

**ANÁLISIS CARIOTÍPICO DE *LIMONIUM* MILL. SECCIÓN
PTEROCLADOS BOISS. SUBSECCIÓN *NOBILES* BOISS.
(PLUMBAGINACEAE)**

ROSA FEBLES Y ELISA PÉREZ-RODRÍGUEZ

Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo". Apartado 14. Tafira Alta. 35017. Las Palmas de Gran Canaria.
rfebles@grancanaria.com

Recibido: Marzo 2004

Palabras clave: Plumbaginaceae, *Limonium*, sección *Pteroclados*, subsección *Nobiles*, cariotipos, islas Canarias

Key words: Plumbaginaceae, *Limonium*, section *Pteroclados*, subsection *Nobiles*, karyotypes, Canary islands

RESUMEN

Se describen los cariotipos de 9 especies y una subespecie del género *Limonium* sección *Pteroclados* subsección *Nobiles*, endémica del archipiélago canario. Todas las especies estudiadas son diploides, $2n=14$ con el número básico $x=7$ exclusivo de esta subsección. Presentan un cariotipo altamente simétrico constituido por 7 pares cromosómicos metacéntricos (7m) en todos los taxones, excepto los endemismos de las islas orientales, *L. bourgeaui* y *L. puberulum*, con 6m y 1sm (par 7). Se discute la gran uniformidad que presentan los taxones de esta subsección endémica tanto en lo que se refiere al número como a la morfología de los cromosomas, frente a la gran variabilidad cariotípica que a nivel general presenta el género.

SUMMARY

The karyotypes of 9 species and one subspecies of the genus *Limonium*, section *Pteroclados* subsection *Nobiles* which is endemic to the Canary Islands are described. All the species studied are diploids, $2n = 14$ with the base number $x = 7$ which is exclusive to this subsection. The karyotype is highly symmetrical, made up of 7 pairs of metacentric (7 m) chromosomes in all the taxa except for the endemics of the Eastern Islands *L. bourgeaui* and *L. puberulum* with 6 m and 1sm (pair 7). The uniformity of the species in this endemic subsection both in chromosome number and morphology compared to the great karyotype variation general of the genus is discussed.

INTRODUCCIÓN

Limonium Mill. es un género cosmopolita formado por más de 400 especies incluidas en 12 secciones (BOISSIER, 1848, BAKER, 1953a; SVENNIUS, 1960; LLEDÓ *et al.*, 2003) y con dos centros de diversidad, uno en el Mediterráneo occidental y otro en las estepas asiáticas (ERBEN, 1993). En Canarias el género está

representado por 27 taxones, 24 de los cuales son endémicos (HANSEN & SUNDING, 1993; MESA *et al.*, 2001; MARRERO & ALMEIDA, 2003). Están incluidos en cuatro secciones (Tabla 1): 1) sección *Ctenostachys* representada por 2 especies, *L. pectinatum* (con 4 variedades, en la misma o diferente isla) y *L. papillatum*; 2) sección *Limonium* con dos subsecciones, *Densiflorae* con la subespecie endémica *L. ovalifolium* subsp. *canariense* e *Hyalolepideae* con *L. tuberculatum* (especie no endémica presente también en África occidental); 3) sección *Limoni dendron* monotípica con la especie *L. dendroides* endemismo de isla de La Gomera; y 4) sección *Pteroclados* con dos subsecciones: a) *Odontolepideae* formada por dos especies de distribución mediterránea, *L. sinuatum* naturalizada en Gran Canaria y *L. thouinii* nativa en Tenerife y Fuerteventura (KUNKEL & SUNDING, 1967) y una especie de Argelia (no presente en Canarias), *L. bonduellii* (BAKER, 1953a), y b) subsección *Nobiles* endémica del archipiélago canario y compuesta por 16 taxones (15 especies y una subespecie), tres de ellas descritas recientemente (MESA *et al.*, 2001; MARRERO & ALMEIDA, 2003), tratándose, por tanto, el grupo más ampliamente representado en el archipiélago y objeto de este estudio. En todos los casos para la denominación de las especies se ha utilizado la nomenclatura adoptada por HANSEN & SUNDING (1993).

Las especies del género *Limonium* ocupan generalmente áreas pequeñas y aisladas, en ambientes marinos, sobre sustratos salinos y áridos (ERBEN, 1993), sin embargo, el grupo de la subsección *Nobiles* de Canarias aunque presenta algunas especies ligadas a ambientes similares, en general litorales, puede ascender a pisos de vegetación más montanos (en muchos casos también influenciados por aire marino), ocupando hábitats en laderas y andenes en los dominios del cardonal-tabaibal, de las formaciones termoescleófilas, en los bordes inferiores del monte verde, o incluso en los dominios del pinar canario, siendo frecuentes en cotas entre los 600 y 700 m.s.m.; de hecho la especie recientemente descrita *L. vigoense* de la isla de Gran Canaria, se asienta en los dominios del pinar, alcanzando los 1200 m.s.m. (MARRERO & ALMEIDA, 2003).

Los 16 taxones de esta subsección se distribuyen por todas las islas (Tabla 1): una subespecie en El Hierro (*L. brassicifolium* subsp. *macropterum*), tres en La Gomera (*L. brassicifolium* subsp. *brassicifolium*, *L. redivivum* y *L. relicticum*), una compartida entre La Palma y Tenerife (*L. imbricatum*), cinco exclusivas de Tenerife (*L. arborescens*, *L. fruticans*, *L. macrophyllum*, *L. perezii* y *L. spectabile*), cuatro en Gran Canaria (*L. benmageci*, *L. sventenii*, *L. preauxii* y *L. vigoense*), una en Lanzarote (*L. puberulum*) y otra compartida entre Lanzarote y Fuerteventura (*L. bourgeauii*). Hay que señalar que aunque KUNKEL & SUNDING (1967) incluyen *L. spectabile* en la subsección *Odontolepideae*, tanto las características morfológicas como su número cromosómico indican su pertenencia a la subsección *Nobiles*. En general, viven en poblaciones muy limitadas, constituyendo un ejemplo de especiación por vicarianza (BRAMWELL, 1972), hoy deriva genética, en la que no se descarta la evolución paralela por presiones selectivas de hábitats similares, tanto a nivel intra como interinsular; asimismo no se descarta la diversificación por selección natural asociada a diferentes hábitats (radiación adaptativa).

Todos los taxones endémicos (con excepción de *L. perezii* y *L. pectinatum*) y la especie no endémica *L. tuberculatum*, se encuentran amenazados e incluidos, en su mayoría, en las categorías CR o EN (MESA *et al.*, 2001; BAÑARES *et al.*, 2003; MARRERO & ALMEIDA, 2003).

Sección	Especie	UICN	Distribución	2n	ploidía	Referencias
Pteroclados Boiss.						
Subsec. <i>Odontolepideae</i> Boiss.	<i>L. sinuatum</i> (L.) & Mill. *		C-naturalizada	16	2x	Erben, 1979 (no para Canarias)
	<i>L. lobatum</i> (L. fil.) Chaz. in Millar *		T-F	12	2x	Erben, 1979 (no para Canarias)
Subsec. <i>Nobiles</i> Boiss.**	<i>L. arborescens</i> (Brouss.) Kuntze	EN	T	14	2x	Michaelis, 1964
	<i>L. benmageci</i> Marrero-Rodr. & Almeida-Pérez	CR	C			
	<i>L. bourgeaui</i> (Webb ex Boiss.) Kuntze	CR	L-F	14	2x	Borgen, 1974 Ortega & Navarro, 1977
	<i>L. brassicifolium</i> (Webb & Berthel.) Kuntze subsp. <i>brassicifolium</i>	EN	G	14	2x	Michaelis, 1964 Borgen, 1974
	<i>L. brassicifolium</i> subsp. <i>macropterum</i> (Webb & Berthel.) Kunkel	EN	H	14	2x	Larsen, 1963
	<i>L. fruticans</i> (Webb) Kuntze	EN	T	14	2x	Larsen 1958, 1960 Borgen, 1970
	<i>L. imbricatum</i> (Webb ex Girard) C. F. Hubb.	EN	T-P	14	2x	Gagnieu et al., 1973 Febles, 1989
	<i>L. macrophyllum</i> (Brouss.) Kuntze	VU	T	14	2x	Larsen 1958, 1960 Borgen, 1970
	<i>L. perezii</i> (Stapf) C. F. Hubb.		T	14	2x	Borgen, 1970
	<i>L. preauxii</i> (Webb & Berthel.) Kuntze	EN	C	14	2x	Borgen, 1969
	<i>L. puberulum</i> (Webb) Kuntze	EN	L	14	2x	Larsen 1958, 1960 Michaelis, 1964 Van Loon, 1974 Erben, 1979
	<i>L. redivivum</i> (Svent.) G. Kunkel & Sunding	EN	G			
	<i>L. relicitum</i> R. Mesa & A. Santos	CR	G			
	<i>L. spectabile</i> (Svent.) G. Kunkel & Sunding	CR	T	14	2x	Michaelis, 1964
	<i>L. sventenii</i> A. Santos & M. Fernández	CR	C	14	2x	Borgen, 1980 Febles, 1989
	<i>L. vigoense</i> Marrero-Rodr. & Almeida-Pérez	CR	C			
<i>Limoniodendron</i> Svent. **	<i>L. dendroides</i> Svent.	CR	G	18	2x	Febles (sin publicar)
<i>Ctenostachys</i> Boiss	<i>L. pectinatum</i> (Alton) Kuntze (4 var.)		C-T-G-P-H Salvajes	12	2x	Larsen, 1958, 1960 Borgen, 1969
<i>Limonium</i> Boiss	<i>L. papillatum</i> (Webb et Berthel.) Kuntze	VU	L-F-Lobos	12	2x	Borgen, 1970
subsec. <i>Densiflorae</i> Boiss	<i>L. ovalifolium</i> (Poir) Kuntze subsp. <i>canariense</i> Pignatti	CR	L-F-Lobos	24	3x	Borgen, 1970
subsec. <i>Hyalolepideae</i> Boiss.	<i>L. tuberculatum</i> (Boiss.) Kuntze *	CR	L-F-C-Lobos	32	4x	Michaelis, 1964 Borgen, 1970

Tabla 1. Distribución de las especies de *Limonium* presentes en Canarias (L-Lanzarote, F-Fuerteventura, C-Gran Canaria, T-Tenerife, P-La Palma, G-La Gomera y H-EI Hierro); * taxones no endémicos; ** secciones o subsecciones endémicas; categorías UICN; número cromosómico y nivel de ploidía.

El género *Limonium* se caracteriza por presentar el dimorfismo floral (cob-pap) asociado a un sistema de auto-incompatibilidad esporofítico heteromórfico, presente también en otras Plumbagináceas como *Armeria* (DC.) Willd. (BAKER, 1953a y b) y en el cual se pueden diferenciar dos clases de estigmas asociados a dos tipos de polen (estigma *pap*-polen tipo B de retículo fino y estigma *cob*-polen tipo A de retículo ancho), de tal manera que los cruces fértiles se producen entre ambos morfos (BAKER, 1953a; PÉREZ DE PAZ, 2002; PÉREZ DE PAZ & FEBLES, sin publicar). Ocasionalmente, en algunas especies, se observan combinaciones compatibles, estigma *pap*-polen A o estigma *cob*-polen B (BAKER, 1953a; ERBEN, 1979). Todas las especies presentes en canarias, excepto las descritas recientemente (que no han sido estudiadas) y el triploide *L. ovalifolium* subsp. *canariense* (al parecer con estigmas aparentemente intermedios, SUÁREZ com. personal), son dimórficas (BAKER, 1953a; ROCA SALINAS, 1983; SUÁREZ *et al.*, 2000 y 2002), presentando diferentes porcentajes de morfos que en muchos casos rondan el 50% (SUÁREZ *et al.*, 2000). La proporción de morfos en las poblaciones naturales determina la eficacia reproductiva de éstas, pudiendo estar, por tanto, en estrecha relación con su grado de amenaza, como se ha puesto de manifiesto en el endemismo de La Gomera, *L. dendroides*, único representante de la sección monotípica *Limonioidendron* (SUÁREZ *et al.*, 2002 y en prep.).

Los estudios citológicos realizados en *Limonium* por diferentes autores indican que en este género concurren 19 números cromosómicos diferentes: $2n=12, 14, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 51$ y 54 (FEDEROV, 1974; ERBEN, 1978, 1979, 1993; GOLDBLATT, 1981, 1984, 1985, 1988; GOLDBLATT & JOHNSON, 1990, 1991, 1994, 1996, 1998, 2000; BRULLO & PAVONE, 1981; ARTELARI & KAMARI, 1986; ARDEVOL GONZALES *et al.*, 1993; ARRIGONI & DIANA, 1993; BROCHMANN *et al.*, 1997, etc.). Encontramos, por tanto, cuatro números cromosómicos básicos, $x=6, 7, 8$ y 9 , con especies diploides y poliploides, siendo bastante frecuente la existencia de especies triploides y aneuploides con números cromosómicos raros, lo que está en estrecha relación con la agamospermia que presentan muchas especies de este género (ERBEN, 1979, COWAN *et al.*, 1998). ERBEN (1979) encuentra que existe relación entre el número de cromosomas y la presencia de dimorfismo o monomorfismo en las poblaciones naturales, de tal manera que, salvo excepciones, todas las especies diploides con números cromosómicos $2n=12, 14, 16$ y 18 y las poliploides $2n=32, 36$ y 54 son dimórficas (al 50%), mientras que en los taxones triploides ($2n=27$) o aneuploides ($2n=25, 26, 35, 42$ y 43) sólo aparece una de las combinaciones incompatibles (A ó B) en una misma población, lo que no excluye que se puedan encontrar ambas combinaciones en una misma especie, aunque siempre en poblaciones distintas.

En los taxones canarios están representados los cuatro números básicos presentes en el género, siendo en su mayoría diploides (ver Tabla 1): $x=6$ en la sección *Ctenostachys* ($2n=12$), $x=7$ exclusivo de la sección *Pteroclados* subsección *Nobiles* ($2n=14$), $x=8$ en los taxones de la sección *Limonium* ($2n=24$, triploide *L. ovalifolium* subsp. *canariense* y $2n=32$, tetraploide *L. tuberculatum*) y $x=9$ en la sección *Limonioidendron* ($n=9$ *L. dendroides*, FEBLES, sin publicar). Los dos taxones no endémicos de la sección *Pteroclados* subsección *Odontolepideae* presentes en Canarias, son diploides con número básico $x=8$ y $x=6$ (aunque este número no ha sido dado para material de Canarias).

En este estudio se presenta el análisis cariotípico de nueve especies de las 15 que constituyen la subsección *Nobiles* y se comparan las características del cariotipo en relación con otros representantes del género.

MATERIAL Y MÉTODOS

El análisis mitótico se ha llevado a cabo en meristemas de raíces obtenidos a partir de semillas recolectadas en poblaciones naturales y, en su mayoría, conservadas en el Banco de Germoplasma de este centro (nº ref., Tabla 2). En un análisis preliminar se han estudiado 13 poblaciones representando 9 especies; el número de individuos y cariotipos analizados en cada población se detallan en la Tabla 2.

<i>Limonium</i> Sección <i>Pteroclados</i> Subsección <i>Nobiles</i>					
Especie	siglas	Población	ref.	ind/pob	car/pob
<i>L. bourgeauii</i>	LBO	Bco. E. Sánchez-Harúa(L)	0841	5	15
<i>L. brassicifolium</i> subsp. <i>brassicifolium</i>	LBR	Las Rosas-Vallehermoso (G)	0087	5	16
<i>L. brassicifolium</i> subsp. <i>macropterum</i>	LMA	Sabinosa (H) (cult)	1020	5	16
<i>L. fruticans</i>	LFR	Roque El Fraile-Teno (T)	1087	6	17
<i>L. imbricatum</i>	LIM	Puerto Garafía (P)	0468	4	15
<i>L. perezii</i>	LPE	Masca (T)	1104	3	10
<i>L. preauxii</i>	LPR	Bco. Tirajana(C) Bco. Angostura(C)	LPBT LPBA	5 2	17 4
<i>L. puberulum</i>	LPU	Mirador del Río (L)	0359	3	12
<i>L. redivivum</i> var. <i>redivivum</i>	LRE	Montaña Yerta	LRY	2	13
<i>L. sventenii</i>	LST	El Sao-Agaete(C) Amagro-Gáldar(C) Andenes del Viso(C)	LSS LSA 0438	2 9 4	6 25 14

Tabla 2. Especies y poblaciones estudiadas (siglas); número de referencia del Banco de Germoplasma o siglas de la población; número de individuos y número de cariotipos analizados por población.

La técnica utilizada para el pretratamiento de las raíces es similar a la descrita por FEBLES & ORTEGA (1984). Los cariotipos han sido elaborados a partir de microfotografías de metafases somáticas obtenidas mediante un fotomicroscopio Zeiss Universal, teniendo en cuenta la longitud total del cromosoma y la razón entre sus brazos (índice r = brazo largo/brazo corto).

Para evitar posibles errores producidos por el diferente grado de condensación que pueden presentar las distintas placas metafásicas, las comparaciones entre cariotipos se han realizado en medidas relativas (porcentajes de la longitud total del genoma). Para cada par cromosómico se han obtenido los valores relativos de la longitud total (LT), longitud del brazo largo (BL) y brazo corto (BC). Se han calculado los estadísticos descriptivos de la longitud absoluta (μm), longitud relativa e índice r de los siete pares cromosómicos.

Dada la gran similitud que presentan los cariotipos de todas las poblaciones analizadas y con el objetivo de determinar cuales son los pares cromosómicos que

establecen la variación entre los taxones, se han realizado comparaciones entre ellos para los valores de LT, BL, BC y *r*. En el caso de *L. preauxii* y *L. sventenii* se compararon previamente las distintas poblaciones estudiadas en cada especie.

La comparación entre las medias se ha llevado a cabo mediante un análisis de varianza (en aquellos casos en que existía homogeneidad de las varianzas) y del estadístico Welch (cuando éstas no son homogéneas); para determinar la homogeneidad de las varianzas se ha utilizado el estadístico de Levene (significación: ≥ 0.05 varianzas iguales; ≤ 0.05 , varianzas diferentes). Todos los análisis han sido realizados mediante la opción "ANOVA de un factor" del paquete estadístico SPSS 11.0.1. Cuando éstos resultaron significativos (y por tanto las medias son diferentes) se examinaron algunos de los contrastes *a posteriori* que proporciona dicho programa: test de Tukey, asumiendo varianzas iguales y T2-Tamhane, no asumiendo varianzas iguales (CAMACHO ROSALES, 2002), con el objetivo de conocer qué poblaciones difieren entre sí.

Los idiogramas y medidas cromosómicas de cada taxón están representados en porcentajes de la longitud total del genoma detallándose también la longitud absoluta (μm) de los mismos.

Para la descripción de los cariotipos se ha adoptado la nomenclatura de LEVAN *et al.* (1964) y se ha definido el grado de asimetría del cariotipo de cada taxón basado en las categorías establecidas por STEBBINS (1971) y ROMERO ZARCO (1986).

RESULTADOS

Todas las poblaciones analizadas son diploides, $2n=14$, teniendo que destacar que se aporta por primera vez el número cromosómico de la especie *L. redivivum*.

El cariotipo está constituido por siete pares de cromosomas medianos, cuyos valores medios oscilan entre 5.55 ± 0.09 y 6.74 ± 0.21 μm el par cromosómico 1 y entre 4.14 ± 0.08 y 5.17 ± 0.14 μm el par cromosómico 7, con una longitud total del genoma entre 66.36 ± 1.50 y 83.43 ± 2.41 μm , encontrando los valores más bajos en *L. puberulum* y los más altos en *L. redivivum* (Tabla 3).

Especie	LT (μm) \pm Es	LCR 1 (μm) \pm Es	LCR 7 (μm) \pm Es
LBO	72.23 \pm 2.70	5.99 \pm 0.18	4.57 \pm 0.12
LBR	71.89 \pm 2.94	6.17 \pm 0.22	4.39 \pm 0.10
LMA	80.77 \pm 1.87	6.70 \pm 0.14	5.06 \pm 0.09
LFR	77.06 \pm 2.38	6.53 \pm 0.17	4.81 \pm 0.08
LIM	77.77 \pm 2.45	6.42 \pm 0.16	4.98 \pm 0.11
LPE	76.85 \pm 2.69	6.46 \pm 0.19	4.76 \pm 0.14
LPR	77.16 \pm 3.92	6.62 \pm 0.24	4.77 \pm 0.16
LPU	66.36 \pm 1.50	5.55 \pm 0.09	4.14 \pm 0.08
LRE	83.43 \pm 2.41	6.74 \pm 0.21	5.17 \pm 0.14
LST	76.50 \pm 1.76	6.50 \pm 0.11	4.70 \pm 0.08

Tabla 3. Medias de la longitud total del genoma y pares cromosómicos 1 y 7 (μm) en las especies analizadas.

ESP.	CR1		CR2		CR3		CR4		CR5		CR6		CR7		Fórmula cromosómica (par7)
	%LT±Es	r													
LBO	8.25±0.08	1.12	7.69±0.06	1.19	7.36±0.05	1.07	7.22±0.07	1.27	6.78±0.04	1.09	6.35±0.05	1.15	6.34±0.10	1.75	6m+1sm (par7)
LBR	8.51±0.11	1.14	7.64±0.05	1.10	7.21±0.07	1.12	7.18±0.05	1.32	6.81±0.03	1.14	6.49±0.05	1.13	6.18±0.09	1.38	7m
LMA	8.30±0.08	1.14	7.71±0.03	1.09	7.31±0.03	1.09	7.09±0.05	1.20	6.88±0.03	1.08	6.42±0.05	1.08	6.29±0.06	1.30	7m
LFR	8.41±0.07	1.17	7.74±0.04	1.14	7.42±0.04	1.08	7.08±0.04	1.25	6.76±0.05	1.13	6.30±0.05	1.11	6.28±0.07	1.41	7m
LIM	8.25±0.07	1.12	7.64±0.05	1.07	7.23±0.04	1.11	7.19±0.06	1.24	6.85±0.03	1.10	6.38±0.05	1.10	6.40±0.06	1.25	7m
LPE	8.40±0.09	1.10	7.74±0.05	1.10	7.30±0.06	1.06	7.24±0.11	1.25	6.78±0.04	1.12	6.37±0.06	1.10	6.17±0.10	1.28	7m
LPR	8.59±0.08	1.11	7.87±0.04	1.10	7.41±0.04	1.10	7.00±0.05	1.22	6.76±0.05	1.11	6.21±0.05	1.16	6.17±0.05	1.45	7m
LPU	8.36±0.07	1.17	7.88±0.06	1.10	7.50±0.06	1.10	6.99±0.08	1.31	6.74±0.05	1.11	6.27±0.04	1.20	6.25±0.09	1.77	6m+1sm (par7)
LRE	8.10±0.06	1.12	7.61±0.05	1.12	7.29±0.03	1.12	7.31±0.07	1.30	6.93±0.05	1.16	6.51±0.04	1.10	6.25±0.07	1.55	7m
LST	8.49±0.04	1.12	7.88±0.05	1.12	7.34±0.03	1.11	7.11±0.03	1.28	6.79±0.03	1.12	6.23±0.04	1.16	6.17±0.04	1.41	7m

Tabla 4. Medias de la longitud relativa (%LT) y relación entre brazos cromosómicos (índice r) de los pares cromosómicos 1 a 7. Descripción del cariotipo de acuerdo con la nomenclatura de Levan *et al.* (1964).

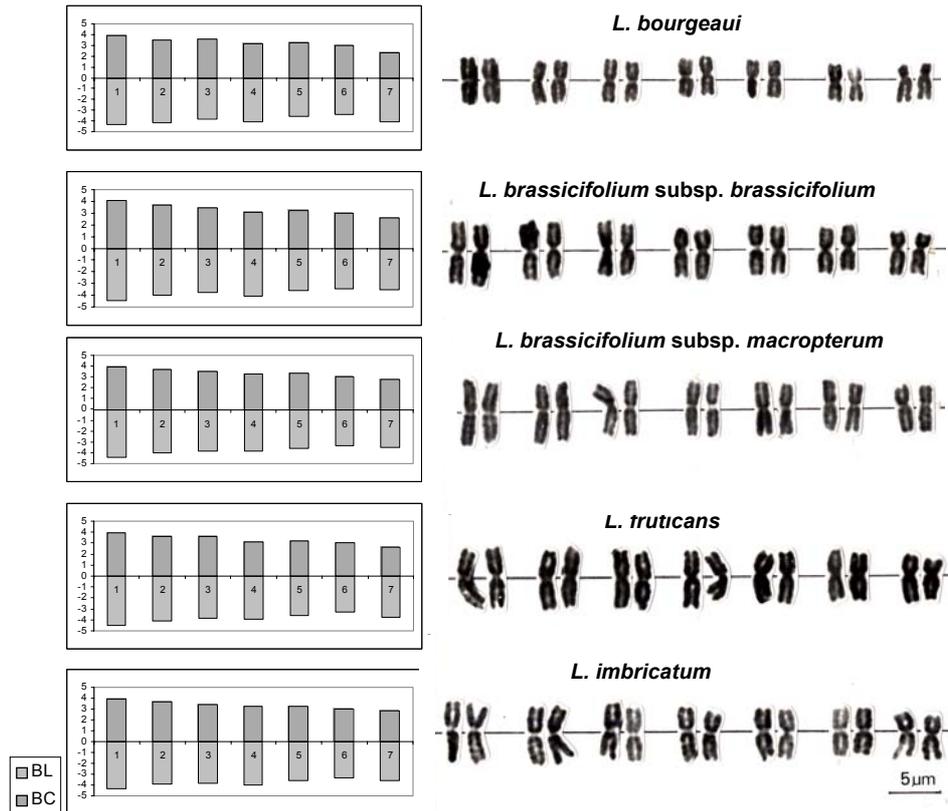


Figura 1a. Idiogramas y cariotipos de *L. bourgeaui*, *L. brassicifolium* subsp. *brassicifolium* y subsp. *macropterum*, *L. fruticans* y *L. imbricatum*.

Con la excepción de los endemismos de las islas orientales, *L. bourgeaui* y *L. puberulum*, con una fórmula cromosómica formada por $6m+1sm$ (par 7), todos los taxones presentan un cariotipo formado por 7 pares cromosómicos metacéntricos, $7m$ (Tabla 4); los idiogramas y cariotipos representativos de cada taxón se detallan en las Figuras. 1a y b.

Comparación entre poblaciones en *L. preauxii* y *L. sventenii*

El análisis de varianza de los distintos pares cromosómicos en las dos poblaciones de *L. preauxii* (LPBT y LPBA) pone de manifiesto que, en todos los casos, existe homogeneidad de varianzas y los ANOVAs no resultan significativos, de tal manera que se ha tomado el valor medio de ambas poblaciones para las comparaciones entre los taxones. *L. sventenii*, sin embargo, muestra algunas diferencias en las longitudes de los BC5, BC6 y LT6 referida siempre a la población LSS; estas variaciones no se han tenido en cuenta dado que, en todos los casos, existe un solapamiento de los valores obtenidos en las distintas poblaciones y que, en esta población, el número de cariotipos analizados fue considerablemente inferior lo que puede originar la significación en los valores; con este criterio se ha.

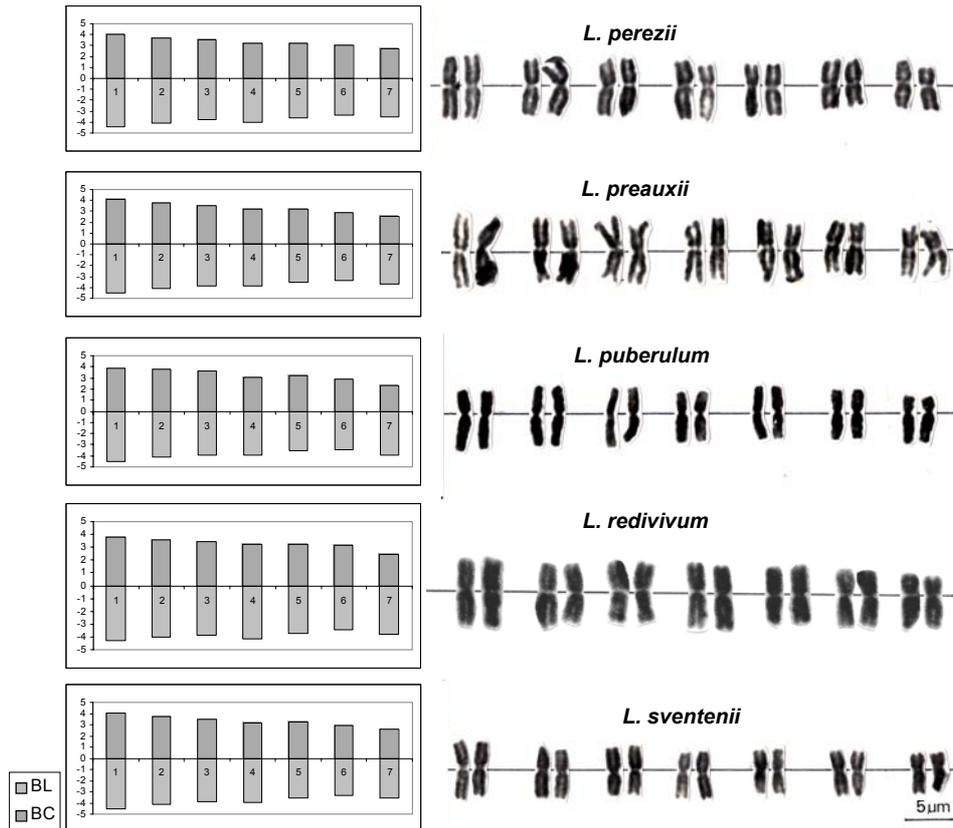


Figura 1b. Idiogramas y cariotipos de *L. perezii*, *L. preauxii*, *L. puberulum*, *L. redivivum* y *L. sventenii*.

considerado el valor medio de las tres poblaciones estudiadas en las comparaciones entre los taxones

Comparación entre los distintos taxones

Los valores de la longitud relativa e índice- r de cada par cromosómico para los taxones estudiados se detalla en la Tabla 4, observándose que, en general, tanto el tamaño de los cromosomas como su morfología es muy similar en todos ellos.

A pesar de esta aparente similitud de los cromosomas entre los distintos cariotipos, las comparaciones entre las medias obtenidas para los distintos parámetros cromosómicos medidos (BL, BC, LT y r), permiten hacer algunas consideraciones:

- 1) Los únicos parámetros que no resultan significativos y, por tanto, las medias pueden ser consideradas iguales para todos los taxones son: brazos largos BL3 y BL6, longitud total del cromosoma LT5 y LT7 y relación de brazos r_1 y r_3 .
- 2) En general, los pares cromosómicos 1 a 5 se muestran bastante homogéneos entre los distintos taxones, no existiendo una discontinuidad en los valores que permita establecer diferencias entre las especies. La variación es gradual, de tal

manera que las diferencias significativas entre las medias se producen en las poblaciones que poseen valores extremos y que no siempre son las mismas.

3) Son los pares cromosómicos 6 y 7 los que muestran una mayor variabilidad entre las especies. Las variaciones en el par 6 son menos acusadas y se producen principalmente por diferencias en la longitud del BC6. Sin embargo, el par 7, que no muestra diferencias entre los taxones en su longitud total (LT7), presenta importantes diferencias en las longitudes de ambos brazos que afectan a la morfología del cromosoma, de tal manera, que especies como *L. bourgeauii* y *L. puberulum*, con los valores de *r* más altos, 1.75 y 1.77, respectivamente, se muestran significativos con todos los taxones excepto *L. redivivum* ($r = 1.55$); lo mismo ocurre con *L. imbricatum* que con los valores más bajos ($r = 1.25$) presenta significación con todos los taxones, excepto *L. perezii* ($r = 1.28$) y *L. brassicifolium* subsp. *macropterum* ($r = 1.30$).

Asimetría del cariotipo

Tanto el índice de asimetría de STEBBINS (clase 1A), como los índices A_1 y A_2 de asimetría de ROMERO ZARCO (Tabla 5, Figura 2) reflejan la alta simetría del cariotipo. Se detecta que existen muy pocas diferencias en el índice de asimetría intercromosómica (A_2 , entre 0.09-0.12), el tamaño de los cromosomas es muy similar en todas las especies, en general oscila entre 8.5% el par 1 y 6.2% el par 7, lo que supone una diferencia inferior al 3% de la longitud total del genoma entre el par mayor y menor del complemento.

Especie	Indice Stebbins	Indice Romero Zarco	
		A_1	A_2
LBO	1 A	0.16	0.10
LBR	1 A	0.14	0.11
LMA	1 A	0.12	0.10
LFR	1 A	0.14	0.11
LIM	1 A	0.12	0.09
LPE	1 A	0.11	0.11
LPR	1 A	0.14	0.12
LPU	1 A	0.18	0.11
LRE	1A	0.15	0.09
LST	1 A	0.15	0.12

Tabla 5. Índices de asimetría del cariotipo según el método de Stebbins (1971) y Romero Zarco (1986).

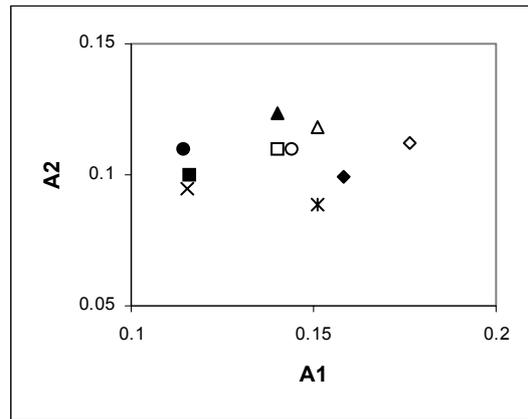


Figura 2. Representación gráfica de los índices de asimetría (A_1 y A_2) de Romero Zarco (1986) de las especies estudiadas: \blacklozenge - LBO, \square - LBR, \blacksquare - LMA, \circ - LFR, \times - LIM, \bullet - LPE, \blacktriangle - LPR, \diamond - LPU, $*$ - LRE, \triangle - LST.

La mayor diferenciación entre las especies la encontramos en el índice de asimetría intracromosómica (A_1 , entre 0.11-0.18), que se ve afectado principalmente por las variaciones en la relación de brazos del par 7, que afectan principalmente a los endemismos de las islas orientales, *L. bourgeaui* y *L. puberulum*.

DISCUSIÓN

El género *Limonium* presenta una gran variabilidad cariológica a lo largo de su distribución tanto referido al número como a la morfología de los cromosomas. Como ya se comentó, podemos encontrar 19 números cromosómicos distintos con especies diploides y poliploides, siendo bastante frecuente la existencia de especies triploides y aneuploides con números cromosómicos raros en estrecha relación con la agamospermia (ERBEN, 1979, COWAN *et al.*, 1998). Los cuatro números cromosómicos básicos $x=6, 7, 8$ y 9 presentes en el género, están representados en los taxones canarios.

Los estudios citogenéticos en este género muestran que existen grandes variaciones en los cariotipos de las distintas especies tanto de la misma como de diferente sección: diferencias en el número cromosómico (aneuploidía y poliploidía), en el tamaño absoluto y/o relativo de los cromosomas, y en la morfología de los mismos.

El exhaustivo análisis cariotípico de los *Limonium* mediterráneos llevado a cabo por ERBEN (1978 y 1979) pone de manifiesto que, en líneas generales, la diferenciación cariológica es más pronunciada que la diversidad morfológica, y que es posible distinguir dos grandes grupos en cuanto a su cariológica. Por un lado, el grupo más numeroso y más ampliamente distribuido (presente en todos los continentes) formado por las secciones *Limonium* Boiss., *Sphaerostachys* Boiss., *Polyarthron* Boiss. y *Schizhymenium* Boiss. con dos números cromosómicos diploides, $2n=16$ y $2n=18$, y en las que concurren numerosas especies poliploides y

con números cromosómicos raros. En este grupo las especies $2n=16$ muestran un cariotipo formado por un par de cromosomas metacéntricos extremadamente largo, con el resto del complemento cromosómico constituido por cromosomas mucho más pequeños, de tamaño variable y de metacéntricos a telocéntricos; este característico par cromosómico largo está ausente en todos los taxones con $2n=18$. Este autor apunta que el número básico $x=8$ en este grupo puede tener su origen en la fusión de dos cromosomas de $x=9$, de tal manera que todas las especies con números cromosómicos más altos de 18 (quizás con la excepción de $2n=32, 36$ y 54) tienen un origen híbrido basado en $x=8$ ó $x=9$, o la combinación de ambos genomas haploides, dando como resultado el gran número de especies triploides y aneuploides con números cromosómicos raros, íntimamente relacionados con la agamosperma (ERBEN, 1979; COWAN *et al.*, 1998).

Por otro lado, encontramos el grupo constituido por los representantes de las secciones *Ctenostachys* (Marruecos, Canarias, Salvajes y Cabo Verde), *Jovibarba* (endémica del archipiélago de Cabo Verde), *Pteroclados* (subsec. *Odontolepideae* Mediterránea y subsec. *Nobiles* endémica canaria) y *Myriolepis* (ahora género *Myriolepis* (Boiss.) Lledó, Erben & Crespo), que difieren marcadamente en su cariotipo de las restantes especies del género, presentando tres números cromosómicos diploides $2n=12, 14$ y 16 .

Las especies con $2n=12$ muestran tres tipos básicos de cariotipos: uno formado por cromosomas de similar longitud y morfología de telo- a metacéntrica, por ejemplo, *L. brunneri* (Webb ex Boiss.) Kuntze, endemismo del archipiélago de Cabo Verde (sec. *Ctenostachys*); otro con un par cromosómico metacéntrico de gran tamaño junto con cromosomas pequeños de telo- a metacéntricos, ej. *L. jovibarba* (Webb) Kuntze, endemismo de Cabo Verde; y como tercera posibilidad encuentra dos pares cromosómicos largos metacéntricos junto con cromosomas pequeños telocéntricos, ej. *L. thouinii* (sec. *Pteroclados* subsec. *Odontolepideae*) no endémico pero presente en Canarias.

En las especies $2n=16$ también encuentra tres posibilidades; por un lado, el cariotipo constituido por cromosomas telocéntricos de igual tamaño observado en *L. sinuatum* (sec. *Pteroclados* subsec. *Odontolepideae*, no endémico pero naturalizado en Canarias) y, por otro, los dos cariotipos presentes en la sec. *Myriolepis* recientemente elevada a la categoría de género, con cromosomas metacéntricos o submetacéntricos, de similar longitud en *L. ferulaceum* (L.) Chaz. y de diferente longitud en *L. diffusum* (Pourr.) Kuntze (ERBEN, 1979, LLEDÓ *et al.*, 2003).

Por último, encuentra que los taxones de la subsec. *Nobiles* con $2n=14$ muestran un único cariotipo formado por cromosomas metacéntricos de pequeño tamaño (ej. *L. puberulum*), dato que se confirma para los 10 taxones aquí estudiados.

Se observa, por tanto, que frente a la gran variabilidad cariotípica que a nivel general presenta el género a lo largo de su distribución, las especies de esta subsección endémica se muestran muy uniformes, tanto en lo que se refiere al número como a la morfología de los cromosomas; posiblemente el cariotipo encontrado en este grupo sea el más simétrico de los existentes en el género como indican los índices de asimetría obtenidos para estas especies que muestran una diferencia intercromosómica muy baja, inferior al 3% de la longitud total del genoma entre la longitud del par mayor y menor del complemento. Las pequeñas diferencias cariotípicas entre los taxones estudiados se manifiestan principalmente por una ligera asimetría intracromosómica (índice A_1 : 0.11-0.18), originada principalmente por las variaciones en la relación de brazos del par cromosómico 7, que permite diferenciar

este cromosoma (*sm*) en las especies de las islas orientales *L. bourgeau* y *L. puberulum*, frente al *m* en los restantes taxones.

Cabe señalar también que aparentemente, a nivel cariológico, no parece existir una relación muy estrecha entre las dos subsecciones que constituyen la sección *Pteroclados* existiendo importantes diferencias tanto en el número como en la morfología de los cromosomas entre ambas. Mientras las especies de la subsección *Nobiles* son $2n=14$ con 7 pares cromosómicos metacéntricos o submetacéntricos, la subsección *Odontolepideae* muestran dos números cromosómicos diferentes, $2n=12$ y $2n=16$ con cariotipos muy diferentes (descritos más arriba); en *L. bonduellii* se conoce el nº cromosómico ($2n=16$, en FEDEROV, 1974), pero no la morfología de los mismos.

Es necesario puntualizar también que hasta el momento no se tiene información sobre el número y/o morfología cromosómica de las restantes secciones: 1) dos de distribución euroasiática: sección *Plathymenium* Boiss., con 12 especies (dos especies con $2n=16$, en FEDEROV, 1974) y sección *Schizopetalum* Pax con cuatro especies (Afganistán, Somalia, El Tibet); 2) sección monotípica de la región Cirenaica *Siphomanta* Boiss., con $2n=18$ (BRULLO *et al.*, 1990, no se describe el cariotipo); 3) sección *Circinaria* Boiss. del Cabo de Buena Esperanza (Sudáfrica) con cuatro especies.

Un hecho notable en la evolución de las angiospermas en islas oceánicas parece ser el "estasis" del número de cromosomas durante la especiación (STUESSY & CRAWFORD, 1998), de tal manera que las marcadas diferencias morfológicas no se acompañan, en general, por diferencias en el número de cromosomas. Esto no significa que no puedan existir grupos de taxones poliploides, pero generalmente evolucionados a partir de un ancestro de similar nivel de ploidía, son muy pocos los grupos evolucionados en las islas por cambios en el número cromosómico (poliploidía o aneuploidía), y cuando esto ocurre generalmente sus taxones continentales más relacionados son también cromosómicamente variables (STUESSY & CRAWFORD, 1998), en este sentido se pueden citar como ejemplos en la flora canaria *Lotus* L. subgénero *Pedrosia* Brand. (ORTEGA, 1976) o *Sideritis* L. subgénero *Marrubiastrum* (Moench) Mend-Heu. (MARRERO, 1992). En general, son muchos los ejemplos de géneros endémicos o con secciones endémicas, evolucionados en las islas Canarias que no presentan cambios en el número cromosómico: *Argyranthemum* Webb ($2n=18$), *Echium* L. ($2n=16$), *Sonchus* L. subgénero *Dendrosonchus* Webb ex Sch. Bip. ($2n=18$), *Parolinia* Webb, ($2n=22$), *Gonospermum* Less. ($2n=18$), *Pericallis* D. Don. ($2n=60$), *Greenovia* Webb & Berthel. ($2n=36$), el complejo *Bencomia* Webb & Berthel., *Marcetella* Svent. y *Dendriopoterium* Svent. ($2n=28$) etc.; así como, el grupo objeto de este estudio *Limonium* sec. *Pteroclados* subsec. *Nobiles* ($2n=14$), teniendo que hacer la puntualización de que, a diferencia con las floras de otros archipiélagos oceánicos como Hawai, Juan Fernández, Bonin o Galápagos, la Flora Canaria presenta mayor número de endemismos diploides, lo que implica un origen también diploide de los taxones colonizadores.

Además de la homogeneidad en los números cromosómicos, parece existir también, en la flora canaria, una alta simetría de los cariotipos, al menos en aquellos grupos en los que se han llevado a cabo análisis cariotípicos: *Argyranthemum* (HUMPHRIES, 1975), *Sonchus* subgénero *Dendrosonchus* (ALDRIDGE, 1975), *Gonospermum*, *Lugoa* DC. y *Tanacetum* L. (FEBLES, 1990, FEBLES *et al.*, 1989a y b), *Carlina* L. (FEBLES, 1986), *Asparagus* L. (RAMOS MARTÍNEZ, 1989), etc., con

cariotipos formados por cromosomas metacéntricos (M,m) y/o submetacéntricos (sm) y con pocas diferencias en el tamaño y morfología de los mismos entre especies relacionadas.

Posiblemente el alto grado de similitud cariotípica en estos grupos esté en relación con los mecanismos de evolución en islas oceánicas donde las barreras geográficas juegan un papel muy importante en la diferenciación de las especies y donde las diferencias morfológicas entre ellas están originadas por cambios génicos y/o pequeñas reordenaciones estructurales en los cromosomas.

Señalar, por último la necesidad de completar este estudio incluyendo las seis especies de la subsección *Nobiles* no estudiadas: *L. arborescens*, *L. macrophyllum* y *L. spectabile*, y las recientemente descritas *L. relicticum*, *L. benmageci* y *L. vigoense*. Sería también muy interesante ampliar el estudio al resto de Macaronesia, donde concurren el mayor número de especies de las secciones diploides ($2n=12$, 14 y 16): *Ctenostachys* (Marruecos, Canarias, Salvajes y Cabo Verde), *Jovibarba* (endémica del archipiélago de Cabo Verde) y *Pterocladus* que como ya hemos comentado difieren marcadamente en su cariotipo con respecto al conjunto global del género en la región Mediterránea. Asimismo, es de gran importancia el conocimiento de la sección monotípica *Limonioidendron* para la cual se conoce su número cromosómico ($n=9$) pero no su morfología.

Es importante también, por otro lado, el conocimiento cariológico de los taxones poliploides de la sección *Limonium* presentes en Canarias: *L. ovalifolium* subsp. *canariense*, triploide, $2n=24$ en Canarias y diploide $2n=16$ en la península Ibérica (ERBEN, 1993) y *L. tuberculatum*, tetraploide $2n=32$, no endémica (presente también en la costa W Africa) pero altamente amenazada en las islas.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Cabildo de Gran Canaria gracias a cuya Beca de Investigación concedida a Elisa Pérez Rodríguez, se pudo realizar parte de este trabajo, así como al personal del Banco de Germoplasma del Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo" por proporcionarnos parte del material de semillas utilizado en este estudio.

REFERENCIAS

- ALDRIDGE, A., 1975.- Taxonomic and anatomical studies in *Sonchus* L. subgenus *Dendrosonchus* Webb ex Schultz Bip. and related genera. Tesis Doctoral. Universidad de Reading. Reino Unido
- ARDEVOL GONZALES, J.F., L. BORGÉN & P.L. PÉREZ DE PAZ, 1993.- Checklist of chromosome numbers counted in Canarian vascular plants. *Sommerfeltia* 18: 1-61.
- ARRIGONI, P.V. & S. DIANA, 1993.- Contribution à la connaissance du genre *Limonium* en Corse. *Candollea* 48: 631-677.
- ARTELARI, R. & G. KAMARI, 1986.- A karyological study of ten *Limonium* species (Plumbaginaceae) endemic in the Ionian area, Greece. *Willdenowia*, 15: 497-513.
- BAKER, H.G., 1953a.- Dimorphism and Monomorphism in the Plumbaginaceae II Pollen and stigmata in the genus *Limonium*. *Ann. Bot.*, 67: 433-445.
- , 1953b.- Dimorphism and Monomorphism in the Plumbaginaceae III Correlation of geographical distribution patterns with dimorphism and monomorphism in *Limonium*. *Ann. Bot.*, 68: 615-626.

- BAÑARES, Á., G. BLANCA, J. GÜEMES, J.C. MORENO & S. ORTIZ (eds.), 2003.- *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1072 pp.
- BOISSIER, P.E., 1848.- Plumbaginaceae. En A.DE CANDOLLE (ed.). *Prodromus systematis naturalis regnis vegetabilis*. T.XII. Paris. pp.617-696.
- BORGEN, 1969.- Chromosome numbers of vascular plants from the Canary Islands, with special reference to the occurrence of polyploidy. *Nytt. Mag. Bot.*, 16: 81-121.
- , 1970.- Chromosome numbers of Macaronesian flowering plants. *Nytt. Mag. Bot.*, 17: 145-161.
- , 1974.- Chromosome numbers of Macaronesian flowering plants II. *Norw. J. Bot.*, 21: 195-210.
- BRAMWELL, D., 1972.- Endemism in the Flora of the Canary islands. En VALENTINE, D.H. (ed.). *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*. pp: 141-159. Academic Press. Londres.
- BROCHMANN, C., Ø. H. RUSTAN, W. LOBIN & N. KILIAN, 1997.- The endemic vascular plants of the Cape Verde Islands, W Africa: *Limonium*. *Sommerfeltia*, 24: 256-269.
- BRULLO, S. & P. PAVONE, 1981.- Chromosome numbers in the Sicilian species of *Limonium* Miller (Plumbaginaceae). *Actas III Congr. OPTIMA. Anales Jard. Bot. Madrid*, 37 (2): 535-555.
- , A. GUGLIELMO, P. PAVONE & M. C. TERRASI, 1990.- Chromosome counts of flowering plants from N. Cyrenaica. *Candollea*, 45: 65-74.
- CAMACHO ROSALES, J., 2002.- *Estadística con SPSS para Windows. Versión 11*. Ed. RA-MA. Madrid. 408 pp.
- COWAN, R., M.J. INGROUILLE & LLEDÓ, M.D., 1998.- The taxonomic treatment of agamosperms in the genus *Limonium* Mill. (Plumbaginaceae). *Folia Geobotanica*, 33: 353-366.
- ERBEN, M., 1978.- Die Gattung *Limonium* im Südwestmediterranean Raum. *Mitt. Bot. Staatssamml. München*, 14: 361-631.
- , 1979.- Karyotype differentiation and its consequences in Mediterranean *Limonium*. *Webbia*, 34 (1): 409-417.
- , 1993.- *Limonium* Mill. (nom.cons.) pp. 2-143. En Castroviejo y colaboradores (eds) *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III*. Real Jardín Botánico de Madrid. CSIC. Fareso, Madrid.
- FEDEROV, 1974.- *Chromosome Numbers of Flowering Plants*. Koenigstein West Germany: Otto Koeltz Science Publishers.
- FEBLES, R., 1986.- Análisis cariotípico del género *Carlina* L. (Compositae) en las islas Canarias. *Bot. Macaronésica*, 12-13: 87-96 (1984).
- , 1989.- Estudios en la Flora Macaronésica: algunos números de cromosomas. VI. *Bot. Macaronésica*, 17: 57-76.
- , 1990.- Análisis citogenético y evolutivo en las especies endémicas de los géneros *Gonospermum* Less., *Lugoa* DC y *Tanacetum* L. (Compositae: Anthemideae) de las islas Canarias. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad Autónoma de Madrid.
- & ORTEGA, 1984.- Estudio citogenética del género *Pulicaria* Gaertn. (Compositae-Inuleae) en las islas Canarias. *Bot. Macaronésica*, 10: 41-47.
- , A.M.FERNÁNDEZ-PERALTA & J.J. GONZÁLEZ-AGUILERA, 1989a.- Análisis cariotípico de los géneros *Gonospermum* Less. y *Lugoa* DC. *Bot. Macaronésica*, 17: 77-92.
- , 1989b.- Análisis cariotípico de las especies endémicas del género *Tanacetum* L.. *Bot. Macaronésica*, 18: 59-68.
- GAGNIEU, A., R. LINDER & V. VOGGENREITER, 1973.- Caryotypes de la Flore Insulaire de Tenerife. *Monog. Biol. Canar.*, 4: 126-133.
- GOLDBLATT, P. (Ed.), 1981.- Index to plant chromosome numbers 1975-78. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 5. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1984.- Index to plant chromosome numbers 1979-81. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 8. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1985.- Index to plant chromosome numbers 1982-83. *Monographs in Systematic Botany*. Vol.13. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1988.- Index to plant chromosome numbers 1984-85. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 23. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- & D.E. JOHNSON, 1990.- Index to plant chromosome numbers 1986-87. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 30. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1991.- Index to plant chromosome numbers 1988-89. *Monographs in Systematic Botany*. Vol.40. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1994.- Index to plant chromosome numbers 1990-91. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 51. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 1996.- Index to plant chromosome numbers 1992-93. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 58. Missouri Botanical Garden St. Louis.

- , 1998.- Index to plant chromosome numbers 1994-95. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 69. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- , 2000.- Index to plant chromosome numbers 1996-97. *Monographs in Systematic Botany*. Vol. 81. Missouri Botanical Garden St. Louis.
- HANSEN & SUNDING, 1993.- Flora of Macaronesia Checklist of vascular plants. (4^a ed.rev.). *Sommerfeltia*, 17: 1-297.
- HUMPHRIES, C.J., 1975.- Cytological studies in the Macaronesian genus *Argyranthemum* Webb ex Sch.Bip. (Compositae-Anthemideae) *Bot. Notiser*, 128: 239-255.
- KUNKEL, G. & P.SUNDING, 1967.- Enumeration of species of *Limonium* Mill. (Plumbaginaceae) in the Canary Island, with nomenclatural notes. *Cuad. Bot. Canaria* 2: 9-18.
- LARSEN, K., 1958.- Preliminary note on the cytology of the endemic canarian element. *Bot. Tidsskr.*, 54: 167-169.
- , 1960.- Cytological and experimental studies on the flowering plants of the Canary Islands. *Biol. Skr. Dan. Vid. Selsk.*, 11 (3): 1-60.
- , 1963.- Contribution to the Cytology of the endemic Canarian element II. *Bot. Notiser*, 116 (3): 409-424.
- LEVAN, A., K. FREDGA & A.A. SANDBERG, 1964.- Nomenclatura for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52:201-220.
- LLEDÓ, M.D., M. ERBEN & M. B. CRESPO, 2003.- *Myriolepis*, a new genus segregated from *Limonium*. *Taxon*, 52: 67-73.
- MARRERO, A., 1992.- Chromosomal evolutionary trends in the genus *Sideritis* subgenus *Marrubiastrum*. En R. E. HARLEY & T. REYNOLDS (eds). *Advances in Labiate Science*. Jardín Botánico Kew.. Londres. 245-253.
- , & ALMEIDA, R., 2003.- Novedades taxonómicas del género *Limonium* Mill. Subsecc. *Nobiles* en Gran Canaria (islas Canarias) (Plumbaginaceae-Staticoideae). *Vieraea* 31: 391-406.
- MESA, R., SANTOS, A., OVAL, J.P. & VOGGENREITER, V., 2001. – *Limonium relicticum*, una nueva especie para La Gomera, islas Canarias (Plumbaginaceae). *Vieraea*, 29: 111-118.
- MICHAELIS, G., 1964.- Chromosomenzahlen einiger kanarischer endemismen. *Pflanzl.*, 62: 194.
- ORTEGA, J., 1976.- Citogenética del género *Lotus* em Macaronesia. *Bot. Macaronésica* 1: 17-24.
- , & B. NAVARRO, 1977.- Estudios en la Flora Macaronésica: algunos números de cromosomas. *Bot. Macaronésica*, 4:69-76.
- PÉREZ DE PAZ, J., 2002.- La Biología Reproductiva. Importancia y tipos de estudios. En BAÑARES BAUDET, A. (coordinador), *Biología de la Conservación de plantas amenazadas*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Lerko Print. Madrid
- RAMOS MARTÍNEZ, A., 1989.- Aportaciones al conocimiento cariológico del género *Asparagus* L. (Liliaceae) en las islas Canarias. *Bot. Macaronésica*, 18: 3-14.
- ROCA SALINAS, A., 1983.- Morfología polínica del género *Limonium* Mill en Macaronesia. En SOLÉ de PORTA & SUAREZ CERVERA (eds) *Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona* :221-222.
- ROMERO ZARCO, 1986.- A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon*, 35 (3):526-530.
- STEBBINS, G.L., 1971.- *Chromosomal evolution in Higher plants*. 216 pp. Edward Arnold Ltd., London.
- STUESSY, T.F. & D.J.CRAWFORD, 1998.- Chromosomal stasis during speciation in angiosperms of oceanic islands. En T.F. STUESSY & M. ONO (eds). *Evolution and speciation of island plants*.pp307-324. Cambridge University Press. U.K.
- SUÁREZ, C., R. FEBLES HERNÁNDEZ, J.PÉREZ DE PAZ & J. CAUJAPÉ- CASTELLS, J., 2000.- Relaciones entre biodiversidad morfológica y genética y biología reproductiva en especies canarias de *Limonium* Mill. (Plumbaginaceae). VI *Symposium de la Asociación Ibero-Macaronésica de Jardines Botánicos*: 43.
- , J. PÉREZ DE PAZ, J.CAUJAPÉ- CASTELLS & R.FEBLES, 2002.- Sistemas de cruzamiento y diversidad genética de *Limonium dendroides* Svent. (Plumbaginaceae), un endemismo canario en peligro de extinción. *Acta de Resúmenes 1º Congreso de Biología de la conservación de plantas*: 87.
- SVENTENIUS, E.R., 1960.- Additamentum ad Floram Canariensem. Ed. *Inst. Nac. Invest. Agron.* Madrid. 93 pp.
- VAN LOON, J.C., 1974.- A cytological investigation of Flowering plants from the Canary Islands. *Acta Bot. Neerl.*, 23 (2): 113-124.