



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

“INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS: EL ESTUDIO DE LOS CROMOSOMAS Y SUS IMPLICACIONES EVOLUTIVAS”

AUTORÍA GEMA CRUZ MAZO
TEMÁTICA BIOLOGÍA EVOLUTIVA
ETAPA ESO Y BACHILLERATO

Resumen

Se han analizado los cariotipos de tres especies vegetales de la familia Compositae, identificándose sus diferencias tanto a nivel específico como poblacional y aclarándose sus posibles relaciones evolutivas. Presentan los números básicos $x=6$ y $x=5$, cariotipos simétricos y diferencias interpoblacionales en el número de satélites. Se trata de un trabajo científico que puede tomarse como ejemplo de trabajo voluntario de investigación para alumnos y alumnas de la Educación Secundaria.

Palabras clave

Investigación práctica, cariotipos, evolución, población, Compuestas, vegetales, método científico.

1. INTRODUCCIÓN

Los cromosomas en los vegetales proporcionan caracteres de gran importancia taxonómica, así como información sobre el patrón de evolución seguido dentro de un grupo (Izco, 2004). La disminución del número de cromosomas es un fenómeno característico de numerosas líneas de evolución en la tribu Cichorieae (Stebbins, 1953) de la familia Compositae. En general las especies más primitivas presentan cromosomas con un tamaño similar y con centrómeros en una posición media, y las especies más evolucionadas tienden a mostrar cromosomas relativamente desiguales y con centrómeros en posición subterminal o terminal. De todos modos, existen importantes excepciones que se encuentran en la subtribu Microseridinae y los géneros *Hieracium*, *Sonchus* y *Taraxacum*, en los cuales casi todas las especies presentan un número similar de cromosomas y parecida morfología, a pesar de que cada grupo incluye especies con distinto grado de evolución (Stebbins, 1953). *Scorzoneroida* (Compositae)



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 25 – DICIEMBRE DE 2009

muestra unos datos cariológicos muy homogéneos, ya que $n=6$ es el número haploide cromosómico más común (Izuzquiza y Nieto Feliner, 1991; Rousi, 1973; Baltisberger, 1999; Kuzmanov et al., 1993; Arohonka, 1982; Dimitrieva, 1987; Halkka, L., 1985; Krasnikov, 1991; Laurenko y Serditov, 1991; Lökvist y Hulgard, 1999; Mizianty et al., 1983; Pogan et al., 1990; Sawicka, 1989; Stefanik y Rudenco, 1989; Stefanik y Rudenco, 1992; Utoila y Pellinen, 1985; Scoggan, 1979; Castroviejo y Feliner, 1986; Izuzquiza, 1998a; Brullo et al., 1990; Izuzquiza, 1998b). Además, $n=5$ está presente en las especies *Scorzoneroida palisae* y *S. salzmani* (Izuzquiza, 1991; Izuzquiza, 1998) mientras que en *S. cichoracea* se encuentran ambos números, $2n=10$ en plantas de Sicilia (Colombo y Trapani, 1990) y $2n=12$ en plantas de Bulgaria (Kuzmanov et al., 1981). Finch (1967) llevó a cabo un completo estudio de la variación cromosomática de poblaciones de Gran Bretaña de *S. autumnal*, y concluyó que existía un gran polimorfismo de tipos de cromosomas repartidos equilibradamente. Los cromosomas variaban en cuanto a inversiones paracéntricas, intercambio, pérdida y ganancia de cromatina. Como es normal en la tribu Cichorieae (Stebbins et al., 1953), la poliploidía es rara en *Scorzoneroida*. Sólo se han registrado tetraploides en *S. autumnal* (Rousi 1973,) y en *S. croceo*, para una población de los Alpes ($2n=24$) (Favarger, 1959) y otra del este de Cárpatos ($2n=14$) (Pasuk, 1987).

Nuestro estudio se centra en tres especies estrechamente emparentadas del género *Scorzoneroida*: *S. palisae* y *S. salzmani* se distribuyen en proximidad geográfica, la primera crece en el SW de la Península Ibérica, algunas zonas de Marruecos y las Islas Canarias, y la segunda es endémica de Marruecos. Por otra parte, *S. muelleri* crece en Marruecos y SE de la Península Ibérica (Almería, España).

Según nuestra investigación de filogenia molecular, las tres especies están incluidas en un grupo monofilético (subclado A) dentro del Clado I y además es probable que antiguos procesos de hibridación hayan ocurrido en este grupo de plantas. Por otra parte, según nuestros análisis morfológicos, *Scorzoneroida salzmani* and *S. palisae* forman un grupo separado de *S. muelleri*, que se diferencia principalmente por las características del aquenio central. Además *S. palisae* presenta aquenios periféricos fusiformes y *S. salzmani* aquenios periféricos redondeados (Izuzquiza, 1991). Izuzquiza (1991) describió a *S. palisae* como una nueva especie pero estrechamente emparentada con *S. salzmani* (Izuzquiza, 1998), aunque autores anteriores no las consideraron suficientemente diferenciadas como para que adquirieran la categoría taxonómica de especie.

El objetivo de la presente investigación es analizar la cariólogía de estas tres especies para identificar diferencias tanto a nivel interespecífico como interpoblacional, y a partir de todo ello aclarar las posibles relaciones evolutivas existentes entre ellas. Dicho trabajo de investigación puede tomarse como ejemplo de trabajo voluntario en el laboratorio de ciencias, realizado a lo largo del curso escolar por grupos reducidos de alumnos y alumnas en las materias de Biología y Geología de 4º de E.S.O. y Biología de Bachillerato.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Plantas y area de estudio

Scorzoneroidea palisae, *S. salzmani* y *S. mueleri* son plantas anuales con una roseta basal y tallos ramificados y terminados en un capítulo con flores amarillas liguladas. La floración ocurre de Febrero a Mayo. Las flores presentan protandria y se desarrollan centrípetamente dentro del capítulo. Los capítulos presentan nastias durante la antesis, abriéndose diariamente en la mañana y cerrándose en la noche. Presentan dos tipos de achenios con un pronunciado dimorfismo, centrales y periféricos.

Scorzoneroidea palisae y *S. salzmani* crecen en hábitats similares (campo abierto, pinares, encinares, riberas de río, cunetas de carreteras o zonas agrícolas) bajo la influencia del clima mediterráneo. Por otra parte, *S. mueleri* se desarrolla en ambientes semiáridos y diferentes comunidades como estepas, encinares o alcornocales, bordes de caminos y bordes de zonas de cultivo). Las tres especies tienen preferencia por los suelos nitrificados y perturbados antropogénicamente. Los achenios fueron recogidos de las poblaciones mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Poblaciones estudiadas de *S. palisae*, *S. salzmani* y *S. mueleri*, especificándose la localización, la coordenada geográfica, la altitud, el tipo de suelo y la fecha de recolección.

Taxon	Población	Coordenada geográfica	Altitud	Hábitat	Sustrato	Fechas de recolección
<i>S. palisae</i>	P1. Villaverde del Río (Sevilla, Spain)	37° 35' N 5° 52' W	17 m.	Parcela abandonada entre cultivos y huertas.	Arcilla	29/02/2004
	P3. Hinojos, Finca de Coto Gelo (Huelva, Spain)			Pinares	Arenisca	02/03/04
<i>S. salzmani</i>	P7. Larache. Carretera nacional de Larache. El ksar el Kbir. (Morocco)	35° 7' 23.6'' N 6° 9' 30'' W	50 m	Borde de camino y cultivo de cereales. A 500 m del acantilado costero.	Arenisca	17/04/2003
	P8. Bosque de la Mamora. Entre Sidi-Yahya-du-Gharb y Tiflèt (Morocco)	34° 8' 2.2'' N 6° 9' 32.1'' W		Alcornocal	Arena	17/04/2003
<i>S. mueleri</i>	P9. Alrededores de Tabernas (Almería, Spain)	37° 2' 10.2'' N 2° 25' 5.2'' W	400 m.	Cuneta de carretera. Estepa	Marga	21/05/2004
	P10. Kenitra. Medhiya Plage. Puerto (Morocco)	34° 15' 50'' N 6° 39' 30'' W		Talud	Marga	17/04/03



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

2.2. Estudio cromosómico

Se analizaron los cariotipos de las poblaciones indicadas en la tabla 1 para cada una de las especies. Se estudiaron diez individuos para cada población.

Los números cromosómicos se obtuvieron de mitosis somáticas de células de extremos de raíz en crecimiento muy activo, durante la germinación de aquenios recolectados al azar. Las raíces fueron sometidas a un pretratamiento con hydroxychinolina (0.002 molar aqueous solution) durante cuatro horas, fijadas en carnoy (96% etanol/ácido acético glacial (3:1)) a 4°C durante 24 horas y más tarde sometidos a etanol 70% a la misma temperatura. Los cromosomas se tiñeron con ácido carmínico (Snow, 1963), y posteriormente las raíces se montaron sobre un portaobjetos en una gota de carnoy. Las preparaciones se observaron con un microscopio óptico y a aumentos de 100x, siendo posteriormente fotografiadas. Los datos de biometría se obtuvieron en placas metafásicas con cromosomas claramente contraídos.

Se calcularon los parámetros cariológicos para cada par de cromosomas: longitudes del brazo corto (S), brazo largo (L) y todo el cromosoma; longitud del brazo largo / brazo corto; índice centromérico ($100S/(L+S)$) de Denver. Según estos datos se determinaron los tipos de cromosomas: $L/S = 1$, M ; $L/S = 1-1.7$, m ; $L/S = 1.7-3$, sm ; $L/S = 3-7$, st ; $L/S > 7$, t (Izco, 2004).

Para identificar la clase de simetría del cariotipo, se siguieron las indicaciones de Romero (1986), hayándose el índice de asimetría intracromosómico (A1) y el índice de asimetría intercromosómico (A2). Los cariotipos más simétricos muestran valores A1 y A2 más próximos a 0. Además se determinó el índice de asimetría de Stebbins (1971).

Según Stebbins (1971), se reconocen cuatro tipos de cromosomas en base al tamaño: pequeños (menores que 2 μm), medianamente pequeños (2-5 μm), medianamente grandes (5-9 μm) y grandes (mayores que 9 μm).

3. RESULTADOS

El número de cromosomas contado en ambas poblaciones de *S. palisae* fue $2n=10$. Presentan al tipo de simetría 2A (Stebbins, 1971), con valores de A1 (0,35) y de A2 (0,15 – 0,23), por tanto con una alta simetría del cariotipo. Los cromosomas fueron medianamente pequeños. El idiograma para la población 1 fue $2\text{msat} + 2\text{M} + 2\text{stsat} + 2\text{smsat} + 2\text{m}$ y para la población 3, $2\text{m} + 2\text{stsat} + 2\text{M} + 2\text{sm} + 2\text{m}$ (Tabla 2).

Tabla 2. Datos cariológicos de *Scorzoneroïda palisae*. A). Población 1; B). Población 3.

A)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1958
I	2,66 ± 0,085	1,94 ± 0,057	4,62 ± 0,122	1,37 ± 0,037	m	42,16	+	0,35	0,15	2A
II	2,03 ± 0,074	2,03 ± 0,074	4,07 ± 0,147	1,0 ± 0,000	M	49,88	-			
III	3,04 ± 0,018	1 ± 0,000	4,04 ± 0,018	3,04 ± 0,018	st	24,75	+			
IV	2,70 ± 0,084	1 ± 0,000	3,75 ± 0,092	2,70 ± 0,084	sm	26,66	+			
V	2,04 ± 0,081	1,74 ± 0,103	3,74 ± 0,155	1,26 ± 0,103	m	46,67	-			

B)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1958
I	2,70 ± 0,12	1,91 ± 0,08	4,62 ± 0,19	1,42 ± 0,05	m	41,44	-	0,35	0,23	2A
II	3,5 ± 0,15	1,11 ± 0,05	4,58 ± 0,18	3,28 ± 0,16	st	23,63	+			
III	2,25 ± 0,10	2,25 ± 0,10	4,55 ± 0,21	1 ± 0	M	50,00				
IV	2,75 ± 0,22	1,21 ± 0,11	3,96 ± 0,32	2,33 ± 0,14	sm	30,52				
V	2,03 ± 0,22	1,57 ± 0,19	3,61 ± 0,39	1,38 ± 0,13	m	43,65				

Las dos poblaciones estudiadas de *S. salzmani* presentaron $2n=10$, con tipo de simetría 2A (Stebbins, 1971). Mostró un mayor nivel de asimetría intracromosómica que *S. palisae* ya que su A1 estuvo comprendido entre 0,42 y 0,45. Por otra parte, la asimetría intercromosómica fue similar al de *S. palisae*. El tamaño de los cromosomas varía según la población; en la población 7 todos los cromosomas fueron medianamente pequeños, pero en la población 8 los tres primeros pares fueron medianamente grandes y los otros dos medianamente pequeños. La fórmula cromosómica para la población 7 es $2st_{sat} + 2sm_{sat} + 2msat + 2Msat$, y para la población 8, $2sm_{sat} + 2sm + 2st + 2m + 2M$ (Tabla 3).

Tabla 3. Datos cariológicos de *Scorzoneroïda salzmani*. A). Población 7; B). Población 8.

A)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1956
I	4,08 ± 0,37	1,66 ± 0,21	5,75 ± 0,57	2,54 ± 0,16	sm	28,98	+	0,42	0,18	2A
II	3,33 ± 0,21	1,83 ± 0,10	5,16 ± 0,28	1,83 ± 0,10	sm	35,48				
III	3,85 ± 0,28	1,28 ± 0,09	5,13 ± 0,37	3,15 ± 0,12	st	24,71				
IV	2,83 ± 0,16	1,95 ± 0,05	4,78 ± 0,22	1,44 ± 0,05	m	40,76				
V	2,16 ± 0,10	2,16 ± 0,10	4,33 ± 0,21	1,00 ± 0,00	M	50,00				

B)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1956
I	3,32 ± 0,11	1,02 ± 0,02	4,34 ± 0,12	3,24 ± 0,09	st	23,58	+	0,45	0,15	2A
II	2,88 ± 0,10	1,35 ± 0,07	4,23 ± 0,17	1,94 ± 0,08	sm	32,02	+			
III	3,04 ± 0,09	1,16 ± 0,04	4,20 ± 0,11	2,66 ± 0,09	sm	27,71	+			
IV	2,40 ± 0,08	1,48 ± 0,05	3,88 ± 0,11	1,65 ± 0,07	m	38,15	+			
V	1,95 ± 0,05	1,86 ± 0,04	3,80 ± 0,08	1,05 ± 0,03	M	48,79	+			

El número de cromosomas contado en las cuatro poblaciones de *S. mueleri* fue $2n=12$. Todas ellas pertenecieron al tipo de simetría 2A (Stebbins, 1971), con valores para A1 que estuvieron comprendidos entre 0,38 y 0,43, y valores para A2 entre 0,11 y 0,23. Todos los cromosomas fueron medianamente pequeños. La fórmula cromosomática para la población 9 fue $2smsat + 2msat + 2msat + 2sm + 2msat + 2smsat$, para P10 fue $2smsat + 2smsat + 2smsat + 2msat + 2msat + 2msat$, para P12 fue $2smsat + 2smsat + 2smsat + 2m + 2m + 2msat$, y para P14 fue $2smsat + 2smsat + 2msat + 2m + 2m + 2sm$ (Tabla 4).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 25 – DICIEMBRE DE 2009

Tabla 4. Datos cariológicos de *Scorzoneroïda muelleri*. A) Población 9; B) Población 14; C) Población 9; D) Población 12.

A)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1956
I	2,19 ± 0,08	0,98 ± 0,02	3,18 ± 0,09	2,23 ± 0,07	sm	31,02	+	0,42	0,11	2A
II	1,85 ± 0,06	1,31 ± 0,03	3,16 ± 0,08	1,41 ± 0,03	m	41,50	+			
III	1,93 ± 0,04	1,21 ± 0,01	3,14 ± 0,07	1,64 ± 0,06	m	38,54	+			
IV	2,09 ± 0,07	1,01 ± 0,01	3,11 ± 0,07	2,07 ± 0,07	sm	32,66				
V	1,89 ± 0,03	1,17 ± 0,01	3,06 ± 0,04	1,61 ± 0,02	m	38,31	+			
VI	1,91 ± 0,02	1,05 ± 0,02	2,96 ± 0,03	1,83 ± 0,02	sm	35,39	+			

B)

Par	L	S	L+S	L/S	Tipo	CI	Satélites	A1	A2	Stebbins, 1956
I	2,42 ± 0,10	0,95 ± 0,03	3,37 ± 0,12	2,59 ± 0,12	sm	28,18	+	0,43	0,13	2A
II	2,07 ± 0,07	1,01 ± 0,01	3,08 ± 0,07	2,05 ± 0,06	sm	32,79				
III	1,98 ± 0,04	1,05 ± 0,02	3,04 ± 0,05	1,88 ± 0,03	sm	34,55	+			
IV	1,85 ± 0,03	1,19 ± 0,03	3,04 ± 0,06	1,57 ± 0,03	m	39,08				
V	1,87 ± 0,03	1,15 ± 0,01	3,02 ± 0,04	1,62 ± 0,02	m	38,07				
VI	1,70 ± 0,07	1,31 ± 0,07	3,01 ± 0,14	1,32 ± 0,03	m	43,52	+			

DISCUSIÓN

Las tres especies fueron diploides con $n=5$, $2n=10$ para *S. palisae* y *S. salzmani*, y $n=6$, $2n=12$ para *S. muelleri* en todas las poblaciones estudiadas. Estos resultados concuerdan con anteriores trabajos cariológicos (Izuzquiza, 1991; 1998). El número básico cromosómico $x=6$ es el más común en el género y probablemente se ha producido un fenómeno de displodía que ha generado el número básico $x=5$. El decrecimiento filogenético del número cromosómico es característico de numerosas líneas de evolución dentro de la tribu Cichorieae (Stebbins, 1953). De todos modos, una evolución independiente del mismo número cromosómico se ha observado en el género *Hypochaeris*, donde se produce tanto un aumento como una disminución de dicho número (Cerbah et al., 1999). Parece ser que la reducción del



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

número básico y el aumento de la asimetría del cariotipo se han generado por causas similares (Stebbins, 1953). Los cariotipos de las tres especies estudiadas son bastante simétricos (tipo 2A; Stebbins, 1971), aunque con algunas diferencias. La morfología de los cromosomas varió entre las clases metacéntrica (M y m) y subtlocéntrica (st) en *Scorzoneroida palisae* y *S. salzmani*, aunque en la segunda especie, el porcentaje de pares submetacéntricos fue mayor que los metacéntricos (de modo contrario a lo que sucede en *S. palisae*). De hecho, el estudio de la asimetría intracromosómica mostró los mayores valores para *S. salzmani*. Por otra parte, *S. mueleri* presentó cromosomas metacéntricos (50%) y submetacéntricos (50%), con valores intermedios para ambos índices de asimetría (A1, A2). En general dentro de la tribu Cichoriaceae, las especies primitivas tienen cromosomas con tamaños similares y centrómeros medianos o submedianos, mientras que las especies más evolucionadas tienden a tener centrómeros subterminales y con desigual tamaño (Stebbins, 1953). Si aceptamos este criterio, nuestros resultados demuestran que *S. salzmani* tiene un cariotipo más evolucionado que *S. palisae* y que ambos están más evolucionados que *S. mueleri*.

Se encontraron diferencias interpoblacionales de los cariotipos de cada taxón, concretamente en el número de satélites y el tamaño de los diferentes tipos de cromosomas. En este último caso, puede deberse al tratamiento premitótico y a la técnica de teñido que provoca diferentes contracciones de los cromosomas, dando lugar a tamaños aparentes variables (Mejías y Andrés, 2004).

Los cromosomas fueron medianamente pequeños o medianamente grandes, sin exceder nunca los 6 μm . En las Cichorieae existe una relación positiva entre la disminución del tamaño de los cromosomas y la tasa de crecimiento de la planta (Stebbins, 1953). El significado ecológico y evolutivo de las relaciones entre el ciclo de vida y el tamaño del cromosoma probablemente descansa en el efecto de la cantidad de ADN sobre la duración del ciclo celular, y determina los procesos de desarrollo (Mejías y Andrés, 2004). El tamaño de los cromosomas no tiene un valor taxonómico aunque sí evolutivo, ya que las plantas con mayores cromosomas se consideran en general más primitivas que aquellas de menores cromosomas (Izco, 2004).

La realización de un trabajo de investigación por parte del alumnado se presenta como una gran oportunidad para poner en práctica los conocimientos aportados en las materias de Biología, fomentar el interés por el mundo que les rodea y formarles en el desarrollo de capacidades que son útiles para un posible futuro profesional centrado en la investigación tanto a nivel básico como aplicado.

BIBLIOGRAFÍA

Arohonka, T. (1982): Chromosome counts of vascular plants of the island Seili in Nauvo, southwestern Finland Turun Yliopiston Julkaisuja: Sarja. *Biologia- Geographica*, volumen 2, número 3 (1-12).

Brullo, S., Guglielmo, A., Pavone P., Terrasi, M.C. (1990): Chromosome counts of flowering plants from N. Cyrenaica. *Candollea*, número 45 (65-74).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

Castroviejo, S., Feliner, G.N. (1986): Cytotaxonomic notes on some Spanish plants. *Willdenowia*, número 16 (213-219).

Cerbah, M., Coulaud, J., Brown, S. C., Siljak-Yakovlev, S. (1999): Evolutionary DNA variation in the genus *Hypochaeris*. *Heredity*, número 82 (261–266).

Colombo, P., Trapani, S. (1990): Números cromosómicos de plantas occidentales. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, número 47 (179-183).

Dimitrieva, S.A. (1987): Kariologicheskaja kharakteristika nekotorykh predstaviteley sem. Slozhnocvetnykh (*Asteraceae* Dumort.). *Flora Belorussii Botanika (Minsk)*, número 28: (23-33).

Favarger, J.S. (1959): Notes de caryologie alpine. *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles*, volumen 3, número 82 (255-285).

Finch, R. A. (1967): Natural chromosome variation in *Leontodon*. *Heredity*, número 22 (359-386).

Halkka, L. (1985): Chromosome counts of Finnish vascular plants. *Annales Botanici Fennici*, número 22 (315-317).

Izco, J., Barreno, E. Brugués, M. Costa M., Devesa J.A., Fernández F., Gallardo T., Prada C., Talavera S., Valdés B., Llimona X. (2004): *Botánica*. Madrid: Mc. Graw-Hill

Izuzquiza A., Nieto Feliner, G. (1991). Cytotaxonomic notes on the genus *Leontodon* (*Asteraceae*, *Hypochaeridinae*). *Willdenowia*, número 21 (215-224).

Izuzquiza, A. (1991): A new species and two new combinations of *Leontodon* (*Asteraceae*, *Hypochaeridinae*). *Nordic Journal of Botany*, número 11 (33-40).

Izuzquiza, A. (1998a): Números cromosómicos de plantas occidentales. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, número 56 (119).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

Izuzquiza, A. (1998b): Números cromosómicos para la flora española. *Lagascalía*, volumen 2, número 20 (308-310).

Izuzquiza, A., Nieto Feliner, G. (1991): A new species and two new combinations of *Leontodon* (Asteraceae, Hypochoeridinae). *Nordic Journal of Botany*, número 11 (33–40).

Krasnikov, A.A. (1991): Chromosome numbers in some species of vascular plants from Novosibirsk region. *Botaniceskij Zurnal (Moscow & Leningrad)*, número 76 (476-479).

Kuzmanov B., Jurukova-Gran-Arova, P. D., Georgieva, S.B. (1993): Karyological studies of Bulgarian Asteraceae. VI. *Fitologija*, número 44 (3-15).

Kuzmanov, B., Georgieva, S., Nikolova, V., Penceva, V. (1981): Reports. In A. Löve [ed.]. Chromosome number reports LXXII. *Taxon* 30: 701-702.

Lavrenko A. N., Serditov, N. P. (1991): Chromosome numbers in some plant species from the south-west of the Komi ASSR. *Botaniceskij Zurnal (Moscow & Leningrad)*, número 76 (769-771).

Lökvist B., Hulgard, U. M. (1999): Chromosome numbers in south Swedish vascular plants. *Opera Botanica*, número 137 (1-42).

Mizianty, M. Mirek, Z., Frey, L. (1983): Chromosome numbers of Polish vascular plants. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, número 52 (205-214).

Pasuk, K.T. (1987) : Hromosomnye cisla vidov subal'pijskogo pojasa Cernogory (Ukrainskie Karpaty). *Botaniceskij Zurnal*, número 72 (1069-1074).

Pogan, E., Jankun, A., Sawicka, Z. (1990): Further studies in chromosome numbers of Polish angiosperms. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, número 31 (1-17).

Romero, C. (1986): A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon*, número 35 (526–530).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 – DICIEMBRE DE 2009

Rousi A., (1973): Studies on the cytotaxonomy and mode of reproduction of *Leontodon* (Compositae). *Anales Botanici Fennici*, número 10 (201-215).

Sawicka, Z. (1989): Further studies in chromosome numbers of Polish angiosperms. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, número 31 (1-17).

Scoggan, H. J. (1979): Dicotyledoneae (*Loasaceae* to *Compositae*). *The Flora of Canada*, número 4 (1117-1711).

Snow, R. (1963): Alcoholic hydrochloric acid-carmines as a stain for chromosomes in squash preparations. *Stain technology*, número 38 (9-13).

Stebbins, G.L. (1971): *Chromosomal evolution in higher plants*. London: Edward Arnold Ltd.

Stebbins, G.L., Jenkins, J.A., Walters, M.S. (1953): Chromosomes and phylogeny in the *Compositae*, tribe *Cichorieae*. *University of California Publications in Botany*, número 26 (401-430).

Autoría

- Nombre y Apellidos: GEMA CRUZ MAZO
- Centro, localidad, provincia: I.E.S. "San Jorge", Villanueva del Trabuco, Málaga.
- E-mail: gcrumaz@upo.es