sylvestris
C	T	G	A	T	ausente	3M1+1M2	7 C + 5 A	P. sylvestris
C	T	G	A	T	ausente	6M1+1M2	7 C + 5 A	P. rupicola
C	T	G	A	T	ausente	6M1+1M2	7 C + 5 A	P. theophrastii
C	T	G	A	T	ausente	3M1+1M2	7 C + 5 A	P. atlantica

Las muestras de material moderno dieron lugar a fragmentos consenso de unos 660 bp de longitud, con los siguientes resultados respecto a la región del minisatélite CpfM (Henderson *et al.*, 2006) (Tabla 14).

Tabla 14. **Muestras modernas secuenciadas**

MUESTRA	SNP 37099	MOTIVO REPETIDO	HOMOPOLIMERO	TAXON
ph186	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	P. arabica
ph188	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	P. arabica
ph189	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	P. arabica
ph190	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	P. arabica
ph194	G	3M1+1M2	7C+5A	P. iberica
ph278	C	2M1+5bp+1M2	6C+5A	P. reclinata
ph279	C	2M1+5bp+1M2	6C+5A	P. reclinata
ph447	G	6M1+1M2	7C+5A	P. rupicola
ph448	G	3M1+1M2	7C+5A	P. iberica

Se verificó la presencia de un haplotipo nuevo, 3M1+7bp+1M1+1M2, en las muestras ph186, ph188, ph189 y ph190. El fragmento de 7 bp corresponde a CTAAGTACTATA.

Las muestras de material de herbario dieron lugar a fragmentos de longitud variable, desde 500 a 700 bp, frente a unos 660 en las muestras procedentes de material joven. Se estudió la región del minisatélite CpfM (Henderson *et al.*, 2006) para verificar la longitud del mismo amplificado en PCR multiplex, con los resultados que se recogen en la Tabla 15.

Tabla 15. *Muestras de pliegos de herbario secuenciadas*

MUESTRA	SNP 37099	MOTIVO REPETIDO	HOMOPOLIMERO	TAXON
ph400	G	4M1 +1M2	7C+5A	<i>P. caespitosa</i>
ph438	G	6M1 + 1M2	7C+5A	<i>P. reclinata somaliensis</i>
ph439	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	<i>P. abyssinica</i>
ph440	G	7M1+1M2	7C+5A	<i>P. abyssinica</i>
ph441	G	4M1+1M2	7C+5A	<i>P. caespitosa</i>
ph442	G	4M1+1M2	7C+5A	<i>P. caespitosa</i>
ph443	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	<i>P. reclinata</i>
ph444	G	3M1+1M2	6C+6A	<i>P. dactylifera</i>
ph449	G	3M1+1M2	6C+6A	<i>P. dactylifera</i>
ph450	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	<i>P. reclinata somaliensis</i>
ph451	G	3M1+7bp+1M1+1M2	7C+5A	<i>P. reclinata somaliensis</i>
ph452	G	4M1+1M2	7C+5A	<i>P. dactylifera</i>

Dado que en el momento del estudio no se pudo realizar una estimación del daño sufrido por el ADN de estas muestras a partir del análisis de estas secuencias por motivos técnicos, además de no contar con un replicado de la secuenciación en un laboratorio independiente (Parducci y Petit, 2004; Andreasen *et al.*, 2009; Magyari *et al.*, 2011), estos resultados no se han incorporado al dendrograma elaborado a partir de las secuencias de las muestras modernas para no introducir artefactos.

El cladograma producido con el servicio MAFFT se presenta en la figura 39.

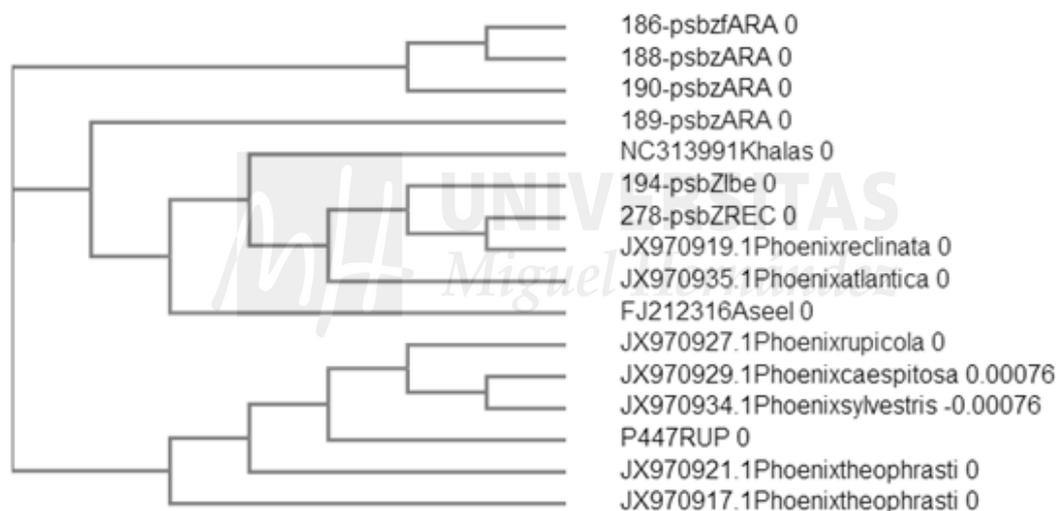


Figura 39. *Cladograma para el marcador PsbZ-TrnfM*

En los análisis anteriores basados en marcadores nucleares y el minisatélite plastidial, las muestras etiquetadas como *Phoenix arabica* se separan del resto de especies del género *Phoenix*. Aunque se ha detectado la presencia de un nuevo haplotipo, éste no está presente en todas las muestras, sino sólo en la mitad, que son las que se han incluido en el análisis de secuencias.

Este análisis apunta a que las muestras etiquetadas como *Phoenix arabica* forman un grupo propio, salvo una de ellas que estaría incluida en el parte del clado 'dactylifera', si bien este linaje identificado en Pintaud *et al.* (2013), se basa en el análisis de dos regiones plastidiales, mientras que en este caso sólo se ha analizado una, por lo que es difícil situarla en el marco del género *Phoenix*. Dada su situación geográfica, podría estar relacionada con *Phoenix caespitosa*, *Phoenix dactylifera* o *Phoenix reclinata*. El análisis de marcadores nucleares tipo microsátélite la sitúa cerca de *Phoenix caespitosa*, pero con soporte bajo. Se requiere, por tanto, mayor evidencia, en forma de otros marcadores para una adscripción definitiva.

#### 4.8 Valoración taxonómica de las diversas especies y grupos de cultivariedades

En el contexto de la revisión taxonómica del género *Phoenix* los análisis realizados sobre las diversas muestras pertenecientes a las unidades taxonómicas descritas en el capítulo de Muestreo (3.1) utilizadas para organizar la Colección Nacional de *Phoenix* permiten valorar aspectos de utilidad, especialmente cuando se comparan los datos moleculares con la evidencia morfológica y biogeográfica. Los resultados se resumen en la Tabla 16.

Tabla 16. *Valoración de las unidades taxonómicas de las muestras estudiadas*

Taxon	Valoración
P. Abanilla Group	Tipo frecuente en Abanilla y Elche, tanto en cultivos como en las ramblas, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 1 o al 2. Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> y presentan el tipo nuclear occidental.
P. Abanilla Group (Fruit)	Tipo frecuente en Abanilla y Elche, tanto en cultivos como en las ramblas, caracterizado por sus hojas glaucas con foliolos cortos coriáceos y dátiles muy pequeños y con poca carne, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 1. Es una variante del Abanilla Group. Grupo 5 y 12 en Phoenix.
P. Abanilla Group (Leaf)	Tipo frecuente en Abanilla y Elche, tanto en cultivos como en las ramblas, caracterizado por sus hojas glaucas con foliolos cortos coriáceos y dátiles algo mayores, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 2. Es una variante del Abanilla Group. Grupo 7 en Phoenix.
P. abyssinica	Especie descrita de Eritrea y la región etíope de Tigré, solo hemos podido estudiar material de herbario y parcialmente, CpfM 238 y 291, los datos son insuficientes y podría estar relacionado con <i>P. reclinata</i>
P. acaulis	Especie con tallo subterráneo, poco conocida, lo que lleva con frecuencia a etiquetar con su nombre palmeras de otras especies, con dátiles rojos, en las fases iniciales de su periodo fructífero, CpfM 233 para una muestra de Nepal, grupos 13 Phoenix y 6 PhoexDac.
P. andamanensis	Es una especie muy dudosa. Que se ha descrito varias veces sobre la base de palmeras procedentes de las islas de Andamán. Solamente existen una docena de pliegos de herbario, de los que no se pudo extraer ADN con éxito. No se encuentra en cultivo en jardines botánicos ni en bancos de germoplasma. Los ejemplares comercializados como <i>P. andamanensis</i> presentan características de <i>P. loureiroi</i> (ver <i>P. loureiroi</i> Tomás Font).
P. arabica	Especie poco conocida de las montañas del Yemen y de Arabia, lo que lleva a etiquetarlas como <i>P. reclinata</i> o <i>P. caespitosa</i> . CpfM 264, grupos 12 en Phoenix y 2 en PhoexDac, se relaciona con las datileras del grupo 2.
P. atlantica	Las poblaciones de datileras de Cabo Verde pertenecen al grupo 1 de las datileras y su CpfM es 245. Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> . Grupo 7 en Phoenix.
P. caespitosa	Las dos muestras de ADN facilitadas por Kew, procedentes de Somalia, presentan valores de CpfM diversos: 245, 352. Pertenecen a los grupos 13 Phoenix y 11 PhoexDac. El material de herbario que incluye el tipo nomenclatural arroja resultados diferentes que requieren confirmación.
P. canariensis var. canariensis	Especies bien diferenciadas morfológicamente, tanto en caracteres vegetativos como de los frutos, grupos 8 Phoenix y 3 PhoexDac. CpfM 269.
P. canariensis Red Date Group	Similar al tipo de la especie, excepto por sus frutos de color rojizo y hojas frecuentemente glaucescentes. Los marcadores moleculares son similares al tipo, grupos 3 Phoenix y 8 PhoexDac. CpfM 269. Muy rara en la Islas Canarias, es algo más frecuente en cultivo en la Región Mediterránea
P. canariensis Wildpret's Large Date Group	Similar al tipo de la especie, excepto por sus frutos de mayor tamaño. Los marcadores moleculares son similares al tipo, grupos 3 Phoenix y 8 PhoexDac. CpfM 269. Frecuente en Canarias y en cultivo en el exterior.
P. dactylifera Baja Group	Tipo exclusivo de las misiones de Baja California, tanto en cultivos como en las ramblas, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y grupo 1 Phoenix. Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> .
P. dactylifera var. costata	Tipo infrecuente en los palmerales españoles y de Baja California, caracterizado por sus semillas que presentan con mayor o menor frecuencia costillas o alas laterales, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 3, y a los grupos 5 y 7 del género <i>Phoenix</i> . Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> .
P. dactylifera Elche Group	Tipo muy frecuente en España, especialmente en el palmeral de Elche, caracterizado por sus frutos que maduran en la palmera, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 4, grupo 5 Phoenix. Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> .
P. dactylifera Eritrea Group	Cultivado en el Alto Nilo, desde Asuán hacia el sur, produce unos dátiles de gran tamaño que presentan de forma característica semillas cilíndricas muy largas y delgadas. Hemos estudiado muestras de Egipto y Etiopía, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 2, grupo 4 Phoenix. Presentan el valor de CpfM del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> pero sus

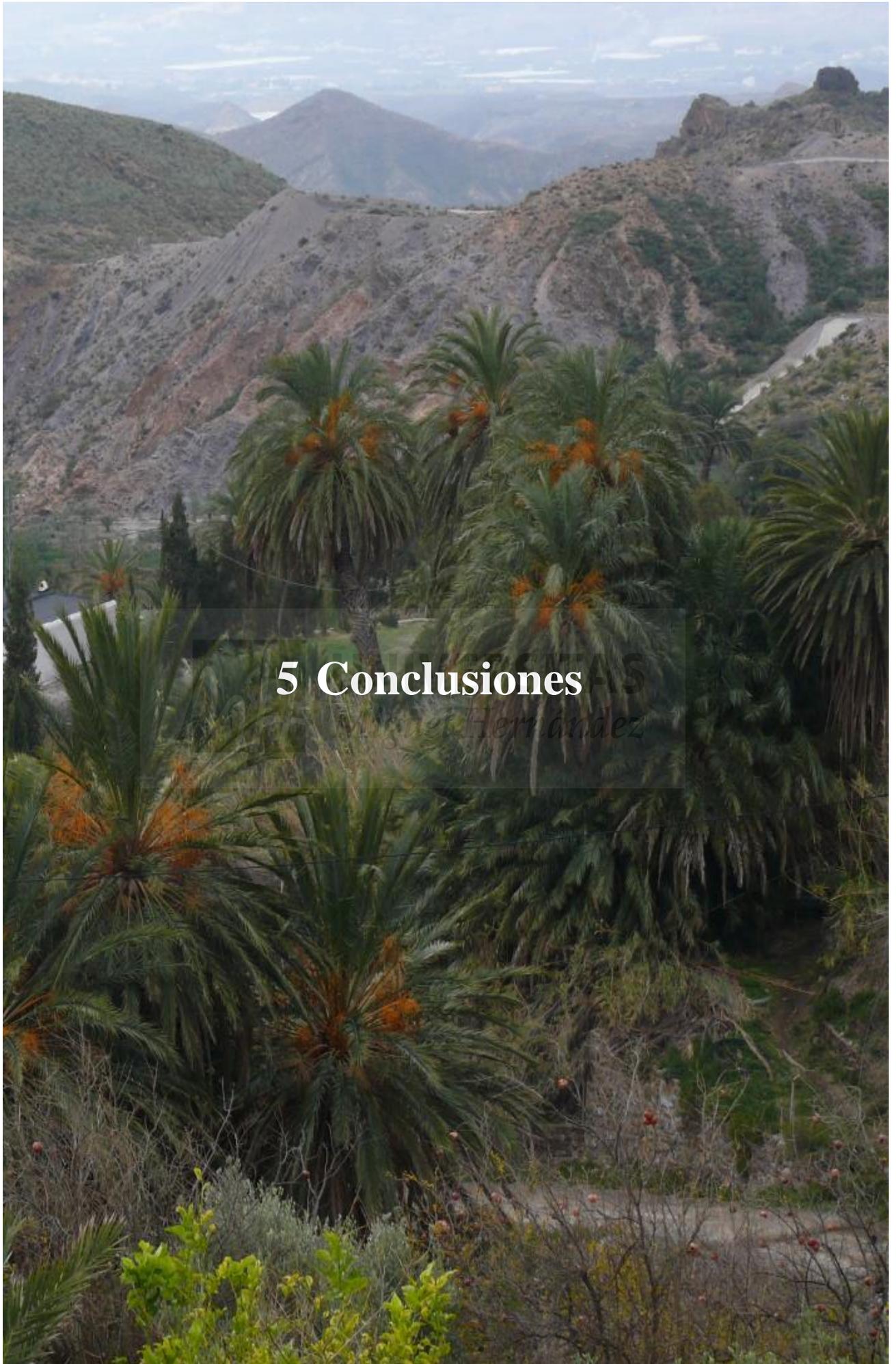
DIVERSIDAD GENÉTICA EN ESPECIES DEL GÉNERO PHOENIX

Taxon	Valoración
	marcadores nucleares lo sitúan en el grupo oriental.
P. dactylifera Mednoor Group	Grupo heterogéneo de datileras selectas de los oasis del Magreb. CpfM 245 o 257, entre las datileras pertenece al grupo 1, grupo 5 o 10 Phoenix. Presentan el valor de CpfM del haplotipo occidental o del oriental de <i>P. dactylifera</i> pero sus marcadores nucleares lo sitúan en el grupo occidental. Aparentemente son los descendientes de la introducción de material oriental en los palmerales del Magreb
P. dactylifera Mesopotamia Group	Grupo de variedades de datileras procedentes del valle del Eufrates, que presenta características híbridas en sus marcadores nucleares. CpfM 257, entre las datileras pertenece a los grupos 1 y 2, grupo 4 o híbrido en Phoenix. Pertenecen al haplotipo oriental de <i>P. dactylifera</i> aunque su ADN nuclear ubica unas muestras en el occidental, otras en el oriental y bastantes en posición intermedia
P. dactylifera Nile Group	Grupo heterogéneo claramente transicional tanto en marcadores morfológicos como moleculares cultivado en Egipto pero también en Chipre y el Magreb, CpfM 245 y 257, entre las datileras pertenece a los grupos 1 y 2, grupo 10 o híbrido en Phoenix. Pertenecen unas al occidental y otras al haplotipo oriental de <i>P. dactylifera</i> aunque su ADN nuclear ubica unas muestras en el occidental, otras en el oriental y bastantes en posición intermedia, presentando con el CpfM todas las combinaciones posibles
P. dactylifera Sahara Group	Tipo muy frecuente en Mali y el sur de España, especialmente en los oasis al sur del Sahara, CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas al 3 o híbridas, grupos 5, 7, 12 Phoenix. Son claramente parte del haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> . En España representarían la descendencia de introducciones de material norteafricano.
P. dactylifera Socotra Group	Grupo de variedades de datileras de la isla de Socotra, Arabia, Emiratos Árabes, Omán y las regiones occidentales de Irán, CpfM 257, entre las datileras pertenece al grupo 2, grupo 4 Phoenix. Pertenecen al haplotipo oriental de <i>P. dactylifera</i> y su ADN nuclear las ubica también en el grupo oriental. Constituirían el núcleo mejor definido del grupo oriental de <i>P. dactylifera</i> . En España y Perú existen poblaciones que se diferencian por pertenecer al grupo nuclear occidental (grupo español 1) y 12 Phoenix, que podrían ser descendientes de introducciones de palmeras orientales que se fueron hibridando a lo largo de sucesivas generaciones con las poblaciones occidentales.
P. dactylifera Socotra Group x P. arabica	Tipo encontrado en las montañas del Yemen en proximidad a las <i>P. arabica</i> , CpfM 257, entre las datileras pertenece al grupo 2, grupos 2 Phoenix y 12 PhoexDac. Muestran el haplotipo oriental de <i>P. dactylifera</i> . Parecen proceder de palmeras datileras orientales polinizadas por machos de <i>P. arabica</i> .
P. dactylifera x P. canariensis	De este híbrido solamente hemos podido estudiar una muestra procedente de El Siscar (Murcia). Se trata de un ejemplar procedente de una datilera española, grupo español 3, perteneciente al haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> , con CpfM 245, polinizada por un macho de <i>P. canariensis</i> . Presenta hojas e inflorescencias con características intermedias.
P. iberica	Ejemplares aislados en ramblas, humedales y palmerales del Sureste de España, con hojas cortas, muy glaucas, los machos presentan una producción masiva de polen de buena calidad y las hembras unos dátiles diminutos con poca carne y semilla elipsoidal. CpfM 245, entre las datileras pertenece al grupo 1 y en las españolas, a los grupos 1, 2 y 3, grupo 12 Phoenix. Muestran el haplotipo occidental de <i>P. dactylifera</i> y también el tipo nuclear occidental. Se encuentran relacionadas con P. Abanilla Group.
P. loureiroi	Poblaciones silvestres en la India y cultivadas en Europa. CpfM 233, grupos 13 Phoenix y 11 PhoexDac.
P. loureiroi var. hanceana	Aparentemente estaría representado por las poblaciones más orientales de la especie. CpfM 233 y 245, grupos 9 y 13 en Phoenix y 4 y 6 en PhoexDac.
P. loureiroi Huerto del Cura	Cultivada en el Huerto del cura de Elche como <i>P. loureiroi</i> var. <i>humilis</i> y también como <i>P. acaulis</i> . Presenta CpfM 245, y grupo 13 Phoenix y 11, con menor verosimilitud 10 y 6, en PhoexDac.. Podría estar relacionada con el grupo <i>P. loureiroi</i> Manipur ya que no presenta la robustez vegetativa propia de la variedad <i>hanceana</i> ..
P. loureiroi Manipur Group	Comercializadas como <i>P. loureiroi</i> Manipur. CpfM 245, grupo 13 en Phoenix y 11, con menor verosimilitud 6 y 1, en PhoexDac. Podría tener un origen híbrido en el que intervendría <i>P. paludosa</i> .
P. loureiroi pedunculata	Comercializadas como <i>P. loureiroi</i> var. <i>pedunculata</i> . CpfM 245, grupos 13 Phoenix y 10 PhoexDac.
P. loureiroi Tomás Font	Las hojas presentan abundantes ramos en el raquis. Comercializadas como <i>P. andamanensis</i> . CpfM 233, grupos 9 Phoenix y 9 PhoexDac. Podría estar relacionado con <i>P. loureiroi</i> var. <i>hanceana</i>
P. Palmer	Comercializadas como <i>P. acaulis</i> . CpfM 245, grupo 13 Phoenix. No es descartable que pueda tener un origen híbrido.
P. paludosa	Se trata de una especie propia de los manglares del Golfo de Tailandia, el Mar de Andamán y la Bahía de Bengala. Presenta como singularidad el micrópilo basal en la semilla y el envés de las hojas primordiales blanquecino. CpfM 233, grupos 6 Phoenix y 1 PhoexDac. Tres ejemplares de vivero presenta CpfM 245 y grupos 6 Phoenix y 1 PhoexDac, podría representar la existencia en la especie de un doble haplotipo, al igual que en <i>P. loureiroi</i> y con idénticos valores de CpfM.

Taxon	Valoración
<i>P. pusilla</i>	Incluye muestras de Sri Lanka y del sur de la India denominadas <i>P. zeylanica</i> o <i>P. farinifera</i> y muestras comercializadas como <i>P. pusilla</i> . CpfM 233, grupos 13 Phoenix y 1 PhoexDac.
<i>P. reclinata</i>	Los ejemplares cultivados analizados presentan CpfM 233 y grupos 2 Phoenix y 4 PhoexDac. Se han observado valores de CpfM de 238 en muestras procedentes del Okabango (Bostwana) y de Ruanda y grupos 2 Phoenix y 4 PhoexDac. En pliegos de herbario se detectaron CpfM 255 sobre material de Somalia meridional.
<i>P. reclinata</i> Hybrid	Se trata de ejemplares procedentes de viveros o jardines botánicos, morfológicamente identificables como <i>P. reclinata</i> más o menos robustas, presentan CpfM 233, pero los marcadores nucleares no permiten asignarlos a un grupo concreto de manera preferente y parecen ser híbridos de <i>P. reclinata</i> hembra polinizada por <i>P. canariensis</i> (ph033, ph150 y ph362) a tenor del porcentaje de asignación a los grupos 2 ( <i>P. reclinata</i> ) y 8 ( <i>P. canariensis</i> )
<i>P. roebelenii</i>	Comercializadas como <i>P. roebelenii</i> y <i>P. roebelenii</i> Mekong. CpfM 257 y grupos 13 Phoenix y 7 PhoexDac. No es descartable que algunas muestras puedan tener un origen híbrido.
<i>P. rupicola</i>	Procede de un área relativamente pequeña del Himalaya en Sikkim, al oriente de la India. Comercializadas como <i>P. rrupicola</i> . CpfM 279 y grupos 3 Phoenix y 8 PhoexDac.
<i>P. sylvestris</i>	Especie localizada en el subcontinente Indio. Comercializadas como <i>P. sylvestris</i> y <i>P. sylvestris</i> Gros Fruits. CpfM 245 y 257 y grupos 9 Phoenix y 2 PhoexDac. No es descartable que algunas muestras puedan tener un origen híbrido con poblaciones orientales de <i>P. dactylifera</i> .
<i>P. theophrasti</i>	Especie endémica del Mediterráneo oriental, la mayor parte de sus poblaciones se encuentran en la isla de Creta. CpfM 279 y grupos 11 en Phoenix y 5 en PhoexDac.
<i>P. theophrasti</i> Datça	Población situada en el SW de Anatolia. Los ejemplares muestreados presentan valores similares a los de Creta. CpfM 279 y grupos 11 en Phoenix y 5 en PhoexDac.
<i>P. theophrasti</i> Gölköy Hybrid	Dentro de la población de Gölköy existen ejemplares con CpfM 257, así como CpfM 279 y grupos H en Phoenix y 5 en PhoexDac. Se trataría de descendientes de una hibridación producida por la polinización de una palmera hembra con el haplotipo oriental de <i>P. dactylifera</i> por un macho de <i>P. theophrasti</i> .







## 5 Conclusiones

AS  
Agustín Hernández



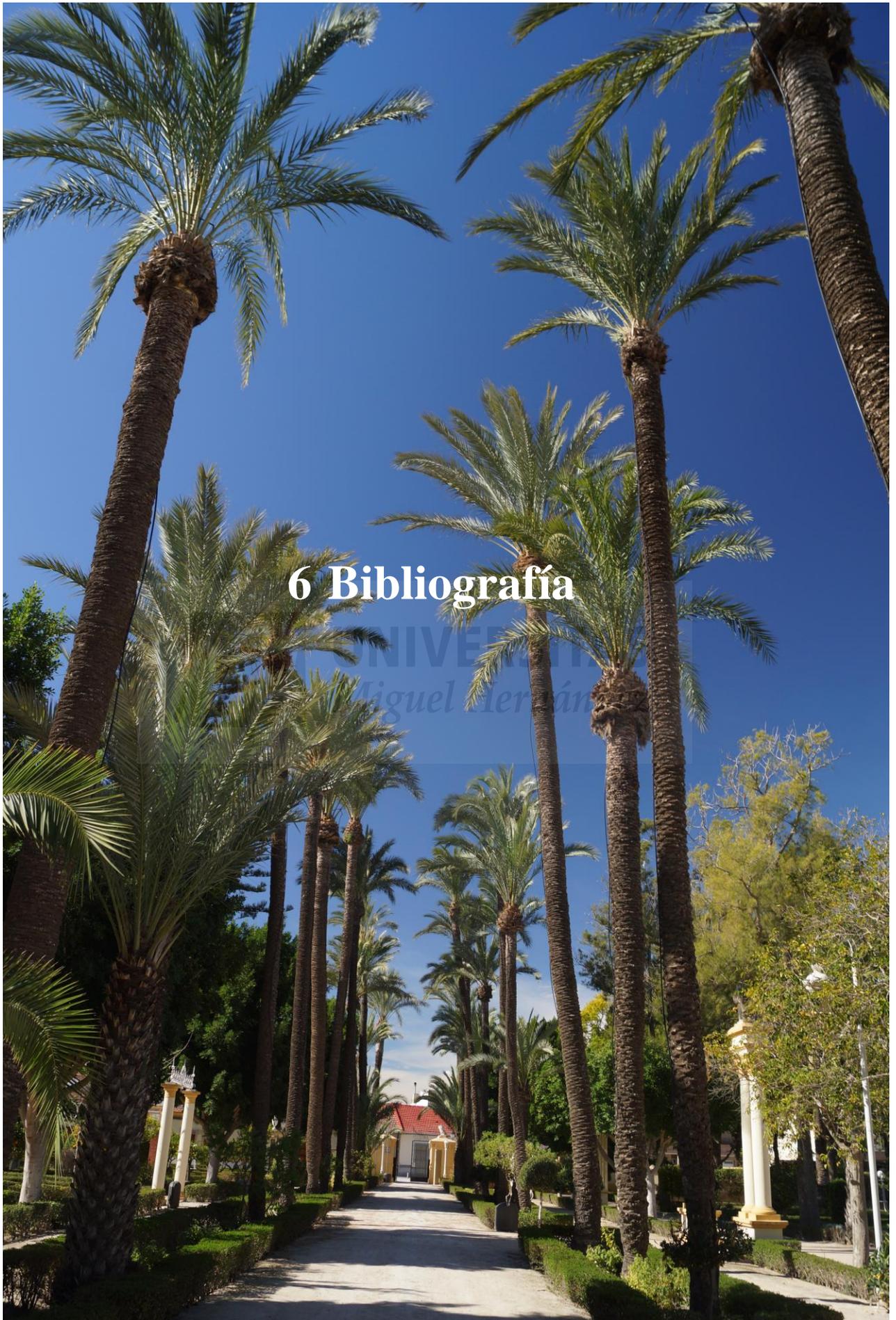
## 5.1 Conclusiones

A continuación se enumeran las conclusiones más relevantes que, a nuestro juicio, se desprenden de este trabajo de investigación:

1. Las muestras de palmera datilera recolectadas en España se integran mayoritariamente en el pool occidental de *P. dactylifera*. El haplotipo oriental se presenta en 4,1% del total de muestras y corresponde a introducciones recientes (siglos XIX y XX).
2. Las muestras identificadas como *P. iberica* están integradas en el pool occidental de *P. dactylifera*, sin aclarar su estatus como especie.
3. Se han detectado varios casos de captura cloroplástica en muestras de palmera datilera española, con haplotipo oriental y genotipo nuclear correspondiente al pool occidental.
4. Las muestras de palmera datilera recolectadas en España se alinean en cuatro grupos, sin estructura geográfica, como consecuencia del flujo de germoplasma existente entre las provincias muestreadas.
5. Se han detectado 18 casos de mal etiquetado entre las muestras estudiadas, así como 4 casos de hibridación entre distintas especies.
6. Se ha registrado un nuevo haplotipo para el marcador minisatélite CpfM, correspondiente a un fragmento de 264 bp, en algunas muestras etiquetadas como *Phoenix arabica*. La secuenciación de la región psbZ-trnfM separa algunas de estas muestras del linaje *P. dactylifera*, a falta de confirmación con otros marcadores.
7. Urge completar el genotipado de la Colección Nacional de *Phoenix* para garantizar la autenticidad de todas las accesiones y verificar que todas las especies están representadas.







## 6 Bibliografía



- Abbas, M.F., Abdul-Wahid, A.H., Abass, K.I. (2014). Metaxenic effect on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit in relation to level of endogenous auxins. *ABB Bioflux* 6(1):40-44.
- Abdrabo, S.S., (2013). Analytical methods applied to the chemical characterization and classification of palm dates (*Phoenix dactylifera* L.) from Elche's palm grove. Tesis doctoral, Universidad de Alicante.
- Agulló, R. (2009). Estudio de la variabilidad genética del Palmeral de Elche mediante marcadores moleculares. Trabajo Fin de Carrera EPSO-Universidad Miguel Hernández.
- Ahmed, M.V.O.M., Bouna, Z.E.O., Djeh, F., Mokhtar, T., Salem, A. (2011). Use of multivariate analysis to assess phenotypic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 127: 367–371
- Akkak A, Scariot V, Torello Marinoni D, Boccacci P, Beltramo C, Botta R (2009). Development and evaluation of microsatellite markers in *Phoenix dactylifera* L. and their transferability to other Phoenix species. *Biologia Plantarum* 53:164–166.
- Alam, M.K. (1992). Medical Ethnobotany of the Marma Tribe of Bangladesh. *Economic Botany* 46(3): 330–335.
- Al-Ani, B., Zaid, A., Shabana, H. (2010). On the Status of Chromosomes of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Proc. 4th Int. Date Palm Conference. Eds.: A. Zaid and G.A. Alhadrami. *Acta Hort.* 882, ISHS.
- Al-Dous EK1, George B, Al-Mahmoud ME, Al-Jaber MY, Wang H, Salameh YM, Al-Azwani EK, Chaluvadi S, Pontaroli AC, DeBarry J, Arondel V, Ohlrogge J, Saie IJ, Suliman-Elmeer KM, Bennetzen JL, Kruegger RR, Malek JA. (2011). De novo genome sequencing and comparative genomics of date palm (*Phoenix dactylifera* L). *Nature Biotechnology* 29: 521–527.
- Alfarhan, A.H. (2005). Flora of Jizan Region. Final report Vol. 1. King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST), Jizan.
- Al Kaabi, H. H., Zaid, A., Ainsworth, C. (2005). Plant-off-types in tissue culture derived date palm (*Phoenix dactylifera* L). En *Proceeding of The International Workshop on True-To-Typeness of Date Palm Tissue Culture-Derived Plants*, Morocco (pp. 23-25).
- Al-Khalifah, N.S., Askari. E. (2003). Molecular phylogeny of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia by D N A fingerprinting. *Theor.Appl.Gen* 107:1266-1270.
- Al-Khalifah, N.S. (2006). Metaxenia: influence of pollen on the maternal tissue of fruits of two cultivars of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Bangladesh J. Bot.* 35(2): 151-161
- Al-Ruqaishi, I.A., Davey, M., Alderson, P., Mayes, S., (2008). Genetic relationships and genotype tracing in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Oman based on microsatellite markers. *Plant Genet. Resour.* 61, 70–72.
- Al-Sheikh, H. (2009). Date-Palm Fruit Spoilage and Seed-Borne Fungi of Saudi Arabia. *Research Journal of Microbiology* 4(5): 208-213.
- Altieri, M. A., Merrick, L. C. (1987). In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Econ. Bot.* 41, 86–96.
- Al-Yahjai, R., Al-Khanjari, S. (2008). Biodiversity of date palm in the Sultanate of Oman. *African Journal of Agricultural Research* vol.3 (6): 389-395.
- Allahdou, M., Jaskani, M.J., Ahmad, S., Awan, F.S. (2015). Metaxenial effects on morphological attributes in date palm cvs. Hillawi and Khadrawy. *Pak. J. Agri. Sci.*, 52(2): 385-391.
- Amos, W., Hoffman, J.I., Frodsham, A., Zhang, L., Best, S., Hill, V.S. (2007). Automated binning of microsatellite alleles: problems and solutions. *Molecular Ecology Notes* 7: 10–14 doi: 10.1111/j.1471-8286.2006.01560.x
- Anderson, T. (1871). An Enumeration of the Palms of Sikkim. *Journal of the Linnean Society* 11:

4–14.

- Andreasen, K, Manktelow, M., Razafimandimbison, S.G. (2009). Successful DNA amplification of a more than 200-year-old herbarium specimen: recovering genetic material from the Linnaean era. *Taxon* 58(3): 959-962.
- Anonymous (1914). New Garden Plants of the year 1913. *Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Gardens, Kew Vol. 1914. Ap. 3: 55–86.*
- Arabnezhad H, Bahar, M, Reza Mohammadi H, Latifian M. (2012). Development, characterization and use of microsatellite markers for germplasm analysis in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Scientia Horticulturae* 134: 150–156.
- Arias A.S. *et al.* (1818). *Agricultura General de Alonso de Herrera. Vol. 2. Imprenta Real, Madrid.*
- Arnold, M.L., Buckner, C.M., Robinson, J.J. (1991). Pollen-mediated introgression and hybrid speciation in Louisiana irises. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88: 1398-1402.
- Asmussen, C.B., Dransfield, J., Deickmann, V., Barfod, A.S., Pintaud, J.C., Baker, W.J. (2006). A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA phylogeny. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 15-38.
- Augstburger, F., Berger, J., Cenkowsky, U., Heid, P., Milz, J. and Streit, C. (2002). Organic Farming in the tropics and subtropics. Exemplary description of 20 plants. *Date Palm. Naturland e. V. Gräfelting.*
- Awasthi, A.K. (1991). *Ethnobotanical Studies of the Negrito Islanders of Andaman Islands, India - The Great Andamanese. Economic Botany* 45(2): 274–280.
- Ayuntamiento de Orihuela. (2008). Informe - Memoria a la Comisión del Legado Histórico y artístico. Consell Valencià de Cultura en Orihuela, 9 de abril de 2008. Concejalía de Cultura, Orihuela.
- Ba-Angood, S. (2015). Date Palm Status and Perspective in Yemen. In *Date Palm Genetic Resources and Utilization* (pp. 241-263). Springer Netherlands.
- Baaziz, M., Saaidi, M. (1988). Preliminary identification of date palm cultivars by esterase isoenzymes and peroxidase activities. *Can. J. Bot.* 66:89–93.
- Baker WJ, Dransfield J. (2016). Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 182, 207–233. DOI: 10.1111/boj.12401.
- Baker WJ, Savolainen V, Asmussen-Lange CB, Chase, MW, Dransfield J, Forest F, Harley MM, Uhl NW, Wilkinson M. (2009). Complete generic-level phylogenetic analyses of palms (Arecaceae) with comparisons of supertree and supermatrix approaches. *Systematic Biology* 58: 240–256.
- Ballardini M, Mercuri A, Littardi C, Abbas S, Couderc M, Ludeña B, Pintaud JC (2013). The chloroplast DNA locus *psbZ-trnfM* as a potential barcode marker in *Phoenix* L. (Arecaceae). In: Nagy ZT, Backeljau T, De Meyer M, Jordaens K (Eds) *DNA barcoding: a practical tool for fundamental and applied biodiversity research. ZooKeys* 365: 71–82. doi: 10.3897/zookeys.365.5725
- Barkley, N.A., Roose, M.L., Kruegger, R.R., Federici C.T. (2006). Assessing genetic diversity and population structure in a germplasm collection utilizing simple sequence repeats markers (ssr). *Theor. Appl. Genet.* 112: 1519. doi: 10.1007/s00122-006-0255-9.
- Barrett CF, Baker WJ, Comer JR, Conran JG, Lahmeyer SC, Leebens-Mack JH, Li J, Lim GS, Mayfield-Jones DR, Perez L, Medina J, Pires JC, Santos C, Wm. Stevenson D, Zomlefer WB, Davis JI. (2016). Plastid genomes reveal support for deep phylogenetic relationships and extensive rate variation among palms and other commelinid monocots. *New Phytologist* 209: 855–870.
- Barrow, S. (1998). A monograph of *Phoenix* L. (Palmae: Coryphoideae). *Kew Bulletin* 53: 513-

575.

- Beccari, O. (1890). Revista monografica delle species del genera *Phoenix* L. Malesia 3: 345-416.
- Bergman, P. (2005). *Phoenix* hybrids: Those promiscuous *Phoenix*. Palms 181:21-23.
- Billotte, N., Marseillac, N., Brottier, P., Noyer, J.L., Jacquemoud-Collet, J.P., Moreau C., Couvreur, T., Chevallier, M.H., Pintaud, J.C., Risterucci, A.M. (2004). Nuclear microsatellite markers for the date palm (*Phoenix dactylifera* L.): characterization and utility across the genus *Phoenix* and in other palm genera. Mol Ecol Notes 4, 256-258.
- Bircher, W.H. (1990). The date palm; A Boon for Mankind. Cairo University Herbarium, Egypt.
- Bodian, A., Nachtigall, M., Frese, L., Elhoumaizi, M.H., Hasnaoui, A., Ndoye Ndir, K., Sané, D. (2014). Genetic Diversity Analysis of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Cultivars from Morocco Using SSR Markers. J Biodivers Biopros Dev 1(3). <http://dx.doi.org/10.4172/2376-0214.1000126>
- Bowers J, Boursiquot JM, This P, Chu K, Johansson M, Meredith C. (1999). Historical genetics: the parentage of Chardonnay, Gamay and other wine grapes of Northeastern France. Science, 285, 1562–1565.
- Cao, B.R., Chao, C.T. (2002). Identification of date cultivars in California using AFLP markers. HortScience 37:966-968
- Camarero, C. (2002). El Catastro de Ensenada. Magna averiguación fiscal para alivio de los Vasallos y mejor conocimiento de los Reinos. (1749-1756. (Dir. Concepción Camarero). Madrid: Ministerio de Hacienda. Dirección General del Catastro,.
- Cañizo, J.A. del. (2011). Palmeras. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid,
- Carabaza, J.M., García, E., Hernández, J.E., Martín-Consuegra, E. (2014). Palmeras en Al-Andalus. En: Ciencias de la naturaleza en Al-Andalus. Textos y estudios. García, E. (ed.). CSIC, Granada., pp. 255-278.
- Carreño, E. (2012). La diversidad genética en los palmerales del Sureste Ibérico como recurso agroambiental. Trabajo Fin de Master. EPSO- Universidad Miguel Hernández.
- Cavanilles, A.J. (1795-1797). Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia. 2 vols. Imprenta Real, Madrid.
- CEPAL (2014). Agricultura familiar y circuitos cortos. Nuevos esquemas de producción, comercialización y nutrición: Memoria del seminario sobre circuitos cortos realizado el 2 y 3 de septiembre de 2013. Series Seminarios y Conferencias 77.
- Collevatti R.G., Grattapaglia D., Hay J.D., (2001). Population genetic structure of the endangered tropical tree species *Caryocar brasiliense*, based on variability at microsatellite loci. Molecular Ecology 10:349-356
- Couvreur, T.L.P., Forest, F., Baker, W.J. (2011). Origin and global diversification patterns of tropical rain forests: inferences from a complete genus-level phylogeny of palms. BMC Biology, 9, 44. DOI: 10.1186/1741-7007-9-44.
- Chevalier A (1935). Les Iles du Cap Vert. Plantes nouvelles de l'Archipelago des Iles du Cap Vert. Bull. Mus. Nat. d'Hist. Nat., 2 ser. t VII, 137–139.
- Dana, E., Guillot, D., Laguna, E. (2009). Paisajes agrarios tradicionales. Palmeras y palmerales monumentales del complejo *Phoenix dactylifera* L. de la Almería semiárida. Indicaciones para la gestión. Bouteloua 6: 101-114.
- Davis, T. A., Joel A. (1989). *Phoenix acaulis* Buch ex Roxb. (Arecaceae) in South India. Palms, Cycads 23: 2–10.
- Díaz, S., Pire, C., Ferrer, J., Bonete, M.J. (2003). Identification of *Phoenix dactylifera* L. varieties based on amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. Cellular, Molecular

- Biology Letters 8: 891-899.
- Doyle J.J., Doyle J.L., (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus Biotechnology*, **12**, 13–15.
- Dransfield J, Uhl NW, Asmussen CB, Baker WJ, Harley MM, Lewis CE. (2008). *Genera Palmarum – the evolution and classification of palms*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Earl, D.A., vonHoldt, B.M. (2012). STRUCTURE HARVESTER: a website and a program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources* vol.4 (2): 359-361.
- El-Assar, A.M., Krueger, R.R., Devanad, P.S., Chao, C.T. (2005). Genetic analysis of Egyptian date (*Phoenix dactylifera* L.) accessions using AFLP markers. *Genet Resour Crop Evol* 52:601–607.
- El-Houmaizi, M.A., Devanand, P.S., Fang, J., Chao, C.T. (2006). Confirmation of Medjool date as a landrace variety through genetic analysis of Medjool accessions in Morocco. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131 (3): 403-407.
- El-Houmaizi, M.A., Saaidi, M., Oihabi, A., Cilas, C., (2002). Phenotypic diversity of datepalm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genet. Resour. Crop Evol.* 49, 483–490
- Elmeer, K., Mattat, I. (2015). Genetic diversity of Qatari date palm using SSR markers. *Genet. Mol. Res.* 14 (1): 1624-1635 (2015)
- Elshibli, S., Korpelainen, H. (2007). Microsatellite markers reveal high genetic diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) germplasm from Sudan. *Genetica*. DOI 10.1007/s10709-007-9232-8
- Elshibli, S., Korpelainen, H. (2009). Biodiversity of date palms (*Phoenix dactylifera* L.) in Sudan: chemical, morphological and DNA polymorphisms of selected cultivars. *Plant. Genet. Res. Charac. Util* 7: 194-203.
- Elshibli, S., Korpelainen, H. (2011). Biodiversity in Date Palm: molecular markers as indicators. In: *Date Palm Biotechnology*. Jain, S.M *et al.* (eds). Chapter 19. DOI 10.1007/978-94-007-1318-5\_19.
- Escribano, J.M. (1884). *Pomona de la provincia de Murcia*. Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo 10. Imprenta de la viuda e hijo de Aguado, Madrid.
- Evanno G., Regnaut S., Goudet J., (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Mol Ecol* 14: 2611–2620.
- FAOSTAT (2017). *FaoStat*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>, accedido 15/06/2017.
- Fendri, M., Trujillo, I., Trigui, A., Rodríguez-García, M.I., Alché, J.D. (2010). Simple Sequence Repeat Identification and Endocarp Characterization of Olive Tree Accessions in a Tunisian Germplasm Collection. *HortScience* 45(10):1429-1436.
- Ferry, M., Gómez, S., Jiménez, E., Navarro, J., Ruipérez, E., Vilella, J. (2002). The date palm grove of Elche, Spain: research for the sustainable preservation of a World Heritage Site. *Palms* 46(3):139-148.
- García-Mercadal, J. (1999). *Viajes de Extranjeros por España y Portugal: Desde los tiempos más remotos hasta comienzos del Siglo XX*. Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, Valladolid.
- GBIF (2017). <http://www.gbif.org/species/108442194>, accedido 23/02/2017.
- Gillet, E. (1999a). DNA markers: concepts and characteristics. En: *Which DNA Marker for Which Purpose? Final Compendium of the Research Project “Development, optimisation and validation of molecular tools for assessment of biodiversity in forest trees in the European*

- Union” DGXII Biotechnology FW IV Research Programme. Molecular Tools for Biodiversity. Gillet, E.M. (ed.). Chapter 2.
- Gillet, E. (1999b). Purposes – Classification and desired marker characteristics. In: Which DNA Marker for Which Purpose? Final Compendium of the Research Project “Development, optimisation and validation of molecular tools for assessment of biodiversity in forest trees in the European Union” DGXII Biotechnology FW IV Research Programme. Molecular Tools for Biodiversity. Gillet, E.M. (ed.). Chapter 3.
- Gómez, M., Cebrián, A. (1987). Antecedentes socioeconómicos del Oriente Manchego (Villarrobledo - Albacete). Papeles de Geografía 13: 127-140.
- Gómez-Vives, S., Ferry, M. (2010). La palmeraie historique d’Elche. En: Biotechnologies du palmier dattier. Aberlenc-Bertossi, F. (ed.) Actes du 3eme Séminaire du Réseau AUF-BIOVEG. IRD Editions, Paris.
- González-Pérez, M. A., Caujapé-Castells, J., Sosa, P.A. (2004). Molecular evidence of hybridisation between the endemic *Phoenix canariensis* and the widespread *P. dactylifera* with random amplified polymorphism DNA (RAPD) markers. Plant Syst. Evol. 247:165-175.
- González-Pérez, M. A., Sosa, P.A. (2009). Hybridisation and introgression between the endemic *Phoenix canariensis* and the introduced *P. dactylifera* in the Canary Islands. Open For. Sci. J. 2:78-85.
- Govaerts, R., Dransfield, J. (2014). World Checklist of Palms. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Gracia, L. (2007): Tesis doctoral “Indicadores ambientales y paisajísticos del Palmeral de Elche”. Universidad Miguel Hernández de Elche, Elche.
- Gracia, L. y Ortiz, C. (2010). El palmeral de Elche. Facilitado por Phoenix Project France-Italy 2011. 10 pp.
- Gros-Balthazar, M. (2013). Hybridization in the genus *Phoenix*: a review. Emir.J. Food Agric. 25 (11): 831-842.
- Gros-Balthazard M, Newton C, Ivorra S, Pierre M-H, Pintaud J-C, Terral J-F (2016). The Domestication Syndrome in *Phoenix dactylifera* Seeds: Toward the Identification of Wild Date Palm Populations. PLoS ONE 11(3): e0152394. doi:10.1371/journal.pone.0152394
- Gruezo, W.S., Fernando E. (1985). Notes on *Phoenix hanceana* var. *philippinensis* in the Batanes Islands, Philippines. Principes 29(4): 170–176.
- Guerrero, A. (2009). Estudio de la variabilidad genética de palmeras del Campo de Elche mediante marcadores moleculares. Trabajo Fin de Carrera EPSO-Universidad Miguel Hernández.
- Gurevich, V, Lavi, U., Cohen, Y. (2005). Genetic variation in date palms propagated from offshoots and tissue culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130: 46-53.
- Haines H.H. (1922). The Botany of Bihar and Orissa. Vol. 4. The Government of Bihar and Orissa, London.
- Hamrick J.L, Godt M., Sherman-Broyles S. (1992). Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. New Forests 6: 95-124.
- Henderson, S., Billotte, N., Pintaud, J.C. (2006). Genetic isolation of Cape Verde Island *Phoenix atlantica* (Arecaceae) revealed by microsatellite markers. Conservation Genetics 7: 213-223.
- Henderson, S., Gomes, I., Gomes S., Baker. W. (2003). *Phoenix* in the Cape Verde Islands. Palms 47/1. En <http://www.palms.org/palmsjournal/2003/capeverde.htm> (last accessed 4/2/2011).
- Hort A. (1916). Theophrastus Enquiry into Plants and minor works on odours and weather signs. William Heinemann, Londres.
- IPGRI, (2005). Descripteur du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). IPGRI, Roma.

- Irvine, F.R. (1952). Supplementary and Emergency Food Plants of West Africa. *Economic Botany* 6(1): 23–40.
- Jadarat, A.A. (2016). Genetic Erosion of *Phoenix dactylifera* L.: Perceptible, probable or possible. In: Genetic Diversity and Erosion in Plants. Case histories, vol 2. Ahuja, M.R., Jain, M.S., eds. Springer.
- Jain, S., Tarafder. C. (1970). Medicinal Plant-Lore of the Santals. *Economic Botany* 24: 241–278.
- Jarvis, D. I., Zoes, V., Nares, D., Hodgkin, T. (2004) On-farm management of crop genetic diversity and the Convention on Biological Diversity's programme of work on agricultural biodiversity. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 138, 5–17.
- Johnson, D., Al-Khairy, J., M., Jain, S.M. (2013). Seedling date palms (*Phoenix dactylifera* L.) as genetic resources. *Emir. J. Food Agric.* 25 (11): 809-830.
- Jones W. (1961). *Pliny Natural History*. Vol. VI. Libri XX-XXIII. Cambridge: Harvard University Press.
- Jones W. (1963). *Pliny Natural History*. Vol. VIII. Libri XXVIII-XXXII. Cambridge: Harvard University Press.
- Jones W. (1966). *Pliny Natural History*. Vol. VII. Libri XXIV-XXVII. Cambridge: Harvard University Press.
- Kalinowski, S.T. (2011). The computer program STRUCTURE does not reliably identify the main genetic clusters within species: simulations and implications for human population structure. *Heredity* 106: 625-632.
- Katoh, K., Toh, H. (2008). Recent developments in the MAFFT multiple sequence alignment program. *Briefings in Bioinformatics* 9 (4): 268-298 (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/mafft/>, accedido 22/06/2017).
- Khierallah, H.S.M., Bader, S.M., Baum, M., Hamwieh, A. (2011). Genetic Diversity of Iraqi Date Palms Revealed By Microsatellite Polymorphism. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136(4):282–287.
- Laguna, E., Rivera, D., Obón, C., Alcaraz, F., (2012). *Phoenix canariensis* var. *porphyrococca* en el Levante español. *Bouteloua* 9, 3–10.
- Larrosa, J.A. (2003). El palmeral de Elche: patrimonio, gestión y turismo. *Investigaciones Geográficas* 30: 77-96.
- Levadoux, L. (1956). Les populations sauvages et cultivées de *Vitis vinifera* L. *Annales de l'amélioration des plantes*, 59-118.
- Magyari, E.K., Major, A., Bálint, M., Nédli, J., Braun, M., Racz, I., Parducci, L. (2011). Population dynamics and genetic changes of *Picea abies* in the South Carpathians revealed by pollen and ancient DNA analyses. *BMC Evolutionary Biology* 11:66.
- Manen JF, Bouby L, Dalnoki O, Marinval P, Turgay M, Schlumbaum, A (2003). Microsatellites from archaeological *Vitis vinifera* seeds allow a tentative assignment of the geographical origin of ancient cultivars. *J Archaeol Sci* 30:721–729.
- Manohara, T.N., Linto, E.L., Renuka, C. (2012). Current Status of Distribution of Palms other than Rattans in Andaman and Nicobar Islands. In: Recent advances in biodiversity in India, pp. 67-74. Ragunathan, C., Sivaperuman, C., Venkataraman, K. (eds.). Calcutta Repro Graphics, 529 pp.
- MAPAMA 2013. Catálogo español de especies exóticas invasoras. *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790). [www.mapama.gob.es/g/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/rhynchophorus\\_ferrugineus\\_2013\\_tcm10-307042.pdf](http://www.mapama.gob.es/g/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/rhynchophorus_ferrugineus_2013_tcm10-307042.pdf) (accedido 19/07/2017).
- Martín-Sánchez AM, Ciro-Gómez G, Sayas E, Vilella-Esplá J, Ben-Abda J, Pérez-Álvarez JA. (2013). Date palm by-products as a new ingredient for the meat industry application to pork

- liver pâté. *Meat Sci* 93:880–887.
- Mathew, L.S., Seidel, M.A., George, B., Mathew, S., Spannag, M., Haberer, G., Torres, M.F., Al-Dous, E.K., Al-Azwani, E.K., Diboun, I., Krueger, R.R., Mayer, K.F.X., Mohamoud, Y.A., Suhre, K., Malek, J.A. (2015). A Genome-Wide Survey of Date Palm Cultivars Supports Two Major Subpopulations in *Phoenix dactylifera*. *Gene, Genome, Genetics* 5: 1429-1438.
- Maundu, P., Ngugi G., Kabuye, C. (1999). *Traditional Food Plants of Kenya*. National Museum of Kenya, Nairobi.
- Medina, M. (1990). *Historia de Archena, Vol 1.: De los Primeros Pobladores al Siglo XIX*. Caja Murcia y Ayto de Archena, Archena.
- Moussouni S, Pintaud J-C, Vigouroux Y, Bouguedoura N (2017). Diversity of Algerian oases date palm (*Phoenix dactylifera* L., Areaceae): Heterozygote excess and cryptic structure suggest farmer management had a major impact on diversity. *PLoS ONE* 12(4): e0175232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175232>
- Moustafa, A.A. (2001). The effect of pollen source on fruit characteristics of "Seewy" date cultivar. Second International Conference on Date Palms. Al-Ain, United Arab Emirates.
- Mullis, K. (1990). The unusual origin of the polymerase Chain reaction. *Scientific American* April 56-65.
- Muñoz-Palao, J.M. (1929). La palmera datilera. *Publicaciones de la Confederación Sindical Hidrográfica del Segura, Murcia*, 200 pp.
- Newton, C., Gros-Balthazard, M., Ivorra, S., Paradis, L., Pintaud, J.C. and Terral, J.F. (2013). *Phoenix dactylifera* L. and *P. sylvestris* in Northwestern India: A glimpse into their complex relationships. *Palms* 57:37-50.
- Nixon, R.W. 1926. Experiments with selected pollens. *Date Grow. Inst. Rep.* 3:11-14.
- Nixon, R.W. 1927. Further evidence of direct effect of pollen on fruit of date palm. *Date Grow. Inst. Rep.* 4:7-9.
- Obae, S.G., Brand, M.H., Kaitany, R.C. (2013). Using Amplified Fragment Length Polymorphism Markers to Confirm Identity and Correct Labeling of Japanese Barberry (*Berberis thunbergii*) Cultivars in the Market. *HortScience* 48(2): 150-157.
- Obón, C., Rivera, D., Alcaraz, F.J., Amoros A., Diaz G., Laguna E. (en preparación). El Género *Phoenix*. Cátedra de la Palmera, Universidad Miguel Hernández, Elche.
- Olfati J.A., Sheykhtaher Z., Qamgosar R., Khasmakhi-Sabet A., Peyvast G.H., Samizadeh H., Rabiee B. (2010). Xenia and metaxenia on cucumber fruit and seed characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, 16, 243–252.
- Ould Mohamed Salem, A., Rhouma, S., Zehdi, S., Marrakchi, M., Trifi, M., (2008). Morphological variability of Mauritanian date-palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars as revealed by vegetative traits. *Acta Bot. Croat.* 67 (1), 81–90.
- Padmanabhar, D., Sudharsan C. (1988). Mass Destruction of *Phoenix louririi* in South India. *Principes* 32(3): 118–123.
- Palmeb (2017). *Palmweb: Palms of the World Online*. Published on the internet <http://www.palmweb.org/node/2>, accedido 9/06/2017
- Parducci, L., Petit, R.J. (2004). Ancient DNA: unlocking plants' fossil secrets. *New Phytologist* 161: 335-339.
- Peakall, R. and Smouse P.E. (2012). GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28, 2537-2539.
- Pelleronei, F., Edwards, K., Thomas, M. (2001). Grapevine microsatellite repeats: Isolation, characterisation and use for genotyping of grape germplasm from Southern Italy. *Vitis* 40(4): 179-186.
- Perrier X., Jacquemoud-Collet J.P. (2006). DARwin software <http://darwin.cirad.fr/darwin>
- Perrier, X., Flori, A., Bonnot, F. (2003). *Data analysis methods*. En: Hamon, P., Seguin, M., Perrier,

- X., Glaszmann, J. C. (Eds.), Genetic diversity of cultivated tropical plants. Enfield, Science Publishers. Montpellier. Pp 43 – 76.
- Pietrykowski, B. (2004). You are what you eat: The social economy of the slow food movement. *Review of social economy*, 62(3), 307-321.
- Pintaud, J. C., Ludena, B., Zehdi, S., Gros-Balthazard, M., Ivorra, S., Terral, J.F., Newton, C., Tengberg, M., Santoni, S., Boughedoura, N. (2013). Biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): insights on the origin and on the structure of modern diversity. *Acta Hort.* 994:19–36.
- Pintaud, J. C., Zehdi, S., Couvreur, T., Barrow, S., Henderson, S., Aberlenc-Bertossi, F., Tregear, J., Billotte, N. (2010). Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). Pp. 267–286 in Seberg O., Petersen, G, Barfod, A.S. AND Davis, J.I. (eds.). *Diversity, Phylogeny and Evolution in the Monocotyledons*. Aarhus University Press, Denmark.
- Plantlist (2017). The Plant List. <http://www.theplantlist.org/> accedido 22 junio 2017.
- Popenoe, O. (1973). The date palm (Field Research Projects, Miami, FL).
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945–959.
- Puechmaille, S.J. (2016). The program STRUCTURE does not reliably recover the correct population structure when sampling is uneven: sub-sampling and new estimators alleviate the problem. *Molecular Ecology Resources* 16: 608-627.
- Rinehart, T.A., Reed, S.M. (2006). Using DNA fingerprinting to identify mislabeled plants in the trade: an example from Hydrangea. *SNA Research Conference – Vol 51*: 580-583.
- Rivera, D., Obón C., Alcaraz F., Egea T., Carreño E., Laguna E., Santos A., Wildpret W. (2013a). A review of the nomenclature and typification of the Canary Islands endemic palm, *Phoenix canariensis* (Arecaceae). *Taxon* 62(6), 1275–1282.
- Rivera D, Johnson D, Delgadillo J, Carrillo M.H., Obón C., Krueger R., Alcaraz F., Ríos S., Carreño E. (2013b). Historical evidence of the Spanish introduction of date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae) into the Americas. *Genet Res Crop Evol* 60:1433–1452.
- Rivera D., Obón C., García-Arteaga J., Egea T., Alcaraz F., Laguna E., Carreño E., Johnson D., Krueger R., Delgadillo J., Ríos S., (2014a). Carpological analysis of *Phoenix* (Arecaceae): contributions to the taxonomy and evolutionary history of the genus. *Bot J Linn Soc.*; 175: 74–122. doi: 10.1111/boj.12164.
- Rivera D., Obón C., Verde A., Fajardo J., Valdés A., Alcaraz F., Carreño E., Heinrich M., Martínez-Rico M., Ríos S., Martínez-Francés V., Laguna E. (2014b). La palmera datilera y la palmera canaria en la fitoterapia tradicional de España. *Revista de Fitoterapia* 14:67–81.
- Rivera, D. y Obón, C. (1991): Guía de Incafo de las plantas útiles y venenosas de la Península Ibérica y Baleares (excluidas medicinales). Ed. Incafo S.A., Madrid.
- Rivera, D., Obón, C., Alcaraz, F., Egea, T., Carreño, E., Laguna, E., Saro I., Sosa, P. A. (2014c). The date palm with blue dates *Phoenix senegalensis* André (Arecaceae): A horticultural enigma is solved. *Scientia Horticulturae*, 180, 236-242.
- Rivera, D., Obón, C., Alcaraz, F., Egea, T., Carreño, E., Laguna, E., Santos, A., Wildpret, W. (2013a). A review of the nomenclature and typification of the Canary Islands endemic palm, *Phoenix canariensis* (Arecaceae). *Taxon*, 62(6), 1275-1282.
- Rivera, D., Obón, C., Carreño, E., Inocencio, C., Alcaraz, F., Ríos, S., Palazón, JA., Vázquez, L., Laguna, E. (2008). Morphological systematics of date-palm diversity (*Phoenix*, Arecaceae) in Western Europe and some preliminary molecular results. *Acta Hort.* 799, ISHS 2008, pp 97-104.

- Rivera, D., Obón, C., Carreño, E., Inocencio, C., Alcaraz, F., Ríos, S., Palazón, J.A., Vázquez, L., Laguna, E. (2007). Morphological systematics of datepalm diversity (*Phoenix*, Arecaceae). 5th Symposium on the Taxonomy of Cultivated Plants (ISTCP), Wageningen.
- Rivera, D., Obón, C., Ríos, S., Selma, C., Méndez, F., Verde, A. y Cano, F. (1997). Las variedades tradicionales de frutales de la Cuenca del Río Segura. Catálogo Etnobotánico (I): Frutos secos, oleaginosos, frutales de hueso, almendros y frutales de pepita. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia.
- Robinson, O., Dylus, D., Dessimoz, C. (2016). Phylo.io: interactive viewing and comparison of large phylogenetic trees on the web. Doi: arXiv: 162.04258.v1 (q-bio.PE).
- Roxburgh, W. (1832). Flora Indica. Vol. 3. W. Thacker and Co., Serampore.
- Sabir, A. (2015). Xenia and metaxenia in grapes: differences in berry and seed characteristics of maternal grape cv “Narince” (*Vitis vinifera* L.) as influenced by different pollen sources. Plant Biology 17: 567-573.
- Sakka H., Zehdi S., Ould Mohamed Salem A., Rouma A., Marrakchi M. and Trifi M., (2004). Genetic polymorphism of plastid DNA in Tunisian date palm germplasm (*Phoenix dactylifera* L.) detected with PCR-RFLP. Genetic Resources and Crop Evolution 51: 479 – 487.
- Samaan L.G., Taha M.W., Hassan A.H., Boraby M.S.E. (1981). Pollination and serological studies on Egyptian grapes. Vitis, 20, 293–301.
- Sánchez, J.M (2009). Estudio de la variabilidad genética en el Palmeral de Orihuela mediante marcadores microsatélites. Trabajo Fin de Carrera EPSO. Universidad Miguel Hernández.
- Sánchez-Zapata E, Fernández-López J, Peñaranda M, Fuentes-Zaragoza E., Sendra E., Sayas E., Perez-Alvarez J.A. (2011). Technological properties of date pasta obtained from date by products and its effect on the quality of a cooked meat product. Food Res Int 44: 2401-2407.
- Sanderson, G., (2001). Natural history of the date palm *Phoenix dactylifera*. Emirates Natural History Group.en www.enhg.org/articles/date.html, accedido 10/06/2017.
- Sans, F.X. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. Ecosistemas 16(1):44-49.
- Sarkinen T, Staats M, Richardson JE, Cowan RS, Bakker FT (2012). How to Open the Treasure Chest? Optimising DNA Extraction from Herbarium Specimens. PLoS ONE 7(8): e43808. doi:10.1371/journal.pone.0043808.
- Saro, I., González-Pérez, M.A., García-Verdugo, C., Sosa, P.A. (2015). Patterns of genetic diversity in *Phoenix canariensis*, a widespread oceanic palm (species) endemic from the Canarian archipelago. Tree Genetics & Genomes, 11:815 doi: 10.1007/s11295-014-0815-0.
- Scarcelli, N, Barnaud, A., Eiserhardt, W., Treier, U.A., Seveno, M., d'Anfray, A., Vigouroux, Y., Pintaud, J.C. (2011). A Set of 100 Chloroplast DNA Primer Pairs to Study Population Genetics and Phylogeny in Monocotyledons. PLoS ONE 6(5): e19954. doi:10.1371/journal.pone.0019954.
- Schlumbaum, A, Tensen, M, Jaenicke-Després, V. (2008). Ancient plant DNA in archaeobotany. Vegetation History and Archaeobotany, 17:233-244.
- Sedra. M, Las Hermes. P, Trouslot. P, Combes. M, Hamon. S (1998). Identification and genetic diversity analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties from morocco using RAPD markers. Euphytica, 103: 75-82.
- Staats. M, Cuenca, A, Richardson. JE, Vrieling-van Ginkel, R, Petersen, G, Seberg, O., Bakker, F.T. (2011). DNA Damage in Plant Herbarium Tissue. PLoS ONE 6(12): e28448. doi:10.1371/journal.pone.0028448
- Steele KP, Vilgalys R. (1994). Phylogenetic analyses of Polemoniaceae using nucleotide sequences of the plastid gene matK. Systematic Botany 19: 126–142.

- Sudhersan, C., S. Jibil Manuel, Al-Sabah, L. (2010). Xenic and metaxenic effect of *Phoenix pusilla* pollen on certain date palm cultivars. *Acta Hort.* 882:297-302.
- Sudhersan, C., Sudhersan, J., Ashkanani, J., Al-Sabah, L. (2015). Date palm status and perspectives in Kuwait. In: *Date palm genetic resources and utilization. Vol 2: Asia and Europe.* Al-Khayri, J.M., Jain, S.M., Johnson, D. (eds.). DOI 10.1007/978-94-017-9707-8\_9
- Swingle, W.T.(1928). Metaxenia in the date palm: possibly a hormone action by the embryo or the endosperm. *Journal of Heredity* 19: 257-268
- Tengberg, M. (2012). Beginnings and early history of date palm garden cultivation in the Middle East. *Journal of Arid Environments* 86: 139-147.
- Terral, J.F., Newton, C., Ivorra, S., Gros-Balthazard, M., Tito de Moraes, C., Picq S., Tengberg M., Pintaud J.C. (2012). First insights into the complex structure of date palm agrobiodiversity (*Phoenix dactylifera* L.) and history of ancient Egyptian cultivated forms assessed by geometric morphometrical analysis of modern and archaeological seeds. *J Biogeogr.*; 39: 929–941.
- Trimen, H., Hooker J. (1898). *Flora of Ceylon. Part 4.* Dolau, Co., London.
- Turnbull, C., Butler D., Cryer N., Zhang D., Lanaud C., Daymond A., Ford C., Wilkinson M., Hadley P. (2003). Tackling mislabelling in cocoa germplasm collections. *Ingenic Newsletter:* 8-11.
- Viciana, M. de (1881). *Segunda y Tercera Parte de la Crónica de Valencia.* Sociedad Valenciana de Bibliófilos, Valencia.
- Vigouroux, Y., Glaubitz, J.C., Matsuoka, Y., Goodman, M.M., Sánchez, J., Doebley, J. (2008). Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95(10): 1240-1253.
- Villa, T.C.C., Maxted, N., Scholten, M., Ford-Lloyd, B. (2006). Defining and indentifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3(3): 373-384 doi: 10.1079/PGR200591.
- Virchow, D. (1999). *Conservation of genetic resources – cost and implications for a sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture.* Springer Verlag, Berlin.
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Plot, J., Peleman, J., Kuiper, M., Zabeau, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucl Acids Res* 23:4407–4414.
- Webb, P., Berthelot, S. (1836). *Histoire Naturelle des Iles Canaries. Vol. 3.* Ministere de l'Instruction Publique, Paris.
- Weiss, E. (1973). Some Indigenous Trees and Shrubs Used by Local Fishermen on the East African Coast. *Economic Botany* 27(2): 174–192.
- Wildpret, H. (1880). *Catálogo general de German Wildpret Horticultor y Floricultor.* German Wildpret. La Orotava, Tenerife.
- Wrigley, G. (1995). Date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In: Smartt J, Simmonds NW (eds) *The evolution of crop plants.* Longman, Londres.
- Zehdi, S., Cherif, E., Rhouma, S., Santoni, S., Hannachi, A.S., Pintaud, J.P. (2012). Molecular polymorphism and genetic relationships in date palm (*Phoenix dactylifera* L.): The utility of nuclear microsatellite markers. *Scientia Horticulturae* 148: 255-263.
- Zehdi, S., Sakka, H., Rhouma, A., Ould Mohamed Salem, A., Marrakchi, M., Trifi, M. (2004). Analysis of Tunisian date palm germplasm using simple sequence repeat primers. *African Journal of Biotechnology* 3: 215-219.
- Zehdi-Azouzi, S., Cherif, E., Moussouni, S., Gros-Balthazar, M., Naqvi, S.A., Ludeña, B., Castillo, K., Chabrilange, N., Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Si-Dehbi, F., Abdoukader, S., Daher,

- A., Terral, J.F., Santoni, S., Ballardini, M., Mercuri, A., Ben Salah, M., Kadri, K., Othmani, A., Littardi, C., Salhi-Hannachi, A., Pintaud, J.C., Aberlenc-Bertossi, F. (2015). Genetic structure of the date palm (*Phoenix dactylifera*) in the Old World reveals a strong differentiation between eastern and western populations. *Annals of Botany* 116: 101-112.
- Zohary D., Hopf M. (1988). *Domestication of Plants in the Old World. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley.* Oxford Science Publications. Oxford.

