

Lagascalía 12(1): 81-97 (1983).

ESTUDIO CARIOLÓGICO DE BORAGINACEAS ESPAÑOLAS, I. ANCHUSA.

T. LUQUE

Departamento de Botánica, Facultad de Biología, Sevilla

(Recibido el 30 de febrero de 1982)

Resumen. Se estudian cariológicamente los taxones españoles del género *Anchusa* L., a excepción de *A. subglabra* Caballero y *A. officinalis* L., encontrándose los números cromosómicos siguientes: *A. undulata* L. subsp. *undulata*, $2n = 16$; *A. undulata* subsp. *granatensis* (Boiss.) Valdés, $2n = 16$; *A. undulata* subsp. *viciosoi* Valdés ex Lainz, $2n = 16$; *A. calcarea* Boiss. var. *calcarea*, $2n = 16$; *A. calcarea* var. *scaberrima* Boiss., $2n = 16$; *A. azurea* Miller, $2n = 32$; *A. puechii* Valdés, $2n = 22$; *A. stylosa* Bieb., $2n = 16$; *A. arvensis* (L.) Bieb. subsp. *arvensis*, $2n = 48$; *A. arvensis* subsp. *orientalis* (L.) Nordh., $2n = 16$. Se incluyen cariogramas y fórmulas idiogramáticas, así como tamaños aparentes de los cromosomas y asimetría del cariotipo de cada uno de los taxones estudiados. Se establece como número básico primario del género, $x = 8$.

Summary. In this paper, the caryology of the Spanish taxa of the genus *Anchusa* L. are studied, with the exception of *A. subglabra* Caballero and *A. officinalis* L. The following chromosome numbers are reported: *A. undulata* L. subsp. *undulata*, $2n = 16$; *A. undulata* subsp. *granatensis* (Boiss.) Valdés, $2n = 16$; *A. undulata* subsp. *viciosoi* Valdés ex Lainz, $2n = 16$; *A. calcarea* Boiss. var. *calcarea*, $2n = 16$; *A. calcarea* var. *scaberrima* Boiss., $2n = 16$; *A. azurea* Miller, $2n = 32$; *A. puechii* Valdés, $2n = 22$; *A. stylosa* Bieb., $2n = 16$; *A. arvensis* (L.) Bieb. subsp. *arvensis*, $2n = 48$; *A. arvensis* subsp. *orientalis* (L.) Nordh., $2n = 16$. Karyograms, idiogramatic formulas, as well as apparent size of the chromosomes and the karyotype asymmetry are included for each taxon studied. The basic chromosome number $x = 8$ is proposed as the primary one for the genus.

INTRODUCCION

El género *Anchusa* L. se compone de unas 40 especies, distribuidas preferentemente por la Región Mediterránea y W de Asia. En la Península Ibérica e Islas Baleares se encuentran representados 12 taxones, tres de ellos endémicos (*A. calcarea*, *A. subglabra* y *A. puechii*).

El primer recuento cromosómico conocido del género es el de SVENSSON (1925, sec. BRITTON, 1951) que encontró $n = ca. 27$ en *A. arvensis* (sub *Lycopsis arvensis* L.). Entre los autores que se han ocupado posteriormente del estudio cariológico de este género merecen destacarse, entre otros, SMITH (1931, 1932), BRITTON (1951) y VALSECCHI (1976). En lo que respecta a la Península Ibérica, FERNANDES & QUEIRÓS (1970-71), FERNANDES & LEITÃO (1972) y LUQUE (1980) se han ocupado de varias especies representadas en Portugal, y LÖVE & KJELLQVIST (1974), VALDÉS & al. (1977) y VALDÉS-BERMEJO (1979) de algunas españolas. Todos estos autores indican en sus trabajos solamente números cromosómicos, a excepción de SMITH (1931, 1932) que se ocupó además del estudio de la morfología y tamaño de los cromosomas de los cariotipos de los taxones por él estudiados y de MARKOWA & IVÁNOVÁ (1971) que representaron el idiograma de *A. azurea* del que indicaron la fórmula idiogramática.

En el presente trabajo se estudian cariológicamente 10 taxones, de los que se indican el número cromosómico, longitud aparente y morfología de los cromosomas, así como la fórmula idiogramática y asimetría que corresponde a cada cariotipo.

MATERIAL Y METODOS

Se han utilizado meristemos radicales de plantas de origen silvestre, obtenidas a partir de plántulas y semillas cultivadas en el Jardín Experimental del Departamento de Botánica de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla.

Las raíces fueron tratadas con 8-hidroxiquinoleína 0,002 M (TJIO & LEVAN, 1950) a $4 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 3,30 - 4 h., fijadas en líquido de Farmer (LÖVE & LÖVE, 1975) durante un mínimo de 24 h. y conservadas a 4°C en alcohol etílico al 70% hasta el momento de su tinción. Esta se efectuó con carmín-alcohólico-clorhídrico siguiendo el método de SNOW (1963), manteniéndose en dicho colorante entre 24 y 48 h. La preparación de los me-

ristemos radicales se ha efectuado por aplastamiento, utilizando habitualmente ácido acético al 45% como líquido de montaje, aunque para material escasamente teñido ha resultado más práctico el montaje con carmín acético (LÖVE & LÖVE, 1975).

Se han estudiado de 1 a 10 plantas por población, con una media de 6, y de cada planta se han estudiado de 1 a 10 raíces, observándose el máximo posible de placas metafásicas. Los cariogramas se han obtenido a partir de una sola placa metafásica habiendo sido comprobados y comparados con los cariotipos de numerosas células.

Siempre que ha sido posible, se han conservado las plantas utilizadas para los estudios cariológicos, y se citan en el texto por el número de pliego que se conservan en el Herbario del Departamento de Botánica de la Facultad de Biología de Sevilla (SEV).

En cuanto a la terminología utilizada, para expresar el tamaño aparente y el grado de asimetría de los cariotipos se ha seguido básicamente a STEBBINS (1938, 1971), mientras que los términos utilizados para indicar la morfología de los cromosomas están de acuerdo con los de LEVAN & al. (1965).

RESULTADOS

A. undulata L., Sp. Pl. 133 (1753).

subsp. undulata

Material estudiado.

León. San Pedro de Bercianos, VII.1979, *Díez* (SEV 52808), $2n = 16$. **Salamanca.** Béjar, 5.VI.1979, *Díez, Pastor & Silvestre* (SEV 52824), $2n = 16$; ídem, 5.VI.1979, *Díez, Pastor & Silvestre* (SEV 52823), $2n = 16$. **Sevilla.** Entre El Pedroso y Castilblanco de los Arroyos, 18.V.1978, *Candau, Díez & Pérez* (SEV 52807), $2n = 16$. **Zamora.** Villaveza del Agua, 5.VI.1979, *Díez, Pastor & Silvestre* (SEV 52826), $2n = 16$.

Se ha encontrado el número somático $2n = 16$, que coincide con el indicado por FERNANDES & LEITÃO (1972: 398) para plantas de diversas localidades de Portugal, por VALSECCHI (1976: 54) para plantas procedentes de Italia y por LUQUE (1980: 667) para plantas recolectadas en Portugal.

Para esta especie, sin especificar subespecie, BRITTON (1951: 242) indicó $n = 8$ y $2n = 16$ para material cultivado y CARPINERI & al. (1978: 456) indicaron igualmente $n = 8$ para plantas recolectadas en Italia. Se trata de un taxón diploide con número básico $x = 8$, siendo al parecer la primera vez que se estudia material español.

En las plantas recolectadas entre El Pedroso y Castilblanco de los Arroyos (Sevilla, SEV 52807), la longitud aparente de los cromosomas oscila entre 4,78 y 7,87 μ , considerándose, por tanto, medianamente pequeños y medianamente grandes. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente manera (Lám. I, fig. 1b):

8 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 2, 5, 7 y 8); 6 cromosomas submetacéntricos (sm) con centrómero en la región submedia (pares 1, 3 y 4) y 2 cromosomas subtelocéntricos satelizados (st), con centrómero en la región subterminal (par 6).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idogramática siguiente: $8m + 6sm + 2st^{sat}$. Su asimetría cromosómica es de tipo 2A.

En las plantas procedentes de una de las poblaciones de Béjar (Salamanca, SEV 52824), los cromosomas presentan una longitud aparente que oscila entre 6,30 y 10,35 μ , tratándose de cromosomas que varían de medianamente grandes a grandes. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente manera (Lám. I, fig. 2b):

8 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares, 1, 5, 7 y 8); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 2, 3 y 4) y 2 cromosomas subtelocéntricos satelizados (st), con centrómero en la región subterminal (par 6).

Presentan, por tanto, la misma fórmula idiogramática que las plantas de Sevilla: $8m + 6sm + 2st^{sat}$, así como la asimetría cromosómica que es de tipo 2A.

En ambos cariógramas se puede observar que existe un par de cromosomas subtelocéntricos satelizados, como fue ya indicado por VALSECCHI (1976: 54). Dicho par corresponde al n° 6 tanto en las plantas de Sevilla (Lám. I, fig. 1b) como en las de Salamanca (Lám. I, fig. 2b).

En las plantas de las dos poblaciones procedentes de Béjar, se ha comprobado que el par n° 6 está formado por dos cromosomas desiguales (Lám. I, fig. 2b), fenómeno que no se ha encontrado en las demás poblaciones estudiadas (véase Lám. I, fig. 1b). Dicha desigualdad ha podido originarse por delección en uno de los cromosomas de las plantas de Béjar, ya que al comparar el cariotipo de dichas plantas (Lám. I, fig. 2b) con el de las plantas de Sevilla que tienen los cromosomas iguales (Lám. I, fig. 1b), se puede observar que la longitud aparente de los cromosomas homólogos correspondientes al par satelizado n° 6 de este último, es la misma que la del cromosoma más largo del par n° 6 de las plantas de Salamanca.

subsp. *granatensis* (Boiss.) Valdés, *Lagasalia* 10: 109 (1981).

A. granatensis Boiss. *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 430 (1841).

Material estudiado.

Albacete. Alcaraz, 9.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 52828), $2n = 16$. **Almería.** Entre Chirivel y El Contador, 11.IV.1979, *Devesa, Luque & Ubera* (SEV 59652), $2n = 16$. **Granada.** Huescar, 3.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 52802), $2n = 16$. **Jaén.** Peal del Becerro, 10.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 52830), $2n = 16$. Belmez de la Moraleda, 10.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 52829), $2n = 16$.

Se ha encontrado el número somático $2n = 16$. Cuatro de estas poblaciones corresponden a la variedad típica, y la procedente de Belmez de la Moraleda, a la var. *horrida* Cuatrecasas. Dicho número cromosómico coincide con el indicado por BRITTON (1951: 242) para material cultivado, por FERNANDES & LEITÃO (1972: 398) para plantas procedentes de Portugal y por LÖVE & KJELLQVIST (1974: 178) para plantas españolas recolectadas en el Pantano del Tranco (Sierra de Cazorla, Jaén). El número haploide $n = 8$ ha sido también indicado por BRITTON (l. c.). Se trata de un taxón diploide con número básico $x = 8$.

La longitud aparente de los cromosomas de las plantas recolectadas entre Chirivel y El Contador (Almería, SEV 59652), oscila entre $5,5$ y 9μ , siendo por tanto los cromosomas medianamente grandes, pudiéndose agrupar de la siguiente forma (Lám. I, fig. 3b):

4 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (pares 3 y 6); 2 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (par 5); 2 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos (m-sm), uno con centrómero en la región media y otro en la submedia (par 7); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 1, 2 y 4) y 2 cromosomas subtelocéntricos satelizados (st), con centrómero en la región subterminal (par 8).

A este cariotipo le corresponde la siguiente fórmula idiogramática: $4 M + 2 m + 2 (m-sm) + 6 sm + 2 st^{sat}$. La asimetría cromosómica es de tipo 2A.

El cariotipo de este taxón coincide con el representado por FERNANDES & LEITÃO (l. c.), correspondiendo en ambos casos el único par satelizado a uno de los pares más pequeños, que es subtelocéntrico.

En el cariograma de *A. undulata* subsp. *granatensis* representado (Lám. I, fig. 3b), puede apreciarse que dos de los pares de cromosomas presentan algunas anomalías. Los cromosomas que constituyen el par 1 poseen distintas longitudes aparentes, siendo ambos submetacéntricos, mientras que de los que

forman el par 7, uno presenta el brazo corto de mayores dimensiones que el homólogo, estando formado dicho par por un cromosoma metacéntrico y otro submetacéntrico. En lo que respecta al par 7, la diferencia en tamaño y morfología puede deberse a una delección en el brazo corto de uno de los cromosomas, ya que en las otras dos subespecies de *A. undulata* este par está formado por cromosomas metacéntricos, similares al cromosoma más largo de dicho par de la subsp. *granatensis*.

subsp. *viciosoi* Valdés ex Lainz, *Anal. Jardín Bot. Madrid* 38 (2): 531 (1982).

Material estudiado.

Huelva. Entre Villablanca y San Silvestre de Guzmán, 18.V.1979, *Díez, Silvestre & Talavera* (SEV 52803), $2n = 16$. **Sevilla.** Entre El Garrobo y Gerena, 1.IV.1979, *Díez & Luque* (SEV 52804), $2n = 16$. El Ronquillo, Pantano de la Minilla, 1.IV.1979, *Díez & Luque* (SEV 52812), $2n = 16$.

Se ha encontrado el número somático $2n = 16$. Se trata de un taxón diploide con número básico $x = 8$, y es, al parecer, la primera vez que se estudia desde el punto de vista cariológico.

La longitud aparente de los cromosomas de las plantas procedentes de Villablanca a San Silvestre de Guzmán (Huelva, SEV 52803), oscila entre 6,10 y 10 μ , tratándose por tanto, de cromosomas medianamente grandes y grandes que pueden agruparse de la siguiente forma (Lám. I, fig. 4b):

4 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (pares 5 y 6); 4 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 1 y 7); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 2, 3 y 4) y 2 cromosomas subteloicéntricos (st), con centrómero en la región subterminal (par 8).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idiogramática siguiente: $4M + 4m + 6sm + 2st$. Su asimetría cromosómica es de tipo 2A.

En todas las plantas de *A. undulata* estudiadas, independientemente de la subespecie a que pertenezcan, se ha encontrado el mismo número cromosómico, $2n = 16$, que corresponde a un nivel diploide con número básico $x = 8$. Los cariotipos estudiados pertenecientes a las distintas subespecies son prácticamente idénticos, manteniéndose incluso la misma proporción en los distintos tipos de cromosomas, que ha sido de 50% de metacéntricos, 37,5% de submetacéntricos y 12,5% de subteloicéntricos. La asimetría cromosómica es de tipo 2A, como cabe esperar de la existencia de cromosomas con escasas dife-

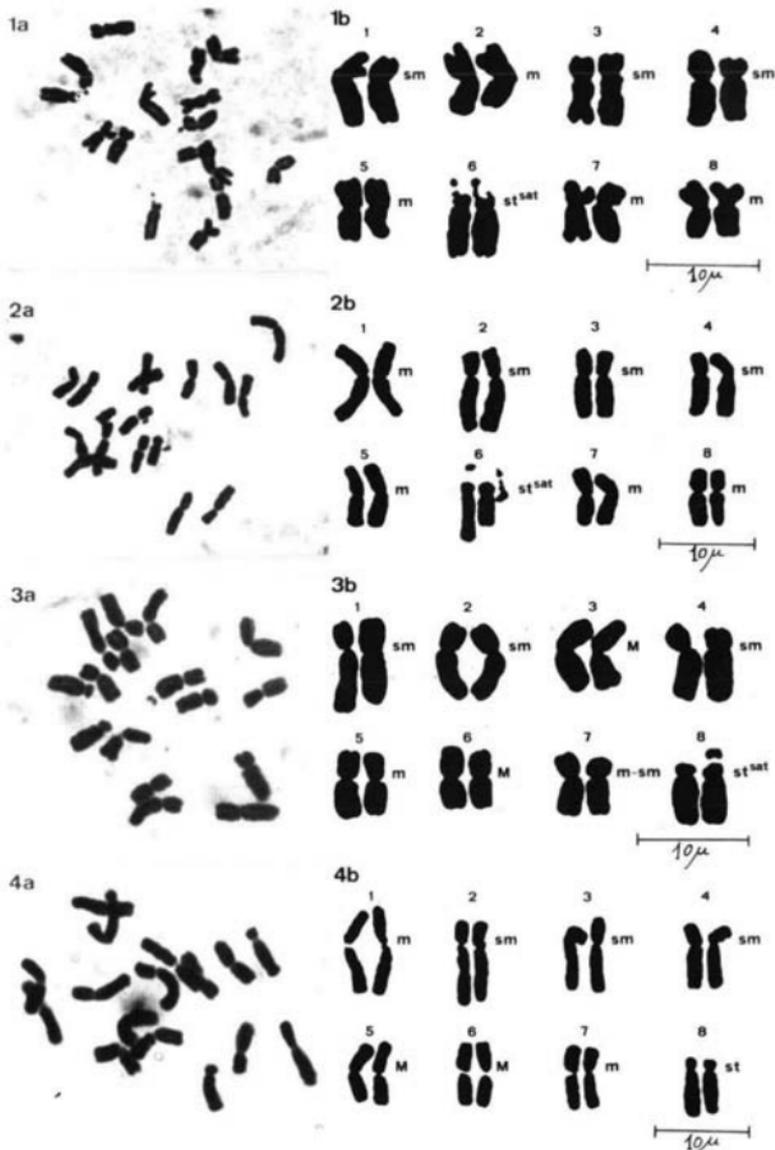


LÁMINA I.- Figs. 1a - 4b: Cariotipos y cariogramas de *A. undulata*. 1a, metafase somática de *A. undulata* subsp. *undulata* (Sevilla, SEV 52807), $2n = 16$. 1b, cariograma (SEV 52807). 2a, metafase somática de *A. undulata* subsp. *undulata* (Salamanca, SEV 52824), $2n = 16$. 2b, cariograma (SEV 52824). 3a, metafase somática de *A. undulata* subsp. *granatensis* (Almería, SEV 59652), $2n = 16$. 3b, cariograma (SEV 59652). 4a, metafase somática de *A. undulata* subsp. *viciosoi* (Huelva, SEV 52803), $2n = 16$. 4b, cariograma (SEV 52803).

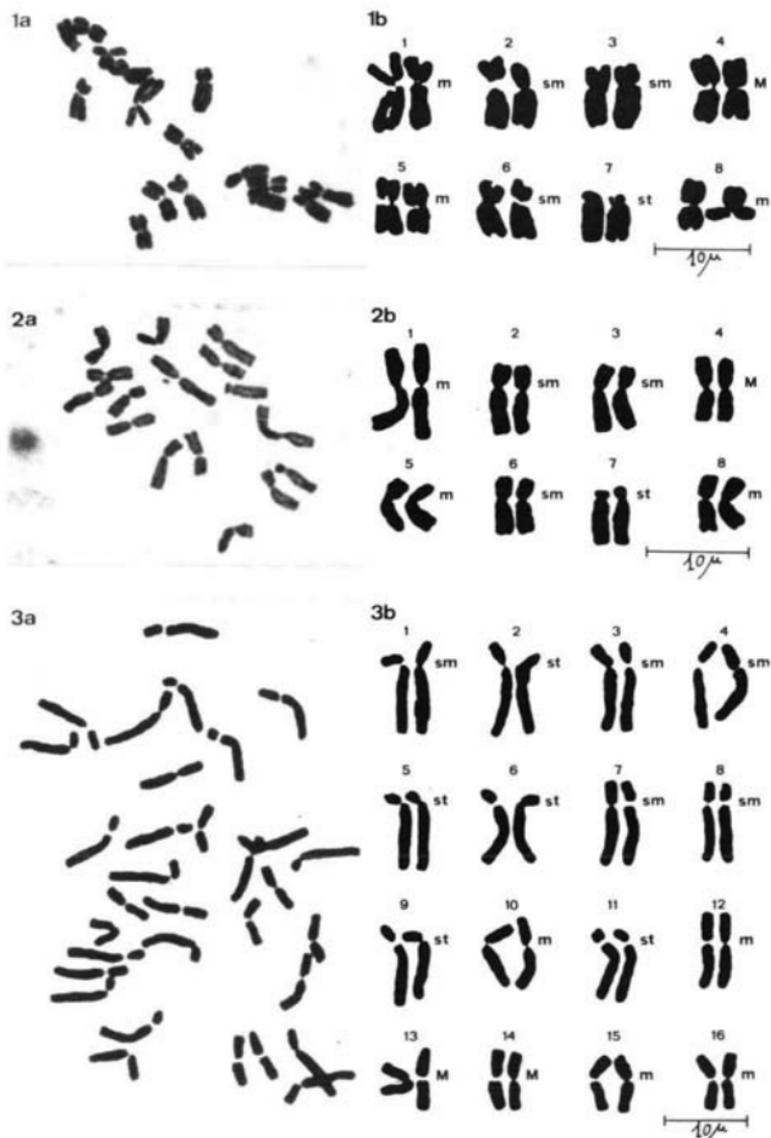


LÁMINA II.- Figs. 1a - 2b: Cariotipos y cariogramas de *A. calcarea*. 1a, metafase somática de *A. calcarea* var. *calcarea* (Cádiz, SEV 55123), $2n = 16$. 1b, cariograma (SEV 55123). 2a, metafase somática de *A. calcarea* var. *scaberrima* (Huelva, SEV 55125), $2n = 16$. 2b, cariograma (SEV 55125). Figs. 3a - 3b: Cariotipo y cariograma de *A. azurea*. 3a, metafase somática (Cádiz, SEV 57149), $2n = 32$. 3b, cariograma (SEV 57149).

rencias de tamaño, de los que un 50% son metacéntricos.

Con respecto al tamaño de los cromosomas, en las tres subespecies estudiadas varían entre medianamente pequeños y grandes, siendo la subsp. *undulata* la que presenta mayor amplitud de variación.

La inclusión de *A. granatensis* como subespecie de *A. undulata* (VALDÉS, 1981a: 109-110), queda justificada cariológicamente, ya que su cariotipo es prácticamente indistinguible del de las subsps. *undulata* y *viciosoi*.

A. calcarea Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 431 (1841).

var. calcarea

Material estudiado.

Cádiz. Entre Vejer de la Frontera y los Caños de la Meca, 27.IV.1978, *Luque & Valdés* (SEV 55123), $2n = 16$.

Se ha encontrado $2n = 16$ cromosomas, lo que coincide con el número haploide indicado por FERNANDES & QUEIRÓS (1971: 358, sub var. *glabrescens* Boiss.) para plantas portuguesas y con el diploide encontrado por VALDÉS-BERMEJO (1979: 379) en plantas españolas procedentes del Coto de Doñana (Almonte, Huelva). Se trata de un taxón diploide con número básico $x = 8$.

En las plantas estudiadas, la longitud aparente de los cromosomas oscila entre 4,55 y 8μ , siendo, por tanto, medianamente pequeños y medianamente grandes. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente manera (Lám. II, fig. 1b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par 4); 6 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 1, 5 y 8); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 2, 3 y 6) y 2 cromosomas subteloicéntricos (st), con centrómero en la región subterminal (par 7).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idiogramática siguiente: $2M + 6m + 6sm + 2st$. La asimetría cromosómica es de tipo 2A.

var. scaberrima Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 431 (1841).

Material estudiado.

Huelva. Hinojos, 17.V.1979, *Diez, Talavera & Silvestre* (SEV 55128), $2n = 16$; idem, 17.V.1979, *Diez Talavera & Silvestre* (SEV 55125), $2n = 16$. Sevilla. Carmona, 29.II.1980, *Gallego, Romero & Valdés* (SEV 55117), $2n = 16$. Entre El Viso del Alcor y Carmona, 10.III.1978, *Luque* (SEV 55113), $2n = 16$. Alcalá de Guadaíra, 1.IV.1980, *Luque, Talavera & Valdés* (SEV 33121), $2n = 16$.

El número somático encontrado, $2n = 16$, coincide con el indicado por FERNANDES & LEITÃO (1972: 396) y por LUQUE (1980: 665) para plantas recolectadas en Portugal. Se trata de un taxón diploide endémico de la Península Ibérica, con número básico $x = 8$, del que no se ha encontrado hasta el momento ningún estudio cariológico efectuado con material español.

En las plantas procedentes de Hinojos (Huelva, SEV 55125), la longitud aparente de los cromosomas oscila entre 5,40 y 9,70 μ , por lo que se consideran medianamente grandes y grandes, aunque realmente sólo el primer par (Lám. II, fig. 2b) entra dentro del grupo de cromosomas grandes, siendo los restantes medianamente grandes. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente manera (Lám. II, fig. 2b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par 4); 6 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 1, 5 y 8); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 2, 3 y 6) y 2 cromosomas subteloicéntricos (st), con centrómero en la región subterminal (par 7).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idiogramática que sigue: $2M + 6m + 6sm + 2st$. Su asimetría cromosómica es de tipo 2A.

El cariotipo obtenido es semejante al representado por FERNANDES & LEITÃO (1972: 397). Sin embargo, dichos autores indicaron la presencia de satélites en el par subteloicéntrico, que es el más pequeño del cariotipo, lo que no ha podido ser confirmado en ninguna de las poblaciones españolas estudiadas, en que no se ha detectado ningún par satelizado.

Las dos variedades de *A. calcarea* estudiadas: var. *calcarea* y var. *scaberima* presentan el mismo número cromosómico, $2n = 16$, el mismo tipo de asimetría (2A) y el mismo cariotipo, presentando sus cariogramas (Lám. II figs. 1b y 2b) los mismos tipos de cromosomas.

A. azurea Miller, *Gard. Dict.* ed. 8, n° 9 (1768).

Material estudiado.

Alicante. Sierra de Mariola, 7.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 57134), $2n = 32$.
Cádiz. Entre Chiclana y Conil, 27.IV.1978, *Luque & Valdés* (SEV 57149), $2n = 32$; Grazalema, 16.VI.1979, *Luque & al.* (SEV 57133), $2n = 32$; Cádiz, 25.VI.1978, *Martínez* (SEV 57029), $2n = 32$.
Huelva. Ayamonte, 18.V.1979, *Silvestre, & al.* (SEV 57130), $2n = 32$.
Málaga. Algatocín, 25.III.1979, *Díez & Luque*, $2n = 32$.
Murcia. San Javier, 5.V.1979, *García Luque & Valdés* (SEV 57006), $2n = 32$.
Sevilla. Carmona, 24.IV.1979, *Candau, Fernández & Luque* (SEV 57013), $2n = 32$; entre Herrera y Ecija, 1.IV.1980, *Luque, Talavera & Valdés* (SEV 57017), $2n = 32$.
Teruel. Castelserás, 7.VII.1979, *Cabezudo, Luque & Uberta* (SEV 57113), $2n = 32$.

El número somático encontrado $2n = 32$, coincide con el gamético $n = 16$ indicado por STREY (1931: 700, sub *A. italica* Retz.), y BRITTON (1951: 243) para material cultivado y por VALDÉS & al. (1977: 193-194) para plantas españolas procedentes de la zona comprendida entre Villa del Río y Cardena (Córdoba). También coincide con el número somático indicado por STREY (l. c.), para material cultivado, por MARKOWA & IVÁNOVÁ (1971a: 124) para plantas procedentes de Bulgaria, por FERNANDES & LEITÃO (1972: 396) para plantas de diversas localidades de Portugal, por LÖVE & KJELLQVIST (1974: 177) para plantas españolas recolectadas en Tragacete (Serranía de Cuenca, Cuenca), por VALSECCHI (1976: 63) para plantas procedentes de Italia y por VAN LOON & JONG (1978: 59) para plantas de Grecia.

BRITTON (1951: 243) y SMITH (1931: 494; 1932: 396), en variedades ornamentales, encontraron $n = 16$ y $2n = 32$ el primero, y $n = 16 + 1B$ y $n = 16 + 2B$ el segundo.

Se trata de un taxón tetraploide, con número básico $x = 8$.

La longitud aparente de los cromosomas de las plantas procedentes de Chiclana a Conil (Cádiz, SEV 57149), oscila entre 6,75 y 11,60 μ , siendo por tanto, medianamente grandes y grandes. Dichos cromosomas se pueden agrupar de la siguiente manera (Lám: II, fig. 3b):

4 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (pares 13 y 14); 8 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 10, 12, 15 y 16); 10 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 1, 3, 4, 7 y 8) y 10 cromosomas subtelo-céntricos (st), con centrómero en la región subterminal (pares 2, 5, 6, 9 y 11).

A este cariotipo le corresponde la siguiente fórmula idiogramática: $4M + 8m + 10sm + 10st$. Su asimetría cromosómica es de tipo 3A.

SMITH (1931: 494) indica que la longitud de los cromosomas de *A. italica* Retz. cultivar *Pride of Dover*, varían entre 4,7 y 8,5 μ , tamaño claramente inferior al encontrado en las plantas estudiadas, aunque las diferencias en tamaño aparente de los cromosomas no tiene demasiado significado para fines comparativos, por depender de diversas causas externas. Sin embargo, la fórmula idiogramática encontrada no coincide con la indicada por SMITH (l. c.): $6m + 22sm + 4st$. Este autor observó la presencia de multivalentes en la meiosis, por lo que supuso que las poblaciones tetraploides, único nivel conocido de este taxón, serían de origen autopoliploide. En el presente estudio se han observado solamente y con dificultad, algunas células meióticas en diacinesis, sin que pueda asegurarse con certeza si se forman o no multivalentes.

A. puechii Valdés, *Lagasalia* 9: 237 (1980).

Material estudiado.

Cádiz. Espera, 10.IV.1974, *Silvestre* (SEV 43663), $2n = 22$; Entre Trebujena y Sanlúcar de Barrameda, 22.II.1980, *Pastor & Valdés* (SEV 55135), $2n = 22$. Jaén. Peal del Becerro, 10.V.1979, *García, Luque & Valdés* (SEV 43667), $2n = 22$. Sevilla. Utrera, 4.IV.1977, *Cabezudo, Talavera & Valdés* (SEV 43664), $2n = 22$; Carmona, 15.V.1979, *Perea* (SEV 43672), $2n = 22$; Ecija, 29.II.1980, *Gallego, Romero & Valdés* (SEV 55134), $2n = 22$.

Se han estudiado plantas de seis poblaciones, observándose en todas ellas el número somático $2n = 22$, por lo que puede asegurarse que se trata de un taxón diploide con número básico $x = 11$, siendo ésta, al parecer, la primera vez que se estudia desde el punto de vista cariológico.

En las plantas procedentes de Carmona (Sevilla, SEV 43672), la longitud aparente de los cromosomas oscila entre 3,50 y 5,70 μ , por lo que se consideran medianamente pequeños y medianamente grandes. De ellos, sólo el par 1 (Lám. III, fig. 1b) es medianamente grande, siendo todos los demás medianamente pequeños. Los cromosomas de dichas plantas, pueden agruparse de la forma siguiente (Lám. III, fig. 1b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par 3); 8 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media, dos de ellos satelizados (pares 6, 8, 10 y 11); 8 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 1, 2, 4 y 5); 2 cromosomas subtelocéntricos satelizados (st), con centrómero en la región subterminal (par 7) y 2 cromosomas telocéntricos satelizados (T), con centrómero en el punto terminal (par 9).

A este cariotipo corresponde la fórmula idiogramática siguiente: $2M + 6m + 2m^{sat} + 8sm + 2st^{sat} + 2T^{sat}$. Su simetría cromosómica es de tipo 2A.

A. stylosa Bieb., *Fl. Taur.-Cauc.* 1: 123 (1808).

Material estudiado

Sevilla. Entre Herrera y Ecija, 1.IV.1980, *Luque, Talavera & Valdés* (SEV 53721), $2n = 16$.

En las plantas de la población estudiada, que es hasta el momento la única conocida en la Península Ibérica (VALDÉS, 1981b: 119), se ha encontrado $2n = 16$ cromosomas, como en la mayoría de los taxones estudiados del género *Anchusa*. De acuerdo con la bibliografía consultada, se trata del primer estudio cariológico de este taxón.

El tamaño aparente de los cromosomas, oscila entre 4,90 y 8,0 μ , por lo que hay que considerarlos medianamente pequeños y medianamente grandes.

Los 16 cromosomas pueden agruparse de la siguiente forma (Lám. III, fig. 2b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par 6); 6 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 2, 7 y 8); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia, cuatro de ellos satelizados (pares 1, 4 y 5) y 2 cromosomas subteloacéntricos (st), con centrómero en la región subterminal (par 3).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idiogramática siguiente: $2M + 6m + 2sm + 4sm^{sat} + 2st$. Su asimetría cromosómica es de tipo 2A.

Del estudio del cariograma (Lám. III, fig. 2b) se deduce que el par de cromosomas nº 5, aunque presentan el mismo tamaño, tienen el centrómero en posición ligeramente distinta, ya que en uno de ellos se encuentra más cerca del extremo que en el otro. Aunque esta diferencia podría achacarse al proceso de aplastamiento, esta anomalía se ha observado en la mayoría de las placas metafásicas, por lo que se cree que pudiera tratarse de una inversión pericéntrica del tipo de las indicadas en *Muscari* por BENTZER (1972) y en *Allium* por PASTOR (1982). La comprobación de dicha inversión debería hacerse en meiosis, lo que tiene en *Anchusa* una dificultad, dada la tendencia a agruparse de los cromosomas en meiosis, común a todas las especies de este género, que dificulta la observación de las distintas fases de la misma.

A. arvensis (L.) Bieb., *Fl. Taur.-Cauc.* 1: 123 (1808).

subsp. **arvensis**.

Lycopsis arvensis L. subsp. *occidentalis* Kusn., *Trudy Bot. Muz. Akad. Nauk*, 1911: 96 (1911).

Material estudiado.

Barcelona. Hostalrich, 9.VII.1979, *Cabezudo, Luque & Uberta* (SEV 53809), $2n = 48$. **Huesca.** Benasque, 12.VII.1979, *Cabezudo, Luque & Uberta* (SEV 53727), $2n = 48$. **León.** Robledo de Losada, 13.VIII.1978, *Díez* (SEV 53811), $2n = 48$; ídem, 4.VIII.1979, *Díez* (SEV 53726), $2n = 48$. **Zamora.** Sanabria, 9.VIII.1979, *Díez* (SEV 53725), $2n = 48$. Villarino de Sanabria, 21.VIII.1978, *Díez* (SEV 53812), $2n = 48$.

El número somático encontrado, $2n = 48$, coincide con el indicado para *Lycopsis arvensis* L. por varios autores como LÖVE & LÖVE (1956: 209) para plantas de Islandia, GADELLA & KLIPHUIS (1970: 372) para plantas procedentes de Italia, VASUDEVAN (1975: 219) para material cultivado y por UHRÍKOVÁ (1976: 10) para plantas procedentes de Checoslovaquia. No coincide, en cambio, con el número gamético $n = 27$ indicado por SVENSSON (1925, sec.

BRITTON, 1951: 242) y por TISCHLER (1935: 13) para plantas procedentes de Alemania. Se trata de un taxón hexaploide con número básico $x = 8$, siendo, al parecer, la primera vez que se cita el número cromosómico de poblaciones españolas.

Los cromosomas del cariotipo de las plantas procedentes de Robledo de Losada (León, SEV 53811) tienen una longitud aparente que oscila entre 2,70 y $6,50 \mu$, siendo, por tanto, medianamente pequeños y medianamente grandes. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente forma (Lám. IV, fig. 1b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par 11); 28 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares, 1, 3, 4, 5, 6, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 22 y 24); 12 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 2, 7, 8, 10, 12 y 14); 4 cromosomas subteloicéntricos (st), con centrómero en la región subterminal, dos de ellos satelizados (pares 21 y 23) y 2 cromosomas telocéntricos (T), con centrómero en el punto terminal (par 20).

A este cariotipo le corresponde la fórmula idiogramática siguiente: $2M + 28m + 12sm + 2st + 2st^{sat} + 2T$. La asimetría cromosómica es de tipo 2B.

subsp. *orientalis* (L.) Nordh., *Norsk Fl.* 526 (1940).

Lycopsis orientalis L., *Sp. Pl.* 139 (1753).

Material estudiado.

Lérida. Prats hacia Alps, 11.VII.1979, *Cabezudo, Luque & Ubera* (SEV 53813), $2n = 16$.

El número somático encontrado para este taxón, $2n = 16$, coincide con el indicado por STREY (1931: 704) para plantas procedentes de Alemania, por BHAT & al. (1974: 809) para plantas de la India, y por LUQUE (1980: 664) para plantas portuguesas. Concuerda igualmente con el número gamético $n = 8$ indicado por VASUDEVAN (1975: 217) para plantas procedentes del W del Himalaya y por ARYAVAND (1977: 443) para plantas de Irán. Se trata de un taxón diploide con número básico $x = 8$, y según la bibliografía consultada ha resultado ser éste el primer estudio cariológico efectuado con plantas de España.

En las plantas estudiadas procedentes de Lérida (SEV 53813) la longitud aparente de los cromosomas oscila entre 3,50 y $6,30 \mu$, siendo por tanto, medianamente pequeños y medianamente grandes, perteneciendo prácticamente el 50% de los cromosomas a un grupo y el otro 50% al otro. Dichos cromosomas pueden agruparse de la siguiente manera (Lám. III, fig. 3b):

2 cromosomas metacéntricos (M), con centrómero en el punto medio (par

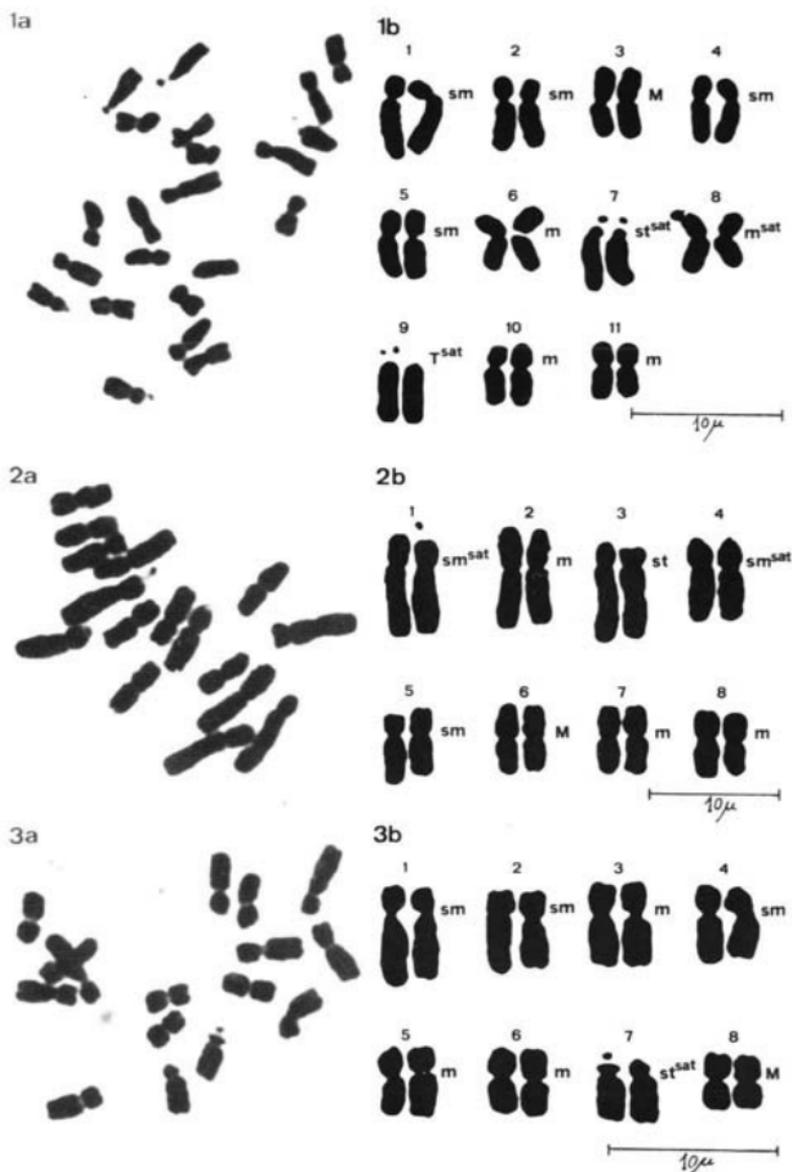


LÁMINA III.- Figs. 1a - 1b: Cariotipo y cariograma de *A. puechii*. 1a, metafase somática (Jaén, SEV 43666), $2n = 22$. 1b, cariograma (SEV 43672). Figs. 2a - 2b: Cariotipo y cariograma de *A. stylosa*. 2a, metafase somática (Sevilla, SEV 53721), $2n = 16$. 2b, cariograma (SEV 53721). Figs. 3a - 3b: Cariotipo y cariograma de *A. arvensis* subsp. *orientalis*. 3a, metafase somática (Lérida, SEV 53813), $2n = 16$. 3b, cariograma (SEV 53813).

1a



1b

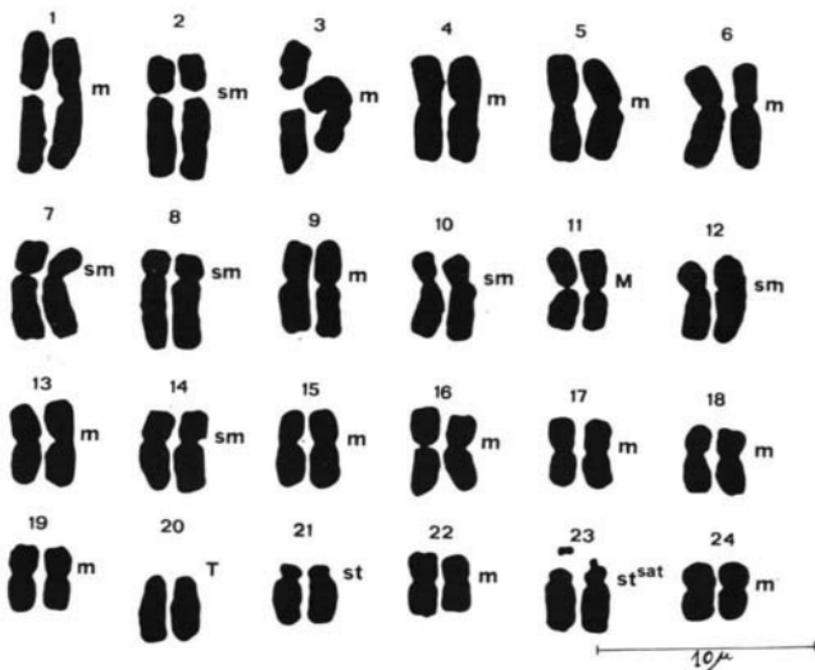


LÁMINA IV. - Figs. 1a - 1b: Cariotipo y cariograma de *A. arvensis* subsp. *arvensis*. 1a, metafase somática (León, SEV 53811), $2n = 48$. 1b, cariograma (SEV 53811).

8); 6 cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media (pares 3, 5 y 6); 6 cromosomas submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia (pares 1, 2 y 4) y 2 cromosomas subteloicéntricos satelizados (st), con centrómero en la región subterminal (par 7).

A este cariotipo le corresponde la siguiente fórmula idiogramática: $2M + 6m + 6sm + 2st^{sat}$. La asimetría cromosómica es de tipo 2A.

El estudio cariológico de *A. arvensis* pone de manifiesto la existencia de dos niveles de poliploidía. La subsp. *orientalis* es diploide, con $2n = 16$, mientras que la subsp. *arvensis* es hexaploide, con $2n = 48$. Esta diferencia de número cromosómico es poco común entre taxones relacionados de este género.

En ambas subespecies, el tamaño de los cromosomas es similar, variando entre medianamente pequeños y medianamente grandes. Los cromosomas más grandes de cada taxón son semejantes en cuanto a tamaño aparente, pero los cromosomas pequeños son algo más grandes en la subsp. *orientalis* (con unas $3,5 \mu$) que en la subsp. *arvensis* (con unas $2,70 \mu$).

Debido a esta variación en el tamaño cromosómico, es decir, a la relación cromosoma más grande/cromosoma más pequeño, la asimetría cromosómica es distinta en ambas subespecies, siendo en la subsp. *arvensis* de tipo 2B y en la subsp. *orientalis* de tipo 2A, lo que indica que, teniendo en cuenta que es directamente proporcional el aumento de la asimetría cromosómica al nivel evolutivo, *A. arvensis* subsp. *orientalis* puede ser uno de los antecesores de *A. arvensis* subsp. *arvensis*, lo que ya fué indicado por VASUDEVAN (1975: 212).

DISCUSION

Tamaño de los cromosomas y asimetría del cariotipo.

STEBBINS (1938: 193) consideró los cromosomas de *Anchusa* como medianamente grandes. Aunque ésto es en parte cierto, el presente estudio ha demostrado que el rango de variabilidad de los cromosomas es más amplio, ya que su tamaño aparente oscila entre $2,70$ y $11,60 \mu$, por lo que varían desde medianamente pequeños a grandes. Con respecto al tamaño, los más grandes corresponden a *A. azurea*, en que miden entre $6,70$ y $11,60 \mu$, y los más pequeños a *A. puechii*, en que varían entre $3,40$ y $5,60 \mu$. Algunos cromosomas de *A. arvensis* subsp. *arvensis* son incluso más pequeños, llegando a medir $2,70 \mu$.

Del estudio de 10 de los 12 taxones de *Anchusa* representados en España, se deduce que en sus cariotipos predominan los cromosomas metacéntricos (m), con centrómero en la región media, que representan el 39%, seguidos por los submetacéntricos (sm), con centrómero en la región submedia, con un 35%. Los demás tipos cromosómicos se presentan en porcentajes menores, representando los subtlocéntricos (st) con centrómero en la región subterminal un 14%, los metacéntricos (M) con centrómero en el punto medio un 10,5% y los telocéntricos (T) con centrómero terminal un 2% de los cromosomas. Por ello, los cariotipos de estos taxones son relativamente simétricos. La mayoría presentan asimetría de tipo 2A, siendo de tipo 3A en *A. azurea* y de tipo 2B en *A. arvensis* subsp. *arvensis*.

El grado de asimetría parece así estar relacionado con el nivel de poliploidía que presentan estos taxones, ya que los que presentan cariotipo de tipo 2A, son diploides, mientras que *A. azurea*, con asimetría de tipo 3A, es tetraploide y *A. arvensis* subsp. *arvensis*, con asimetría de tipo 2B, es hexaploide. Según STEBBINS (1971: 90) el aumento de la asimetría del cariotipo está asociado al aumento de la especialización. En este caso, el aumento de la asimetría del cariotipo está directamente relacionado con el nivel de poliploidía, cumpliéndose por tanto la teoría de STEBBINS.

Número básico.

LÖVE & LÖVE (1974: 594) indican como números básicos para el género *Anchusa* $x = (4), 6, 7, 8$ y 9 , de los que $x = 6$ corresponde a *Anchusa myositidiflora* Lehm. (con $2n = 12$), que actualmente se considera perteneciente al género *Brunera*, con el nombre de *B. macrophylla* (Adams) I. M. Johnston.

En cuanto al número básico $x = 7$, corresponde a *A. procera* Bess. que según TARNAVSCHI (1948, sec. BOLKHOVSKIKH & al., 1969: 157) tendría $2n = 14$ cromosomas. Sin embargo, STREY (1931: 701) había encontrado $2n = 16$ en esta especie, número bastante común en *Anchusa*, mientras que no se conoce ningún otro recuento con $2n = 14$, por lo que cabría dudar de la existencia de este número en el género.

Algo semejante podría suceder con el número básico $x = 9$. LEVITSKY (1934, sec. BRITTON, 1951: 242) había encontrado $2n = 18$ en *A. barrelieri* Vitm. Sin embargo, STREY (1931: 699) y SMITH (1931: 494) encontraron para esta especie $2n = 16$ y VAN LOON & JONG (1978: 59) $2n = 24$, pudiendo corresponder éstos a niveles diploides y triploides respectivamente, con número básico $x = 8$.

TARNAVSCHI (1948, sec. BOLKHOVSKIKH & al., 1969: 157) encontró en *A. thessala* Boiss. & Spruner, especie no representada en España, $2n = 24$. Dicha especie pertenece según la clasificación propuesta por GUŞULEAC (1929) al subgénero *Buglossellum*, al que pertenece *A. puechii*, con $2n = 22$. Dadas las afinidades morfológicas y taxonómicas entre ambos taxones se podría pensar que el número cromosómico $2n = 24$ encontrado para el primero podría corresponder al nivel diploide de número básico $x = 12$, pudiéndose relacionar, por tanto, con el de *A. puechii*, $x = 11$.

Por los datos cariológicos de que se dispone según la bibliografía consultada, y de lo expuesto anteriormente, en el género *Anchusa* se presentarían los números básicos $x = 7, 8, 9, 11$ y 12 , encontrándose representados en España $x = 8$ y 11 .

Tomándose en consideración, no solamente los números básicos y asimetría del cariotipo, sino también el tamaño de los cromosomas, los taxones estudiados del género *Anchusa* se podrían separar en cuatro grupos, que coincidirían en gran parte con la clasificación propuesta por GUŞULEAC (1929).

A un primer grupo pertenecerían todos los taxones que componen el subgénero *Anchusa*, junto con *A. stylosa* perteneciente al subgénero *Buglossellum*; todos ellos son diploides, presentan número básico $x = 8$ y tienen cariotipos con asimetría de tipo 2A.

A. azurea, único taxón del subgénero *Buglossum*, constituiría un segundo grupo, ya que aunque posee $x = 8$, es tetraploide, tiene asimetría de tipo 3A y presenta, además, los cromosomas más grandes dentro del género.

Al subgénero *Lycopsis* pertenece *A. arvensis* que destaca claramente de las restantes *Anchusa* con $x = 8$, por sus cromosomas más pequeños, ya que miden entre $2,7$ y $6,5 \mu$, además de presentar una de sus subespecies el nivel de poliploidía más elevado dentro del género, hexaploide, así como distinta asimetría cromosómica (2B).

Y por último, *A. puechii*, actualmente perteneciente al subgénero *Buglossellum*, constituiría el cuarto grupo, separándose del resto de los taxones no sólo por su número básico $x = 11$, sino también por la longitud aparente de sus cromosomas, que oscila entre $3,5$ y $5,7 \mu$, acercándose por este último carácter al grupo anterior.

BIBLIOGRAFIA

- ARYAVAND, A. (1977) in A. LOVE (ed.) IOPB Chromosome number reports LVII. *Taxon* 26: 443-444.

- BENTZER, B. (1972) Variation in the Chromosome Complement of *Leopoldia comosa* (L.) Parl. (Liliaceae) in the Aegean (Greece). *Bot. Not. (Lund)* **106**: 406-418.
- BHAT, B. K., S. K. BAKSHI & M. K. KAUL (1974) in A. LOVE (ed.) IOPB Chromosome number reports XLVI. *Taxon* **23**: 809.
- BOLKHOVSKIKH, Z., V. GRIF, T. MATVEJEVA, O. ZARHARYEVA & al. (1969) *Chromosome numbers of flowering plants*. Leningrad.
- BRITTON, D. M. (1951) Cytogenetic studies on the Boraginaceae. *Brittonia* **7**: 233-266.
- CARPINERI, R., G. D'AMATO & P. MARCHI (1978) Numeri cromosomici per la flora italiana (534-583). *Inform. Bot. Ital.* **10**: 421-465.
- FERNANDES, A. & M. QUEIRÓS (1970-71) Sur la caryologie de quelques plantes récoltées pendant la III^{ème} Réunion de Botanique Péninsulaire. *Mem. Soc. Brot.* **21**: 343-385.
- _____ & M. T. LEITÃO (1972) Contribution à la connaissance cytotoxonomique des Spermatophyta du Portugal. V. Boraginaceae. *Bol. Soc. Brot.*, 2^a ser., **46**: 389-405.
- GADELLA, TH. W. J. & E. KLIPHUIS (1970) Cytotaxonomic investigations in some angiosperms collected in the Valley of Aosta and in the National Park "Gran Paradiso". *Caryologia (Firenze)* **23**: 363-379.
- GUSULEAC, M. (1929) Species *Anchusae* generis Linn. hucusque cognitae. *Feddes Repert.* **26**: 286-322.
- LEVAN, A., K. FREDGA & A. A. SANDBERG. (1965) Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* **52**: 201-220.
- LÖVE, A. & E. KJELLQVIST (1974) Cytotaxonomy of Spanish plants IV. Dicotyledons: Caesalpiaceae-Asteraceae. *Lagascalia* **4**: 153-211.
- _____ & D. LÖVE (1956) Cytotaxonomical conspectus of the Icelandic flora. *Acta Horti Gotoburg.* **20**: 65-291.
- _____ & D. LÖVE (1974) *Cytotaxonomical Atlas of the Slovenian Flora*. Lehre.
- _____ & D. LÖVE (1975) *Plant chromosome*. Vaduz.
- LUQUE, T. (1980) Números cromosómicos de algunas Boraginaceas de Portugal. *Bol. Soc. Brot.*, 2^a ser., **53**: 663-670.
- MARKOWA, M. L. & P. IVÁNOVÁ (1971) Karyologische Untersuchung der Vertreter der Fam. Boraginaceae, Labiatae und Scrophulariaceae in Bulgarien II. *Izvest. Bot. Inst., Otd. Biol. Nauk.* **21**: 123-131.
- PASTOR, J. E. (1982) Karyology of *Allium* species from the Iberian Peninsula. *Phyton (Austria)* **22**: 171-200.
- SMITH, S. G. (1931) Cytology of *Anchusa* and its relation to the taxonomy of the genus. *Nature (London)* **128**: 493-494.
- _____ (1932) Cytology of *Anchusa* and its relation to the taxonomy of the genus. *Bot. Gaz. (Chicago)* **94**: 394-403.
- SNOW, R. (1963) Alcoholic hydrochloric acid-carmin as a stain for chromosomes in squash preparations. *Stain Technol.* **38**: 9-13.
- STEBBINS, G. L. (1938) Cytological characteristic associated with the different growth habits in the dicotyledons. *Amer. Journ. Bot.* **25**: 189-198.
- _____ (1971) *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. London.
- STREY, M. (1931) Karyologische Studien an Boraginoideae. *Planta (Berlin)* **14**: 682-730.

- TISCHLER, G. (1935) Die Bedeutung der Polyploidie für die Verbreitung der Angiospermen. *Bot. Jahrb.* 67: 1-36.
- TJIO, J. H. & A. LEVAN (1950) The use of oxyquinoline in chromosome analysis. *Anal. Est. Exper. Aula Dei* 2: 21-64.
- UHRÍKOVÁ, A. (1976) in MÁJOVSKÝ & al. (eds.) Index of chromosome numbers of Slovakian Flora (Part. 5). *Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comeniana, Bot.* 25: 10.
- VALDÉS, B. (1981a) *Anchusa undulata* L. en Andalucía Occidental. *Lagasalia* 10: 104-110.
- _____ (1981b) Notas taxonómicas y corológicas sobre la Flora de Andalucía Occidental. n° 37. *Anchusa stylosa* Bieb. *Lagasalia* 10: 119-120.
- _____ J. PASTOR & J. UBERA (1977) Números cromosómicos para la Flora Española (1-14). *Lagasalia* 7: 192-199.
- VALDÉS-BERMEJO, E. (1979) Números cromosómicos de plantas occidentales (1-34). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 36: 374-389.
- VALSECCHI, F. (1976) Il genere *Anchusa* in Sardegna. *Webbia* 30: 43-68.
- VAN LOON, J. C. & H. DE JONG (1978) in A. LÖVE (ed.) IOPB Chromosome number reports LIX. *Taxon* 27: 56-60.
- VASUDEVAN, K. N. (1975) Contribution to the Cytotaxonomy and Cytogeography of the Flora of the Western Himalayas. Part II. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 85: 210-252.