

metasomos en el cromosoma 10 (García, 1977). Se tienen pr

paraciones permanentes en el cromosoma 10 (García, 1977). Se tienen pr

y aparecen tanto en el cromosoma 10 como en los cromosomas 11 y 12.

Cuadro 2. Dimensiones total y de brazos cortos y largos ( $\mu\text{m}$ ), presencia de constricciones secundarias y posición del centrómero en cariotipos de *Pinus cembroides*.

Cromo-soma	Long. tot. $\mu\text{m}$	B.C. $\mu\text{m}$	B.L. $\mu\text{m}$	BC/BL	Posc. centróm.
1	17.60	8.65	9.95*	0.97	nm
2	17.30	8.40	8.9	0.94	nm
3	16.40	7.5	8.9	0.85	nm
4	16.00	7.8*	8.2	0.95	nm
5	15.7	7.1	8.6	0.83	nm
6	15.3	7.5	7.8	0.97	nm
7	14.6	7.3*	7.3	1.00	Met.
8	14.3	6.8	7.5	0.90	nm
9	14.1	6.3	7.8	0.81	nm
10	13.1	6.3	6.8	0.93	nm
11	11.9	5.4*	6.5	0.83	nm
12	10.0	4.4	6.5	0.68	nt
Long. total	177.2				

\* Satélite.

Los resultados del presente estudio concuerdan con estos datos de otras especies de pinos, con un número similar de cromosomas (coixim) y satélites atípicos (coixim).

(1964, 1972 y 1983) para el resto de Pinus. Las cuatro especies

Cuadro 3. Dimensiones total y de brazos cortos y largos ( $\mu\text{m}$ ), presencia de constricciones secundarias y posición del centrómero en cariotipos de *Pinus monophylla*.

Cromo-soma	Long. tot. $\mu\text{m}$	B.C. $\mu\text{m}$	B.L. $\mu\text{m}$	BC/BL $\mu\text{m}$	Posc. centróm.
1	22.5	11.0*	11.5	0.96	(nm) am
2	18.6	8.6	10.0	0.86	(nm) am
3	17.8	8.9	8.9	1.00	(nm) am
4	17.6	8.1	9.5	0.85	(nm) am
5	17.3	8.4	8.9	0.94	(nm) am
6	17.0	8.4	8.6	0.98	(nm) am
7	16.8	8.4	8.4	1.00	(M) M
8	16.0	7.6	8.4	0.90	(nm)
9	15.1	7.3	7.8	0.94	(nm)
10	13.8	6.5	7.3	0.90	(nm)
11	12.8	5.4	7.4	0.74	(nm)
12	11.5	4.5	7.0	0.64	(nt) at
Long. total	196.8				

Cuadro 4. Dimensiones total y de brazos cortos y largos ( $\mu\text{m}$ ), presencia de constricciones secundarias (\*) y posición del centrómero en cariotipos de *Pinus quadrifolia*.

Cromo-soma	Long. tot. $\mu\text{m}$	B.C. $\mu\text{m}$	B.L. $\mu\text{m}$	BC/BL	Posc. centróm.
1	21.2	10.2	11.0	0.93	nm
2	20.2	10.0	10.2	0.96	nm
3	20.2	10.0	10.2*	0.96	nm
4	19.7	9.7	10.0	0.97	nm
5	19.5	9.5*	10.0	0.95	nm
6	18.6	8.6	10.0*	0.86	nm
7	18.4	8.9	9.5	0.94	nm
8	18.4	8.4	10.0	0.84	nm
9	17.2	8.3	8.9	0.93	nm
10	16.3	7.9	8.4	0.94	nm
11	13.5	5.9	7.6	0.78	nm
12	13.4	5.3	8.1	0.65	nt
Long. total	216.6				

Cuadro 5. Dimensiones total y de brazos cortos y largos ( $\mu\text{m}$ ), presencia de constricciones secundarias (\*) y posición del centrómero en cromosomas de *Pinus maximartinezii*.

Cromo-soma	Long. tot. $\mu\text{m}$	B.C. $\mu\text{m}$	B.L. $\mu\text{m}$	BC/BL	Posc. centróm.
1	22.6	10.0	12.6	0.80	nm
2	22.5	11.0*	11.5	0.96	nm
3	22.0	10.5	11.5	0.91	nm
4	21.0	10.0*	11.0	0.91	nm
5	20.4	9.7	10.7	0.91	nm
6	20.0	10.0	10.0	1.00	M
7	19.7	9.5	10.2	0.93	nm
8	19.6	9.5	10.1*	0.94	nm
9	17.9	8.4	9.5	0.88	nm
10	17.4	8.4	9.0	0.93	nm
11	16.2	7.0	9.2	0.76	nm
12	13.7	4.7	9.0	0.52	nsm
Long. total	233.0				

congruentes los resultados observados en este estudio con la propuesta de Meksche (1968) ya que tanto *P. monophylla* como *P. quadrifolia* tienen amplia dispersión geográfica aunque menor que *P. cembroides*, y solamente una localidad de *P. maximartinezii*, que presenta mayor longitud de genomio.

Como se observa en los cuadros 2 a 5 los cariotipos más similares son los de *P. cembroides* y *P. monophylla* en cuanto a relaciones de brazos se refiere; en lo referente a longitudes totales, por cromosoma, se aprecia que *P. cembroides*, presenta los cinco cromosomas de mayor longitud, mas pequeños que en *P. monophylla* para estos cinco primeros cromosomas. Estas dos especies presentan inclusive los mismos cromosomas, 7 y 12 con una idéntica relación de brazos 1.0 y 0.66, respectivamente, por lo que se clasifican de acuerdo a Adhikary (1974) como Metacéntricos y Aproximadamente terminal, respectivamente. Los restantes cromosomas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 11 se clasifican como con centrómero aproximadamente medio. Podría suponerse, si se acepta que *P. cembroides* es el origen de los otros piñoneros, que este cariotipo es el básico para el grupo y del cual mediante pequeñas alteraciones, posiblemente, se han derivado los restantes cariotipos.

Los cariotipos de *P. quadrifolia* y *P. maximartinezii* son los que difieren en la longitud total de los genomios con respecto a *P. cembroides* y *P. monophylla*.

En el cariotipo de *P. quadrifolia*, no se presenta ningún

cromosoma metacéntrico, que es el cromosoma 7 en *P. cembroides* y *P. monophylla*. En el cariotipo de *P. maximartinezii* se tiene que es el cromosoma seis el que presenta el centrómero metacéntrico y no el siete presente en dos de las especies estudiadas. Puede decirse que este cariotipo ha sufrido translocaciones de pequeños segmentos cromosómicos de forma que ha cambiado la relación de brazos y alterado los tamaños cromosómicos.

El mayor tamaño cromosómico puede ser originado por duplicaciones más frecuentes en *P. monophylla*, *P. quadrifolia* y *P. maximartinezii*; en tanto que en *P. cembroides* no ocurren las translocaciones de segmentos de cromosomas. Esto podría ser la causa de los cambios en posición del centrómero en los cromosomas 7 y 6 de *P. quadrifolia* y *P. maximartinezii* (Cuadros 4 y 5).

En las cuatro especies estudiadas se aprecia que el cromosoma 12 presenta el centrómero en posición aproximadamente terminal, esto es una relación BC/BL de 0.64, 0.64 y 0.65 a 0.52 en *P. cembroides*, *P. monophylla*, *P. quadrifolia* y *P. maximartinezii*, respectivamente. Este cromosoma presenta una condición heterobranquial, característica de otros grupos de pinos (Saylor, 1964, 1972, 1983).

Una característica distintiva de los cariotipos, es la presencia de satélites en algún(os) cromosoma(s). Sin embargo, se pudo observar que en los cromosomas de estas cuatro especies de pinos piñoneros, son un tanto inconsistentes. En

los Cuadros 2-5 se indican algunas posiciones en que los satélites se observan con mayor consistencia. Parece ser que el cromonema de los cromosomas de pinos es lo que dà la apariencia de ser satélite, al condensarse en ciertas posiciones. Se requiere de mayor observación de este proceso con distintos grados de tinción a fin de lograr aclarar si son satélites o contracción del cromonema.

Un fenómeno que se observó en semillas de *P. maximartinezii*, es la presencia de poliembrionía, que llegó a mostrar hasta cuatro embriones por semilla; *Pinus cembroides*, *P. monophylla* y *P. quadrifolia* no presentaron poliembrionía. Los embriones se presentan en forma telescopiada, esto es sobrepuertos longitudinalmente en la semilla. Estos embriones resultaron ser  $2n = 2X$  en su totalidad, lo que permite suponer que resultaron de óvulos\* fecundados simultáneamente. Este fenómeno no es una indicación más de la diferenciación genética de las especies de pinos piñoneros, y que requiere de más estudios a fin de conocer más sobre el origen de estos embriones.

#### AGRADECIMIENTOS

Sé agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (SARH) el haber facilitado semillas de *P. monophylla*, *P. quadrifolia* y *P. maximartinezii*; al Consejo Nacional de

#### BIBLIOGRAFIA

- Dobzhansky, T., F.J. Ayala, G.L. Stebbins, and J.W. Valentine. 1977. Evolution, Freeman. San Francisco, 572 pp.
- García V., A. 1977. Manual de Técnicas de Citogenética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 118 pp.
- Little, G.L. and W.B. Critchfield. 1969. Subdivisions of the genus *Pinus* (pines). U.S. Department of Agriculture Misc. Pub. 1144. 51 pp.
- Miksche, J.P. 1967. Variation in DNA content of several gymnosperms. Can. J. Genet. Cytol. 9:717-722.
- Miksche, J.P. 1968. Quantitative study of interespecific variation of DNA per cell in *Picea glauca* y *Pinus banksiana*. Can. J. Genet. Cytol. 10:590-600.
- Saylor, L.C. 1964. Karyotype analysis of *Pinus*-Group Laricaciones. Silvae Genetica 13(6):165-170.
- Saylor, L.C. and B.W. Smith. 1966. Meiotic irregularity in species and interespecific hybrids of *Pinus*. Am. J. Botany 53:453-468.
- Saylor, L.C. 1972. Karyotype analysis of the genus *Pinus*-Subgenus *Pinus*. Silvae Genetica 21(5):155-163.
- Saylor, L.C. 1983. Karyotype analysis of the genus *Pinus*-Subgenus *Strobus*. Silvae Genetica 32:119-124.
- Sax, K. and W.J. Sax. 1933. Chromosome number and morphology in the conifers. J. Arnold Arboretum 14:356-375.
- Stebbins, J.L. 1958. Longevity, habitat and release of genetic variability in the Higher Plants. Cold Spring Harbor Symposia in Quantitative Biology 23:365-377.