

Determinación del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *Gossypium barbadense* L.

Determination of mitotic cycle of two cultivars of *Gossypium hirsutum* L. and two ecotypes of *Gossypium barbadense* L.

H. E. FERRER-PEREIRA¹

N. C. ALCORCÉS-DE-GUERRA²

J. R. MÉNDEZ-NATERA²

TALLEDO & ESCOBAR (2004) y TALLEDO, ESCOBAR & ALLEMAN (1993) indicaron que las investigaciones citológicas no sólo dan a conocer las peculiaridades citogenéticas de los organismos (ciclo celular, número y morfología cromosómica), sino que gracias a la particular condición de los cromosomas como portadores de la herencia también permiten: i) utilizar criterios adicionales para la clasificación taxonómica y filogenética de las especies; ii) aclarar una serie de problemas evolutivos (tanto generales como referidos al origen de determinados grupos); iii) predecir el comportamiento de las muestras en los bancos de cultivos *in vitro* y iv) asimismo constituyen un requisito indispensable para la caracterización a nivel molecular.

La citología ha influido sobre la taxonomía y los estudios evolucionarios, ya sea sola o con la genética (citogenética). Los caracteres citológicos son usados en forma similar a cualquier otra clase de datos comparativos (HEYWOOD, 1968).

¹Gerencia de Investigación y Desarrollo. Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Apartado Postal 2156, Caracas 1010-A. Venezuela. E-mail: hferrerp@gmail.com y ²Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente. Avenida Universidad, *Campus* Los Guaritos, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela. E-mails: nildafel@gmail.com y jmendezn@cantv.net

RODRÍGUEZ & SEIJO (2001), realizaron un estudio del ciclo celular en una especie leñosa: *Gleditsia amorphoides* (Leguminosae), utilizando la metodología de evaluación del ciclo mitótico y del índice de fases a partir de semillas de la planta. Las mismas fueron escarificadas con ácido sulfúrico por 30 minutos, lavadas con agua destilada y germinadas en cápsulas de Petri. Las fijaciones se realizaron cada tres horas durante 24 horas, en solución de etanol y ácido láctico (5:1; respectivamente). Los resultados obtenidos mostraron un incremento exponencial de las células en división entre las 2:00 y 5:00 horas, señalando así el Índice Mitótico máximo (IM= 0,25), el cual disminuye lentamente hasta alcanzar las 8:00 horas.

MARVAL (1994) en su estudio comparativo del complemento cromosómico de *Cajanus cajan* (L.) Huth., *Phaseolus aureus* Roxb., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Psophocarpus tetragonobulus* (Sickm.) DC y *Lens culinaris* Medic pertenecientes a la familia *Leguminosae*, empleó el método de KAWANO (1965), modificado por SISO & SIDO (1974), tratando las células del tejido meristemático radicular, teñidas con orceína acética. El autor reporta que la hora mitótica determinada para *C. cajan*, *P. aureus*, *V. unguiculata*, *P. tetragonobulus* y *L. culinaris* fue 9:00 a.m., 6:50 a.m., 7:00 a.m., 2:00 p.m. y 6:15 a.m., respectivamente.

ALCORCÉS (2001) realizó estudios cariológicos en cinco especies de *Tabebuia* Gomes (Bignoniaceae) localizadas en el Estado Monagas, Venezuela, utilizando las mismas metodologías que en sus trabajos anteriores (ALCORCÉS, 1994). Para *Tabebuia capitata* (Bur. & Schum.) Sandw., se reporta que la hora mitótica está comprendida entre las 8:00 y 8:30 a.m., mientras que en el caso de *T. chrysantha* (Jacq.) Nichols., la hora mitótica se ubica entre las 5:30 y 6:00 a.m.. Para la especie *T. guayacan* (Seem.) Hems., la mayor actividad mitótica está entre las 10:00 y 10:30 a.m., y la de *T. ochracea* ssp. *heterotricha* (DC) Gentry está comprendida entre las 7:00 y 8:00 a.m. Por último, la hora mitótica en *T. ochracea* ssp. *neochrysantha* (Gentry) Gentry se determinó entre las 8:00 y 8:10 a.m.

La determinación del ciclo celular y de la hora mitótica constituyen las herramientas principales para aumentar la efectividad de los métodos químicos y físicos para la separación de cromosomas en especies vegetales. De allí su importancia en los estudios de cariotipo. El objetivo del presente trabajo fue determinar el ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *G. barbadense* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo desde el mes de julio de 2003 hasta septiembre 2004, en el Laboratorio de Citogenética de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Campus Juanico, Maturín, Estado Monagas, Venezuela. El material biológico empleado en esta investigación estuvo constituido por los cultivares Deltapine-16 y Cabuyare de *G. hirsutum* L. y los ecotipos, Fibra Blanca y Fibra Marrón de *G. barbadense* L. Las semillas de cada uno de los cultivares de *G. hirsutum* provienen de las parcelas de multiplicación de semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) con sede en Maracay, Estado Aragua, y las semillas de los ecotipos de *G. barbadense* provienen de la colección de germoplasma del Instituto señalado anteriormente.

PREPARACIÓN

Las semillas de cada cultivar fueron colocadas en tubos de ensayos identificados con agua destilada durante 6 horas, para acelerar el proceso de germinación por medio de la imbibición, luego se colocaron en cápsulas de Petri con papel de filtro humedecido con agua destilada para su germinación en ambiente de laboratorio. Se escogieron las raíces con longitud entre 1 y 2 cm para realizar los estudios de ciclo celular y hora mitótica.

Para determinar el ciclo celular se realizaron aplastados de meristemos radicales, fijando las raíces en solución 3:1 (alcohol etílico-ácido acético) en términos de una hora en forma progresiva durante las 24 horas del día. Estas radículas, con un lapso no menor de dos horas de fijación, fueron tratadas con ácido clorhídrico al 18% durante 10 minutos para su hidrolización y lavadas por 10 minutos o más en agua destilada. La coloración se realizó con orceína acética al 2%.

Se realizó un conteo del número total de células observadas por cada fase y un total general, usando el objetivo de 25X. Se fotografiaron aquellos campos microscópicos donde se observaron las mejores células en cada fase correspondiente a cada material genético. Las microfotografías fueron realizadas con un microscopio Carl Zeiss, modelo Axioplan MC-80 con cámara fotográfica adaptable, utilizando un objetivo de 100X más una placa de aumento de 1,0X-1,6X sobre el revólver. Se utilizaron rollos de película fotográfica en blanco y negro, de 135 mm, con 100 ASA, marca AGFA.

Se determinó el Índice Mitótico (IM) para cada uno de los cultivares y ecotipos empleando la relación entre el número de células en división mitótica con respecto al número total de células observadas en el campo

microscópico. Por otro lado, se determinó el Índice de Fases (IF) mediante el número de células observadas en una fase mitótica definida entre el número total de células en división, multiplicado por cien.

$$IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ de células en división}}{\text{N}^\circ \text{ total de células observadas}} \times 100 \quad (\text{POGGIO } et \text{ al.}, 2006)$$

$$IF = \frac{\text{N}^\circ \text{ de células en determinada fase}}{\text{N}^\circ \text{ total de células en mitosis}} \times 100 \quad (\text{POGGIO } et \text{ al.} 2006)$$

RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las observaciones se registraron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, cada repetición estuvo constituida por cuatro campos de observación. Una vez recogidos los datos, se procedió a aplicar las pruebas de homogeneidad de varianza de Bartlett, Levene y Brown & Forsythe, y luego un análisis de varianza combinado, junto con un análisis de regresión polinomial, para cada fase mitótica y para el conjunto total de fases.

Con respecto de estas pruebas de homogeneidad de varianzas, DE RAMÓN & FERNÁNDEZ (2003) indicaron que la prueba de Levene es poco sensible a la ausencia de normalidad. Por el contrario, las pruebas de Bartlett y Cochran son bastante sensibles a la no-normalidad. Para el caso de que no se pueda asumir la existencia de homocedasticidad, existe como alternativa el estadístico de Brown-Forsythe, en el que el numerador es el mismo que el del estadístico F de Fisher-Snedecor, pero el denominador se obtiene estimando cada varianza poblacional por separado.

Las diferencias entre tratamientos se determinaron por medio de la prueba de mínima diferencia significativa y se escogió como hora mitótica aquel rango de tiempo donde se observaron los mayores índices de metafases, según la prueba de promedios.

RESULTADOS

Para la estimación del ciclo mitótico en los cuatros materiales genéticos de *Gossypium* se analizaron un total de 92.310 células observadas, distribuidas tal como se muestra en la tabla 1. En las Fig. 1, 2, 3 y 4 se muestran microfotografías de algunas fases mitóticas observadas en los materiales evaluados.

Tabla 1. Número de células observadas por cada fase mitótica y su total correspondiente a cada material genético analizado de *Gossypium*.

Material genéticos	Profase	Metafase	Anafase	Telofase	Interfase	Total
<i>Gossypium</i> Cabuyare	479	548	327	566	21.373	23.293
<i>hirsutum</i> Deltapine-16	537	487	333	421	20.994	22.772
<i>Gossypium</i> Fibra Blanca	281	429	292	524	21.980	23.506
<i>barbadense</i> Fibra Marrón	328	364	202	404	21.441	22.739
Total	1.625	1.828	1.154	1.915	85.788	92.310

Tabla 2. Prueba de homogeneidad de varianza de Brown & Forsythe para la comparación de las fases mitóticas y el conjunto de fases en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *G. barbadense* L.

Cuadrados medios							
Fuente de Variación	GL	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase	Todas las Fases
Cultivares	3	34,2038	0,9533 ^{ns}	0,1403 ^{ns}	0,1507 ^{ns}	0,8648 ^{ns}	37,0973 ^{ns}
Error Experim.	284	39,7093	0,4824	0,5599	0,1713	0,4076	43,0893

GL : Grados de Libertad, ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$), Experim.: Experimental.Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett para la comparación de las fases mitóticas y el conjunto de fases en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *G. barbadense* L.

Chi cuadrado							
Fuente de Variación	GL	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase	Todas las Fases
Cultivares	3	3,2970 ^{ns}	11,7184 [*]	4,358 ^{ns}	4,1330 ^{ns}	3,4652 ^{ns}	3,1262 ^{ns}

GL : Grados de Libertad, ^{*}: Significativo ($p \leq 0,05$), ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$).

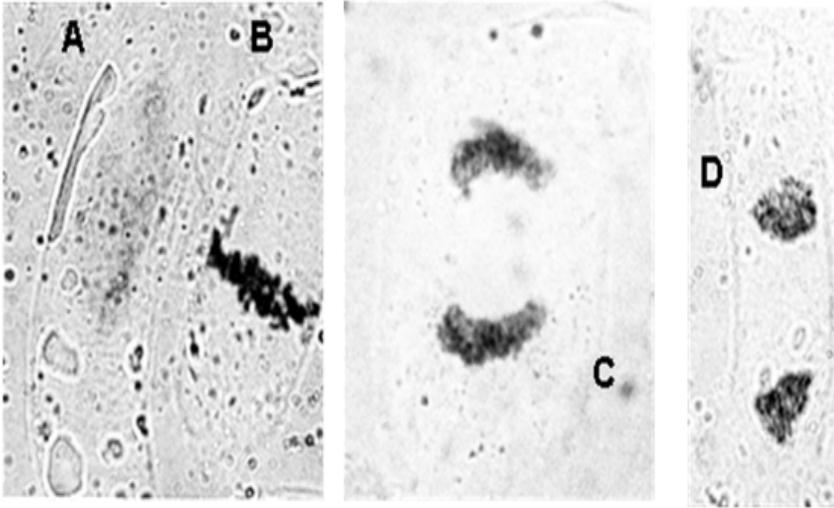


Fig. 1. Algunas fases mitóticas observadas en *Gossypium hirsutum* L. cultivar Cabuyare: A, interfase; B, metafase; C, profase; D, telofase (1600x).

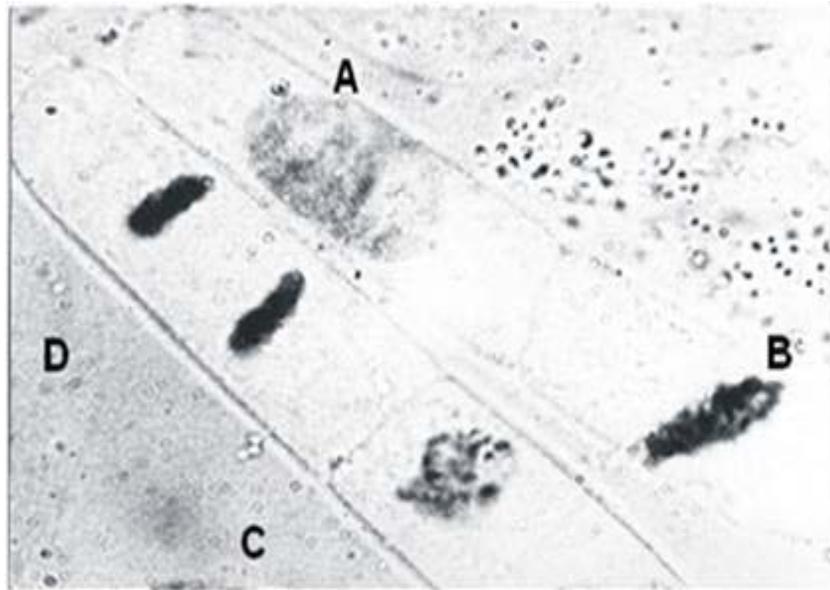


Fig. 2. Algunas fases mitóticas observadas en *Gossypium hirsutum* L. cultivar Deltapine 16: A, interfase; B, metafase; C, anafase; D, telofase (1600x).

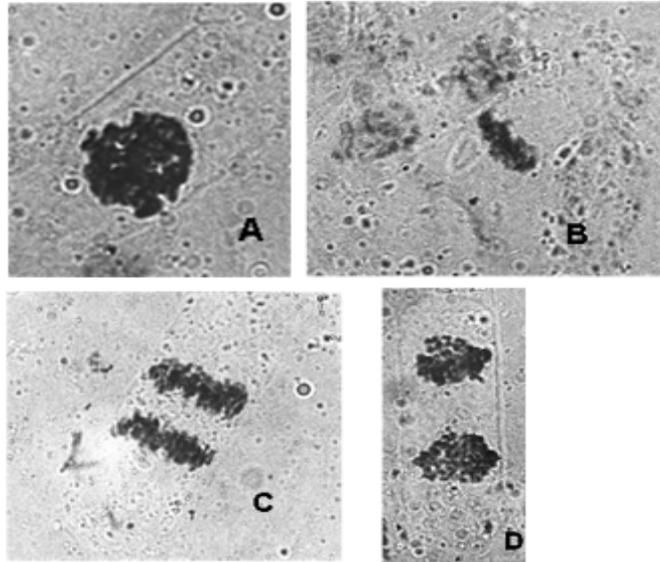


Fig. 3. Algunas fases mitóticas observadas en *Gossypium barbadense* L. ecotipo Fibra Blanca: A, profase; B, metafase; C, anafase; D, telofase. (1600x)

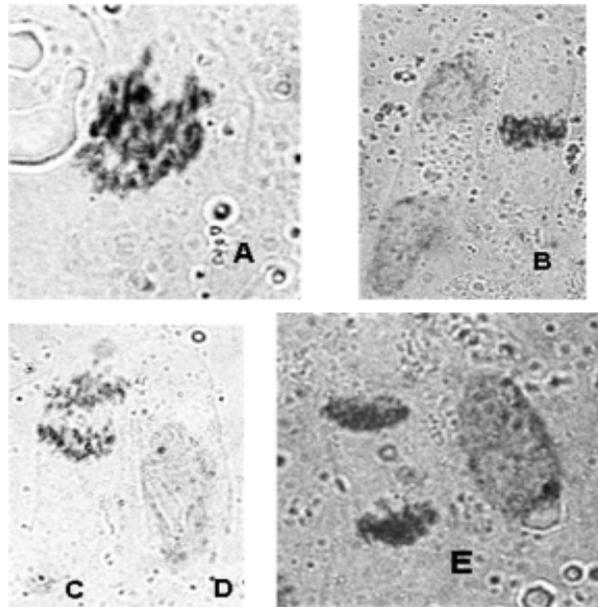


Fig. 4. Algunas fases mitóticas observadas en *Gossypium barbadense* L. ecotipo Fibra Marrón: A, profase; B, metafase; C, anafase; D, interfase y E, telofase. (1600x)

Tabla 4. Prueba de homogeneidad de varianza de Levene para la comparación de las fases mitóticas y el conjunto de fases en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *G. barbadense* L.

Cuadrados Medios							
Fuente de Variación	GL	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase	Todas las Fases
Cultivares	3	33,0531 ^{ns}	1,1987*	0,1287 ^{ns}	0,1557 ^{ns}	0,7946 ^{ns}	33,5059 ^{ns}
Error Experim.	284	38,6495	0,3642	0,4942	0,158	0,3696	41,2802

GL : Grados de Libertad * : Significativo ($p \leq 0,05$), ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$).

Tabla 5. Análisis de varianza para índices de interfase del ciclo celular de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Cultivar C)	3	342,978	114,3260	0,742 ^{ns}
Rep (Cultivares)	8	1232,410	154,0513	
Tiempo (T)	23	4855,522	211,1097	2,467 *
C * T	69	11828,736	171,4310	2,004 *
Cabuyare en T	23	4639,214	201,7049	2,357 *
Reg. Lineal	1	128,632	128,6319	1,503 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	424,487	424,4874	4,961 *
Reg. Cúbica	1	37,103	37,1028	0,434 ^{ns}
Efecto Residual	20	4048,992	202,4496	2,366 *
DP 16 en T	23	4378,329	190,3621	2,225 ^{ns}
Reg. Lineal	1	156,447	156,4470	1,828 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	613,116	613,1157	7,166 *
Reg. Cúbica	1	167,210	167,2095	1,954 ^{ns}
Efecto Residual	20	3441,557	172,0779	2,011 *
Fibra Blanca en T	23	2567,684	111,6384	1,305 ^{ns}
Reg. Lineal	1	8,414	8,4142	0,098 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	0,843	0,8428	0,010 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	130,127	130,1274	1,521 ^{ns}
Efecto Residual	20	2428,300	121,4150	1,419 ^{ns}
Fibra Marrón en T	23	5099,178	221,7034	2,591 *
Reg. Lineal	1	1074,512	1074,5121	12,558 *
Reg. Cuadrática	1	347,822	347,8224	4,065 *
Reg. Cúbica	1	8,719	8,7189	0,102 ^{ns}
Efecto Residual	20	3667,977	183,3989	2,143 *
Error Experimental	184	15743,337	85,5616	
Total	287	34002,983		
CV = 12,40%				

*: Significativo ($p \leq 0,05$), ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$).

Tabla 6. Promedios para índices de interfase en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine -16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	53,420 h†	80,330 ab	76,080 abcde	81,830 abcdefg
2	70,080 cdefg	73,330 bcd	74,750 abcde	73,000 defghi
3	80,420 abcde	72,580 bcd	75,420 abcde	63,080 i
4	76,580 abcdefg	71,920 bcd	74,500 abcde	66,920 hi
5	81,670 abcd	70,830 bcd	69,420 cde	68,170 fghi
6	65,420 fgh	81,170 ab	74,330 abcde	67,170 ghi
7	85,170 ab	73,250 bcd	82,420 abc	68,670 fghi
8	69,830 cdefg	64,000 cde	74,670 abcde	60,580 i
9	66,670 efgh	76,580 abc	85,500 a	74,750 bcdefghi
10	83,330 abc	71,500 bcd	80,830 abc	71,420 defghi
11	62,330 gh	52,330 e	84,670 ab	85,420 abcd
12	73,330 bdefg	63,420 cde	70,670 abcde	72,920 cdefghi
13	80,670 abcde	79,500 ab	76,330 abcde	89,750 a
14	75,750 abcdefg	60,250 de	63,750 e	60,830 i
15	74,420 abcdefg	73,420 bcd	71,500 abcde	74,750 bcdefghi
16	74,830 abcdefg	79,420 ab	83,250 abc	74,250 efghi
17	88,420 a	70,000 bcd	85,420 a	71,330 bcdefghi
18	79,420 abcdef	76,920 abc	72,170 abcde	70,500 efghi
19	82,830 abcd	76,420 abc	78,420 abcde	79,500 abcdefgh
20	72,250 bdefg	89,670 a	65,670 de	67,170 ghi
21	70,420 bdefg	80,580 ab	80,420 abcd	87,080 abc
22	68,330 defg	72,080 bcd	70,330 bcde	82,080 abcdef
23	66,170 efgh	69,420 bcd	79,000 abcde	87,920 ab
24	80,000 abcdef	82,500 ab	83,000 abc	83,670 abcde

†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) = 14,90 ($p \leq 0,05$).

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

A los datos obtenidos se les aplicaron tres pruebas para determinar si las varianzas de cada fase dentro de los cultivares fueron homogéneas (Tablas 2, 3 y 4). Como resultado del análisis de las Pruebas de Bartlett y de Levene se observó que las varianzas de cada fase fueron homogéneas, excepto para la profase. Sin embargo, la Prueba de Brown & Forsythe determinó que las varianzas de los cultivares evaluados para todas las fases fueron homogéneas.

Tabla 7. Análisis de varianza para índices de profase del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
<i>i</i>				
Cultivar (C)	3	37,598	12,5327	22,716 *
Rep (Cultivares)	8	4,405	0,5506	
Tiempo (T)	23	92,885	4,0385	14,379 *
C * T	69	124,001	1,7971	6,399 *
Cabuyare en T	23	35,957	1,5633	5,566 *
Reg. Lineal	1	6,492	6,4916	23,113 *
Reg. Cuadrática	1	0,838	0,8376	2,982 ^{ms}
Reg. Cúbica	1	10,037	10,0369	35,736 *
Efecto Residual	20	18,590	0,9295	3,309 *
DP 16 en T	23	70,621	3,0705	10,932 *
Reg. Lineal	1	5,941	5,9410	21,153 *
Reg. Cuadrática	1	1,253	1,2526	4,460 *
Reg. Cúbica	1	5,760	5,7599	20,508 *
Efecto Residual	20	57,668	2,8834	10,266 *
Fibra Blanca en T	23	35,901	1,5609	5,557 *
Reg. Lineal	1	3,218	3,2183	11,459 *
Reg. Cuadrática	1	1,016	1,0164	3,619 ^{ms}
Reg. Cúbica	1	9,407	9,4067	33,492 *
Efecto Residual	20	22,259	1,1130	3,963 *
Fibra Marrón en T	23	74,409	3,2352	11,519 *
Reg. Lineal	1	31,999	31,9989	113,930 *
Reg. Cuadrática	1	0,579	0,5795	2,063 ^{ms}
Reg. Cúbica	1	10,285	10,2852	36,620 *
Efecto Residual	20	31,544	1,5772	5,616 *
Error Experimental	184	51,679	0,2809	
Total	287	310,568		
CV = 37,85%				

*: Significativo ($p \geq 0,05$), ^{ms}: No Significativo ($p > 0,05$).

De acuerdo con los análisis realizados existen diferencias significativas entre los cultivares para todas las fases mitóticas, excepto para la interfase. Así mismo, se detectaron diferencias en la interacción de primer orden, Cultivares x Tiempo para todas las fases analizadas. Los coeficientes de variación obtenidos fueron: 37,85% para profase; 33,21% para metafase; 46,20% para anafase y 36,26% para telofase.

Tabla 8. Análisis de varianza para índices de metafase del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Cultivar (C)	3	17,422	5,8073	10,860 *
Rep (Cultivares)	8	4,278	0,5348	
Tiempo (T)	23	116,965	5,0854	17,540 *
C * T	69	98,234	1,4237	4,910 *
Cabuyare en T	23	42,185	1,8341	6,326 *
Reg. Lineal	1	5,060	5,0596	17,451 *
Reg. Cuadrática	1	3,270	3,2704	11,280 *
Reg. Cúbica	1	4,539	4,5392	15,656 *
Efecto Residual	20	29,316	1,4658	5,056 *
DP 16 en T	23	44,590	1,9387	6,687 *
Reg. Lineal	1	1,377	1,3766	4,748 *
Reg. Cuadrática	1	1,257	1,2565	4,334 *
Reg. Cúbica	1	6,234	6,2339	21,501 *
Efecto Residual	20	35,723	1,7861	6,161 *
Fibra Blanca en T	23	79,752	3,4675	11,960 *
Reg. Lineal	1	5,069	5,0690	17,484 *
Reg. Cuadrática	1	0,832	0,8323	2,871 ns
Reg. Cúbica	1	19,082	19,0820	65,816 *
Efecto Residual	20	54,768	2,7384	9,445 *
Fibra Marrón en T	23	48,701	2,1174	7,303 *
Reg. Lineal	1	1,142	1,1415	3,937 *
Reg. Cuadrática	1	1,837	1,8367	6,335 *
Reg. Cúbica	1	14,468	14,4682	49,902 *
Efecto Residual	20	31,226	1,5613	5,385 *
Error Experimental	184	53,347	0,2899	
Total	287	290,246		
CV = 33,21%				

*: Significativo ($p \leq 0,05$), ns: No Significativo ($p > 0,05$).

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA INTERFASE

Se encontró una respuesta significativa para la interacción cultivar y ecotipo por el tiempo de observación. Todos los materiales tuvieron una respuesta cuadrática en relación al tiempo. Sólo el ecotipo Fibra Blanca no presentó ningún tipo de respuesta (lineal, cuadrática o cúbica) (Tabla 5).

Tabla 9. Análisis de varianza para índices de anafase del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Cultivar (C)	3	7,841	2,6137	24,981 *
Rep (Cultivares)	8	0,837	0,1046	
Tiempo (T)	23	20,206	0,8785	4,208 *
C * T	69	49,591	0,7187	3,443 *
Cabuyare en T	23	14,262	0,6201	2,970 *
Reg. Lineal	1	1,383	1,3825	6,622 *
Reg. Cuadrática	1	0,093	0,0926	0,443 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,012	0,0121	0,058 ^{ns}
Efecto Residual	20	12,775	0,6387	3,060 *
DP 16 en T	23	21,097	0,9173	4,394 *
Reg. Lineal	1	0,209	0,2089	1,001 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	3,558	3,5577	17,042 *
Reg. Cúbica	1	3,463	3,4629	16,587 *
Efecto Residual	20	13,868	0,6934	3,321 *
Fibra Blanca en T	23	27,703	1,2045	5,769 *
Reg. Lineal	1	0,274	0,2741	1,313 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	0,915	0,9150	4,383 *
Reg. Cúbica	1	13,581	13,5809	65,053 *
Efecto Residual	20	12,933	0,6466	3,097 *
Fibra Marrón en T	23	6,746	0,2933	1,405 ^{ns}
Reg. Lineal	1	0,340	0,3400	1,629 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	0,226	0,2260	1,083 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,697	0,6966	3,337 ^{ns}
Efecto Residual	20	5,472	0,2736	1,311 ^{ns}
Error Experimental	184	38,413	0,2088	
Total	287	116,888		
CV = 46,29%				

*: Significativo ($p \leq 0,05$) ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$)

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE PROMEDIO PARA LA INTERFASE

En el caso de Cabuyare, se distinguen claramente dos rangos estadísticamente similares en función del tiempo, el primero se ubica entre las 2:00 am y 4:00 am (Valor 1, referenciando las 12:00 am), y el segundo entre la 12:00 pm y 6:00 pm (Tabla 6). Para Deltapine-16, los valores máximos de interface oscilan entre las 5:00 pm y 8:00 pm. En el análisis para el ecotipo Fibra Blanca, se observó un mayor número de interfases en casi todas las horas del día, exceptuando las 4:00 am, 1:00

Tabla 10. Análisis de varianza para índices de telofase del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Cultivar (C)	3	13,221	4,4070	10,452 *
Rep (Cultivares)	8	3,730	0,4216	
Tiempo (T)	23	93,316	4,0572	10,806 *
C * T	69	82,284	1,1925	3,176 *
Cabuyare en T	23	40,768	1,7725	4,721 *
Reg. Lineal	1	4,018	4,0183	10,702 *
Reg. Cuadrática	1	1,407	1,4067	3,746 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	5,705	5,7049	15,194 *
Efecto Residual	20	29,638	1,4819	3,947 *
DP 16 en T	23	45,574	1,9815	5,277 *
Reg. Lineal	1	0,085	0,0850	0,226 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	4,753	4,7532	12,660 *
Reg. Cúbica	1	9,291	9,2914	24,746 *
Efecto Residual	20	31,444	1,5722	4,187 *
Fibra Blanca en T	23	57,943	2,5193	6,710 *
Reg. Lineal	1	0,458	0,4577	1,219 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	0,718	0,7175	1,911 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	7,571	7,5709	20,164 *
Efecto Residual	20	49,197	2,4598	6,552 *
Fibra Marrón en T	23	31,309	1,3613	3,626 *
Reg. Lineal	1	2,521	2,5212	6,715 *
Reg. Cuadrática	1	5,630	5,6299	14,995 *
Reg. Cúbica	1	4,375	4,3754	11,653 *
Efecto Residual	20	18,789	0,9395	2,502 *
Error Experimental	184	69,085	0,3755	
Total	287	261,279		
CV = 36,26%				

*: Significativo ($p \leq 0,05$), ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$).

pm y 7:00 pm. Para el caso de Fibra Marrón, se observó el valor máximo a las 12:00 pm, pero también se observaron altos valores entre 8:00 pm y 12 am. (Tabla 6).

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CADA FASE MITÓTICA

Tabla 11. Promedios para índices de profase en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine - 16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	3,083 a †	1,667 fghij	0,167 ghi	1,833 bcd
2	2,500 ab	1,167 hijkl	0,833 defghi	1,250 def
3	1,670 bcdef	4,083 ab	1,583 bcd	1,333 cde
4	3,000 a	1,167 hijkl	2,000 abc	2,417 b
5	1,917 bcd	2,750 cde	2,833 a	2,083 bcd
6	1,167 defgh	3,250 bc	1,333 cde	4,500 a
7	1,333 defgh	4,167 a	2,333 ab	2,417 b
8	1,500 cdefg	2,917 cd	0,417 fghi	2,167 bc
9	1,000 efgh	1,500 fghijk	0,833 defghi	2,083 bcd
10	0,750 gh	0,666 kl	0,667 efghi	0,583 efg
11	1,167 defgh	1,333 ghijk	1,000 defg	0,250 g
12	0,583 h	1,583 fghij	0,583 efghi	0,500 efg
13	1,667 bcdef	1,083 ijkl	0,917 defgh	0,667 efg
14	2,500 ab	0,833 jkl	0,750 defghi	0,583 efg
15	2,333 abc	1,083 ijkl	0,750 defghi	0,500 efg
16	2,250 abc	1,500 fghijk	0,250 fghi	0,417 fg
17	2,250 abc	2,000 efgh	0,083 hi	0,500 efg
18	1,833 bcd	2,167 defg	0,500 efghi	0,500 efg
19	1,667 bcdef	1,167 hijkl	0,750 defghi	0,750 efg
20	1,000 efgh	2,333 def	0,583 efghi	0,083 g
21	0,833 fgh	1,833 fghi	0,000 i	0,250 g
22	1,000 efgh	1,417 ghijk	2,000 abc	0,583 efg
23	0,750 gh	0,333 l	1,083 def	0,583 efg
24	1,333 defgh	2,750 cde	1,000 defg	0,500 efg

†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) = 0,8538. ($p \leq 0,05$).

En los análisis de varianzas para profase (Tabla 7), metafase (Tabla 8), anafase (Tabla 9) y telofase (Tabla 10), los resultados para la interacción entre cada cultivar y ecotipo en el tiempo fueron los mismos, es decir, existen diferencias significativas. Sólo en el caso de la anafase se detectó que el ecotipo Fibra Marrón no presentó diferencias estadísticamente significativas. En sentido más específico, los cultivares y ecotipos muestran distintos comportamientos para cada fase mitótica, de acuerdo con el análisis de regresión polinomial, se observaron diferencias para la regresión cúbica para la profase, metafase y telofase de todos los cultivares (Tabla 7, 8 y 10, respectivamente). Para el caso de anafase, se detectaron diferencias significativas en la regresión cúbica.

Tabla 12. Promedios para índices de metafase en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine - 16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	1,333 def †	0,667 f	0,583 ghi	0,667 f
2	1,917 cdef	1,417 cdef	1,667 cde	1,417 def
3	1,917 cdef	2,083 bc	0,833 efghi	0,667 f
4	2,083 cd	2,417 b	1,417 cdefg	1,083 ef
5	1,667 cdef	1,500 cdef	1,750 cd	1,000 ef
6	3,500 b	1,583 bcde	3,500 b	0,917 ef
7	3,333 b	2,083 bc	5,417 a	2,750 b
8	4,500 a	4,167 a	1,000 defgh	2,500 bc
9	2,083 cd	3,667 a	1,583 cde	4,167 a
10	1,083 f	0,750 ef	1,667 cde	1,250 ef
11	1,583 cdef	1,250 cdef	1,417 cdefg	2,167 bcd
12	1,667 cdef	1,333 cdef	0,917 defghi	1,083 ef
13	2,000 cde	1,583 bcde	1,583 cde	1,333 def
14	1,917 cdef	1,333 cdef	1,917 c	0,667 f
15	1,917 cdef	1,167 def	1,417 cdefg	0,750 f
16	2,333 c	1,417 cdef	0,333 hi	0,917 ef
17	2,000 cde	1,833 bcd	0,667 fghi	0,583 f
18	1,833 cdef	1,250 cdef	0,583 ghi	0,917 ef
19	1,583 cdef	1,917 bcd	1,500 cdef	1,000 ef
20	1,583 cdef	1,833 bcd	1,250 cdefg	0,750 f
21	1,417 def	1,417 cdef	0,083 i	0,583 f
22	1,167 ef	1,583 bcde	1,417 cdefg	1,667 cde
23	1,333 def	0,833 ef	1,750 cd	1,417 def
24	1,667 cdef	1,833 bcd	1,417 cdefg	1,417 def

†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS = 0,8673) ($p \leq 0,05$).

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE PROMEDIO PARA CADA FASE MITÓTICA

Los promedios obtenidos para cada fase se sometieron a una prueba de Mínima Diferencia Significativa para detectar los rangos de tiempo en donde ocurren los valores máximos de células en cada fase para cada cultivar y ecotipo. Los valores para profase, metafase, anafase y telofase se muestran en las tablas 11, 12, 13 y 14, respectivamente.

En el caso de la profase para el cultivar Cabuyare, se distinguen claramente dos rangos estadísticamente similares en función del tiempo, el primero se ubica entre las 12:00 am y 3:00 am (Valor 1, refiriéndose a las 12:00 am), y el segundo entre la 1:00 pm y 4:00 pm. Para Deltapine-16, los valores máximos de profase oscilan entre las 2:00 am y 6:00 am. En el análisis de promedios para el ecotipo Fibra Blanca, se observó un mayor número de profases entre las 3:00 am y 6:00 am, y a las 9:00 pm se destaca un breve repunte significativo. Para el caso de Fibra Marrón, se obtuvo un valor máximo a las 5:00 am. (Tabla 11).

Los valores promedios analizados para metafase presentan un resaltante rango de máximos por cada cultivar y ecotipo. Para Cabuyare

Tabla 13. Promedios para índices de anafase en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine - 16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	0,583 ef †	0,083 g	0,250 fgh	0,083 d
2	1,083 cde	0,417 efg	1,500 bcd	0,750 bcd
3	1,250 bcde	1,333 bc	1,250 cde	0,583 cd
4	0,667 ef	0,917 bcdef	0,750 efg	0,667 bcd
5	0,333 f	1,583 b	1,167 de	0,917 abc
6	0,667 ef	0,833 cdef	1,250 cde	0,583 cd
7	0,833 def	1,250 bcd	1,500 bcd	0,417 cd
8	0,750 def	1,167 bcd	2,667 a	0,417 cd
9	2,333 a	1,250 bcd	1,000 de	0,833 abc
10	0,583 ef	3,000 a	1,000 de	1,500 a
11	1,917 ab	1,500 bc	1,083 de	0,583 cd
12	0,833 def	1,250 bcd	0,917 def	0,833 abc
13	1,250 bcde	1,000 bcdef	1,083 de	1,333 ab
14	0,667 ef	1,417 bc	0,917 def	0,417 cd
15	1,083 cde	0,917 bcdef	0,750 efg	0,500 cd
16	0,833 def	1,250 bcd	0,083 gh	0,917 abc
17	1,250 bcde	1,167 bcd	0,083 gh	0,750 bcd
18	1,167 cde	0,583 defg	0,250 fgh	0,750 bcd
19	0,917 cdef	1,167 bcd	1,000 de	0,500 cd
20	1,167 cde	1,333 bc	0,917 def	0,333 cd
21	1,583 bc	1,083 bcde	0,000 h	0,667 bcd
22	1,417 bcd	1,333 bc	1,000 de	1,000 abc
23	1,417 bcd	0,333 fg	1,917 bc	1,000 abc
24	0,917 cdef	1,583 b	2,000 ab	0,833 abc

†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) = 0,7361. ($p \leq 0,05$).

se distingue un elevado número de metafases entre las 5:00 am y 7:00 am. En Deltapine-16, se ubica entre las 7:00 am y 8:00 am. Los rangos de mayor número de metafases observadas para los ecotipos Fibra Blanca y Fibra Marrón son 5:00 am a 6:00 am y 6:00 am a 8:00 am, respectivamente. (Tabla 12).

De acuerdo con la prueba de promedios (Tabla 13), el mayor número de anafases observadas para el cultivar Cabuyare oscila entre las 8:00 am y 10:00 am, mientras que para Deltapine-16 se obtuvo un máximo a las 9:00 am. Para Fibra Blanca, los valores máximos fluctuaron entre las

Tabla 14. Promedios para índices de telofase en dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine - 16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	2,000 defgh †	0,333 f	0,750 hijk	0,333 g
2	1,333 fgghi	0,917 def	2,000 cde	0,750 fg
3	1,833 efghi	0,917 def	1,417 defghi	1,167 efg
4	1,500 fgghi	1,333 cde	0,917 ghijk	1,250 defg
5	2,083 defg	1,583 cd	1,333 efghij	1,333 def
6	0,917 i	1,667 cd	1,667 defgh	0,917 fg
7	1,250 ghi	1,500 cde	1,583 defgh	1,083 defg
8	1,417 fgghi	1,250 cdef	3,917 a	1,583 def
9	2,583 bcde	1,333 cde	2,667 bc	1,250 defg
10	3,083 abc	4,083 a	2,333 cd	3,417 a
11	3,583 a	2,833 b	2,333 cd	2,000 bcd
12	2,250 cdef	1,667 cd	1,833 cdefg	2,583 abc
13	1,417 fgghi	1,333 cde	2,750 bc	2,667 ab
14	1,417 fgghi	1,083 cdef	2,167 cde	1,333 def
15	1,083 hi	1,000 cdef	2,083 cde	1,417 def
16	2,083 defg	1,667 cd	0,583 ijk	1,667 cdef
17	2,000 defgh	1,250 cdef	1,000 fghijk	1,500 def
18	1,167 ghi	0,917 def	0,417 jk	1,250 defg
19	1,583 fgghi	1,167 bc	1,667 defgh	1,250 defg
20	1,333 fgghi	1,917 bc	1,917 cdef	1,167 defg
21	2,083 defg	1,083 cdef	0,250 k	0,833 fg
22	2,833 abcd	0,583 ef	2,250 cde	1,917 bcd
23	3,417 ab	0,583 ef	3,583 ab	1,833 bcde
24	3,083 abc	2,750 b	2,250 cde	2,000 bcd

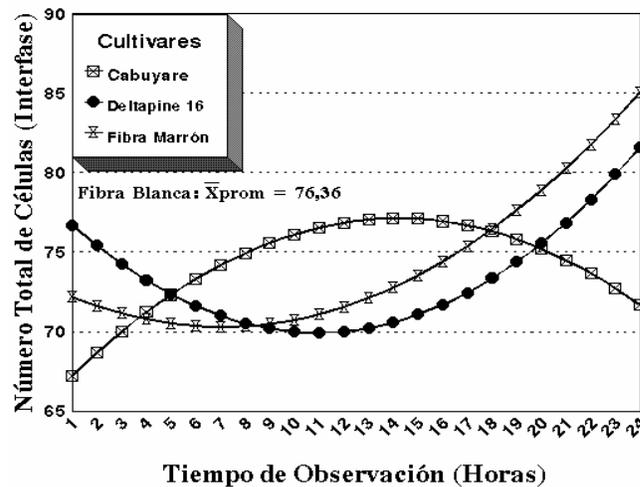
†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) = 0,9871, ($p \leq 0,05$).

6:00 am y 7:00 am. Para el ecotipo Fibra Marrón se obtuvieron valores estadísticamente muy similares como para distinguir un rango de mayor número de anafases, inclusive no se detectaron diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza, por lo cual se considera que la anafase, para este ecotipo, no está influida por el tiempo y se muestra un promedio general de 0,72 células observadas. De acuerdo con el análisis de promedios para telofase, en Cabuyare se observaron valores máximos concentrados en dos rangos de tiempo distintos, comportamiento similar de este cultivar observado para la profase. El primer rango oscila entre las 9:00 am y 10:00 am, y el segundo entre las 9:00 y 11:00 pm. Por otra parte se detectó una máxima ocurrencia de telofases para Deltapine-16 entre las 9:00 am y 10:00 am. En el caso de los ecotipos Fibra Blanca y

Fibra Marrón, los rangos oscilan entre las 7:00 am y 8:00 am, y de 9:00 am a 12:00 pm, respectivamente (Tabla 14).

Los valores obtenidos de R^2 para cada cultivar y ecotipo son relativamente muy bajos, lo cual indica que hay partes no explicadas del modelo; sin embargo, son valores estadísticamente significativos por lo que se puede asumir que las curvas de regresión manifiestan una tendencia del comportamiento de los cultivares para cada una de las fases mitóticas.

Los máximos valores para la interface en Cabuyare ocurren en el rango entre las 12:00 y 6:00 pm (Valor 1, referenciando las 12:00 am), entre las 5:00 pm y 12:00 am para Deltapine-16 y entre las 8:00 pm y 12:00 am para Fibra Marrón. El ecotipo Fibra Blanca no presentó diferencias significativas en el número de células observadas con respecto al tiempo, por lo que se refleja un promedio general de 76,36 células (Fig. 5).



Cabuyare:	$Y = 65,6724 + 1,613181 X - 0,056804 X^2$	$R^2 = 9,15 \%$	* ($p \leq 0,05$)
Deltapine 16:	$Y = 78,1261 - 1,493721 X + 0,068267 X^2$	$R^2 = 14,00 \%$	* ($p \leq 0,05$)
Fibra Blanca:	Promedio General = 76,36 ns ($p > 0,05$)		
Fibra Marrón:	$Y = 72,8757 - 0,727398 X + 0,051419 X^2$	$R^2 = 27,89 \%$	* ($p \leq 0,05$)

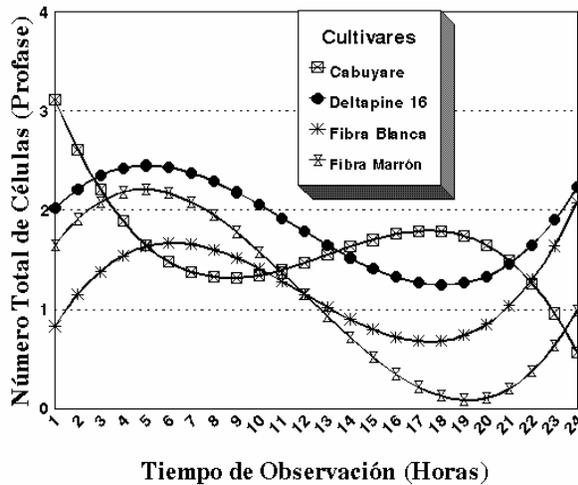
Fig. 5. Número total de células en interfase de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Las gráficas del comportamiento de los cultivares para la profase, metafase y telofase se muestran en las Fig. 6, 7 y 8, respectivamente, observándose que todas las curvas suben hasta un máximo para luego bajar a un punto mínimo, y volver a subir, demostrando la tendencia cíclica de estas fases mitóticas a través del modelo de regresión cúbica. Así mismo se puede notar que presentan formas muy similares, creciendo

Tabla 15. Análisis de varianza para todas las fases del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

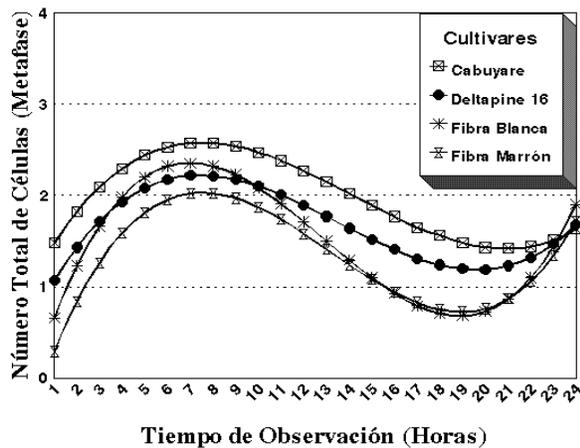
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Cultivar (C)	3	318,613	106,2043	0,570 *
Rep (Cultivares)	8	1490,398	186,2998	
Tiempo (T)	23	5043,066	219,2637	2,340 *
C * T	69	11969,600	173,4725	1,851 *
Cabuyare en T	23	4416,073	192,0032	2,049 *
Reg. Lineal	1	94,529	94,5285	1,009 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	424,989	424,9893	4,536 *
Reg. Cúbica	1	57,024	57,0243	0,609 ^{ns}
Efecto Residual	20	3839,531	191,9765	2,049 *
DP 16 en T	23	4642,478	201,8469	2,154 *
Reg. Lineal	1	93,064	93,0639	0,993 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	428,261	428,2608	4,571 *
Reg. Cúbica	1	9,749	9,7494	0,104 ^{ns}
Efecto Residual	20	4111,404	205,5702	2,194 *
Fibra Blanca en T	23	2860,253	124,3588	1,327 ^{ns}
Reg. Lineal	1	0,984	0,9840	0,011 ^{ns}
Reg. Cuadrática	1	0,508	0,5083	0,005 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	707,498	707,4980	7,551 *
Efecto Residual	20	2151,262	107,5631	1,148 ^{ns}
Fibra Marrón en T	23	5093,893	221,4736	2,364 *
Reg. Lineal	1	796,720	796,7199	8,503 *
Reg. Cuadrática	1	231,311	231,3114	2,469 ^{ns}
Reg. Cúbica	1	48,789	48,7893	0,521 ^{ns}
Efecto Residual	20	4017,042	200,8521	2,144 *
Error Experimental	184	17239,877	93,6950	
Total	287	36061,554		

*: Significativo ($p \leq 0,05$), ^{ns}: No Significativo ($p > 0,05$).



Cabuyare: $Y = 3,71355 - 0,660126 X + 0,056776 X^2 - 0,001447 X^3$ $R^2 = 45,97\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Deltapine-16: $Y = 1,75587 + 0,300787 X - 0,038013 X^2 + 0,001096 X^3$ $R^2 = 18,34\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Blanca: $Y = 0,42255 + 0,455973 X - 0,049742 X^2 + 0,001401 X^3$ $R^2 = 56,83\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Marrón: $Y = 1,28491 + 0,411698 X - 0,052821 X^2 + 0,001465 X^3$ $R^2 = 35,17\%$ * ($p \leq 0,05$)

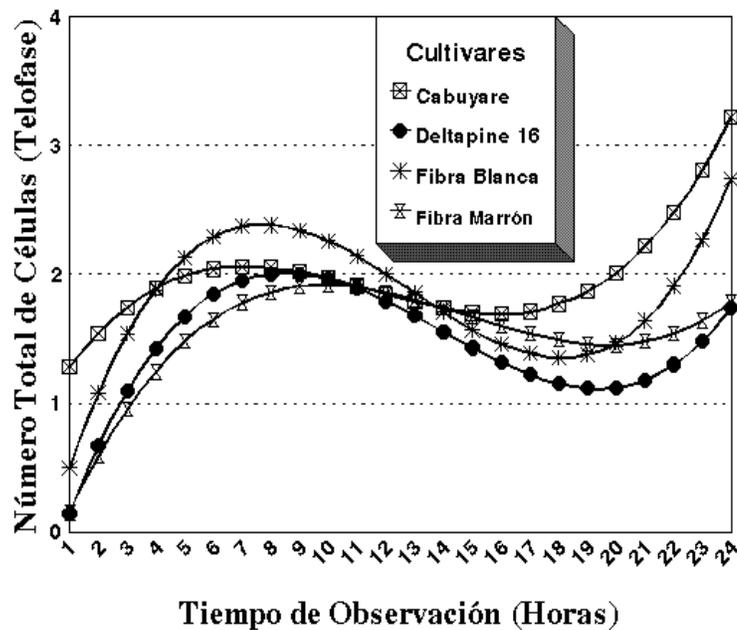
Fig. 6. Número total de células en profase de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).



Cabuyare : $Y = 1,0605 + 0,458687 X - 0,04147 X^2 + 0,000973 X^3$ $R^2 = 30,51\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Deltapine 16: $Y = 0,6192 + 0,493628 X - 0,045847 X^2 + 0,00113 X^3$ $R^2 = 19,89\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Blanca: $Y = -0,0576 + 0,787962 X - 0,077321 X^2 + 0,001995 X^3$ $R^2 = 30,28\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Marrón: $Y = -0,3821 + 0,739966 X - 0,068873 X^2 + 0,001737 X^3$ $R^2 = 35,82\%$ * ($p \leq 0,05$)

Fig. 7. Número total de células en metafase de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

y decreciendo en rangos de tiempo similares en que alcanzan sus respectivos valores máximo y mínimo. En el caso de la profase se observa que las curvas ajustadas de Fibra Blanca, Fibra Marrón y Deltapine-16 muestran rangos de tiempo coincidentes, donde se agrupan los valores máximos y mínimos. Por el contrario, la curva del cultivar Cabuyare comienza a subir cuando la de los otros comienza a bajar y viceversa. Los valores de R^2 obtenidos son 45,97% para Cabuyare; 18,34% para Deltapine-16; 56,83% para Fibra Blanca y 35,17% para Fibra Marrón. Los valores de R^2 para metafase y telofase son estadísticamente significativos, oscilando entre 13,07% (Fibra Blanca) y 40,01% (Fibra Marrón), y entre 19,89% (Deltapine-16) y 35,82% (Fibra Marrón), respectivamente.



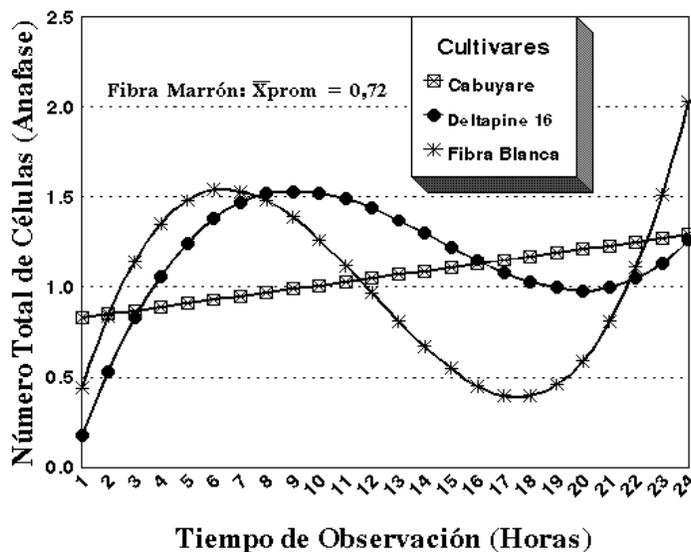
Cabuyare:	$Y = 0,94265 + 0,369801 X - 0,037632 X^2 + 0,001091 X^3$	$R^2 = 23,85 \% *$ ($p \leq 0,05$)
Deltapine 16:	$Y = -0,486793 + 0,687939 X - 0,05821 X^2 + 0,001392 X^3$	$R^2 = 30,82 \% *$ ($p \leq 0,05$)
Fibra Blanca:	$Y = -0,208729 + 0,781314 X - 0,072045 X^2 + 0,001859 X^3$	$R^2 = 13,07 \% *$ ($p \leq 0,05$)
Fibra Marrón:	$Y = -0,363953 + 0,556132 X - 0,042363 X^2 + 0,000955 X^3$	$R^2 = 40,01 \% *$ ($p \leq 0,05$)

Fig. 8. Número total de células en telofase de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

En la Fig. 9, se muestra el comportamiento para anafase, destacándose la regresión lineal para Cabuyare sobre las regresiones cúbicas de Deltapine-16 y Fibra Blanca. El valor de R^2 fue estadísticamente significativo, pero muy bajo (9,69%) para considerar que el comportamiento de la fase para este cultivar sea realmente explicado por este modelo, siendo un resultado poco confiable para explicar el comportamiento de esta fase dentro del ciclo mitótico. Los R^2 obtenidos para Deltapine-16 y Fibra Blanca fueron 33,28% y 52,34%, respectivamente.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA SUMATORIA DE LAS FASES EVALUADAS

El análisis de varianza de las medias obtenidas de la sumatoria de todas células observadas en fase por tiempo respectivo detectó diferencias significativas entre los tratamientos y en la interacción entre Cultivares por Tiempo (Tabla 15). Al mismo tiempo se observaron diferencias para cada tratamiento con respecto al tiempo, exceptuando el ecotipo Fibra Blanca.



Cabuyare: $Y = 0,812272 + 0,020018 X$ $R^2 = 9,69\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Deltapine 16: $Y = -0,250113 + 0,463 X - 0,037067 X^2 + 0,00085 X^3$ $R^2 = 33,28\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Blanca: $Y = -0,065706 + 0,569197 X - 0,060471 X^2 + 0,001683 X^3$ $R^2 = 52,339\%$ * ($p \leq 0,05$)
 Fibra Marrón: Promedio General = 0,72^{ms} ($p > 0,05$)

Fig. 9. Número total de células en anafase de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Dentro del análisis de regresión polinomial se distinguen diferencias significativas para la regresión cuadrática en los cultivares de *G. hirsutum*, Cabuyare y Deltapine-16; para la regresión lineal en el ecotipo Fibra Marrón, y para la regresión cúbica en Fibra Blanca, aún cuando no mostró diferencias significativas con respecto al tiempo. El coeficiente de variación obtenido fue de 12,06%, más bajo que los análisis anteriores (Tabla 15).

Los resultados de la prueba de promedios son bastante similares entre sí y no permiten diferenciar un rango de tiempo significativo para identificar el período de tiempo con mayor actividad mitótica (Tabla 16).

Las curvas ajustadas de regresión polinomial para cada cultivar ofrecen una mejor interpretación de los datos que los resultados de la prueba MDS; sin embargo, sólo la curva para Fibra Blanca expresa mejor la tendencia del comportamiento celular esperado. Los coeficientes de determinación obtenidos para los restantes genotipos son muy bajos para considerar que el comportamiento de las células dentro de los mismos sea bien representado por las curvas observadas (Fig. 10).

DISCUSIÓN

Las comparaciones realizadas entre los cultivares de *G. hirsutum* L. y los ecotipos de *G. barbadense* L. muestran diferencias significativas para algunos parámetros evaluados en esta investigación.

Con respecto del ciclo mitótico, los análisis de varianza y las pruebas de promedio indican notables diferencias entre el número de células en cada una de las fases mitóticas, con respecto al tiempo, para cada material genético, y a la vez, la secuencialidad de las mismas a través del ciclo celular, con breves diferencias entre sí. Los coeficientes de variación obtenidos para profase, metafase, anafase y telofase son relativamente altos (37,85%; 33,21%; 46,29% y 36,26%, respectivamente), siendo que los de interfase y la sumatoria de todas las fases son los más bajos (12,40 y 12,06%, respectivamente). Considerando lo que SOKAL & ROHLF (1980) plantean a este respecto, los coeficientes de variación son ampliamente utilizados cuando se quiere comparar la variación de dos poblaciones, independientemente de la magnitud de sus medias y sus valores más variables para un carácter que para otro. En vista de ello, los valores obtenidos en este ensayo para las fases mitóticas resultan ser los primeros referidos para las observaciones del ciclo mitótico en dos especies de *Gossypium*, sometidos a análisis estadísticos que validen la información.

Los resultados indican que el ciclo mitótico de los materiales genéticos utilizados presenta una duración de 24 horas, aproximadamente,

Tabla 16. Promedios para índice mitótico (todas las fases) dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Hora	Cabuyare	Deltapine -16	Fibra Blanca	Fibra Marrón
1	60,42 g†	83,08 abcde	77,83 abcde	84,75 abcdefg
2	76,92 bcdef	77,25 bcdef	80,75 abcde	77,17 bcdefgh
3	87,08 abcde	81,00 bcde	80,50 abcde	66,83 h
4	83,83 abcdef	77,75 bcdef	79,58 abcde	72,33 fgh
5	87,67 abcd	78,25 bcdef	76,51 bcde	73,50 efgh
6	71,67 efg	88,50 abc	82,08 abcde	74,08 defgh
7	91,92 ab	82,25 abcde	93,25 a	75,33 cdefgh
8	78,00 bcdef	73,50 cdefg	82,67 abcde	67,25 h
9	74,67 cdefg	84,33 abcde	91,58 ab	83,08 abcdefg
10	88,83 abc	80,00 bcdef	86,50 abcd	78,17 bcdefgh
11	70,58 fg	59,25 g	90,50 abc	90,42 abc
12	78,67 bcdef	69,25 efg	74,92 cde	77,92 bcdefgh
13	87,00 abcde	84,50 abcde	82,67 abcde	95,75 a
14	82,25 abcdef	64,92 fg	69,50 e	63,83 h
15	80,83 abcdef	77,58 bcdef	76,50 bcde	77,92 bcdefgh
16	82,33 abcdef	85,25 abcd	84,50 abcde	75,25 cdefgh
17	95,92 a	76,25 abcd	87,25 abcd	77,58 bcdefgh
18	85,42 abcdef	81,83 abcde	73,92 de	73,92 defgh
19	88,58 abcd	81,83 abcde	83,33 abcde	83,00 abcdefg
20	77,33 bcdef	97,08 a	70,33 e	69,50 gh
21	76,33 bcdef	86,00 abcd	80,75 abcde	89,42 abcd
22	74,75 cdefg	77,00 bcdef	77,00 bcde	87,25 abcdef
23	73,08 defg	71,50 defg	87,33 abcd	92,75 ab
24	87,00 abcde	91,42 ab	89,67 abc	88,42 abcde

†Letras diferentes indican promedios diferentes, según la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) = 15,59 ($p \leq 0,05$).

destacándose que las células transcurren más tiempo en interfase. Sin embargo, una vez iniciada la actividad mitótica, las células se mantienen en profase por un mayor período de tiempo que las otras fases; mientras que el tiempo en que transcurre la anafase, es el más corto de todos los observados. El ecotipo Fibra Marrón no mostró diferencias significativas para esta fase con respecto al tiempo. Las diferencias entre los lapsos de tiempo en que las células transcurren en profase y anafase coinciden con los resultados de RODRÍGUEZ & SELJO (2001) en *Gleditsia amorphoides*, donde el índice de fases siempre manifestó valores más altos y más bajos para profase y anafase, respectivamente.

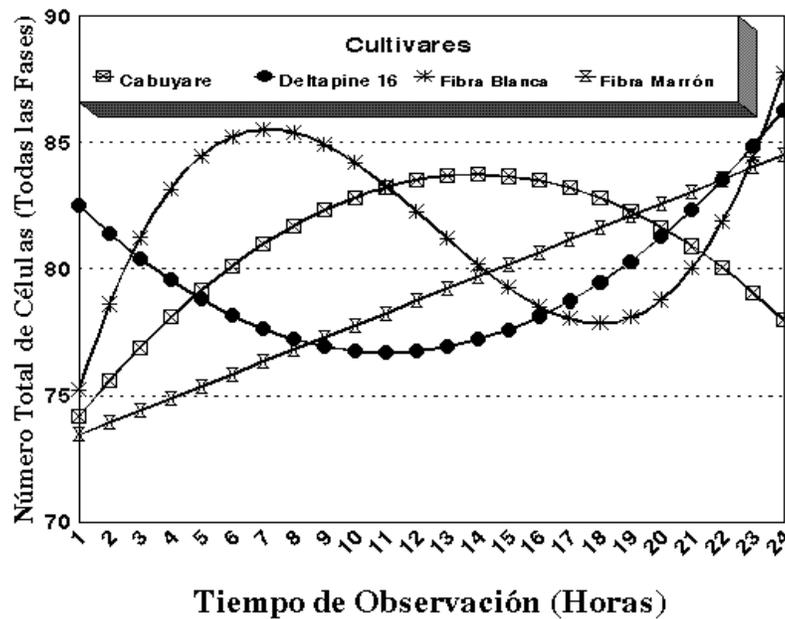
En cuanto a metafase, se distingue que los materiales genéticos evaluados alcanzan un rango de máximos valores entre las 5:00 am y 8:00 am, siendo que esta fase define la hora mitótica para cada *taxon* infraespecífico. Para Cabuyare, se ubicó entre las 5:00 y 7:00 am, y para Deltapine-16, entre las 7:00 y 8:00 am. Mientras que para Fibra Blanca y Fibra Marrón, se ubicó de 5:00 a 6:00 am y de 6:00 a 8:00 am, respectivamente. En este mismo sentido, ALCORCÉS (2001) reportó que el rango de hora mitótica de cinco especies de *Tabebuia* oscila entre las 5:30 y 10:30 am; y PIÑA (2001) identificó la hora mitótica para la línea T-C-9-6 de frijol (*Vigna unguiculata*) a las 10:30 am y para el cultivar Tuy a las 11 am. ALCORCÉS (2001) señala que la hora mitótica es un parámetro muy variable entre especies y dentro de éstas, es característico para cada especie y más aún para genotipos infraespecíficos, aunque esto no implica que especies diferentes no puedan tener la misma hora mitótica, tal es el caso del cultivar Deltapine-16 de *G. hirsutum* y *Tabebuia ochracea heterotricha*.

Los rangos de índice de anafase estuvieron entre 0,33 y 2,33%; 0,08 y 3,00%; 0,00 y 2,67 % y 0,08 y 1,5 % para Cabuyare, Deltapine-16, Fibra Blanca y Fibra Marrón, respectivamente. Estos valores son relativamente bajos al compararlos con los reportados por SHAPKIN *et al.* (1989) quienes estudiaron el efecto de clorosulfuron sobre el crecimiento radical del cv. de algodón Tashkent 1 y encontraron que la distribución de frecuencias de las células en anafase fue de 6,6% en células no tratadas y de 2,8% en células tratadas con clorosulfuron.

Resultan particularmente interesantes los resultados de la prueba de promedios para profase y telofase en el cultivar Cabuyare, donde se observaron breves repuntes de valores, luego de varias horas de haberse alcanzado el máximo valor de células en fase. Con respecto de la regresión polinomial aplicada al comportamiento de los genotipos evaluados, las ecuaciones cúbicas se ajustan mejor al modelo esperado para ciclo mitótico. Los valores obtenidos para los coeficientes de correlación (R^2) fluctúan entre 9,69% (Cabuyare en anafase) y 56,83% (Fibra Blanca en profase); sin embargo, todos son estadísticamente significativos lo cual permite deducir que estas ecuaciones explican una tendencia del comportamiento mitótico de cada genotipo infraespecífico para cada fase.

En este experimento se determinaron los ciclos mitóticos de dos cultivares de *G. hirsutum* L. y dos ecotipos de *G. barbadense* L. EKANEM & OSUJI (2006) indicaron que recientemente, el incremento en el conocimiento de la genética molecular ha permitido la caracterización de un número de eventos moleculares que influyen sobre la división celular o la expansión celular. Los estudios que involucran especies

vegetales han producido mucha evidencia del control molecular y genético de la división celular. La tasa de la división celular ha sido descrita para reflejar la tasa de incremento en tamaño y peso. Este incremento en tamaño y peso está influenciado por genes especiales, los cuales pueden trasladarse en una expresión variada dentro de cultivares relacionados (GUO *et al.*, 2004; TANKSLEY, 2004). La expresión de los genes que controlan el tamaño y el peso a través de la división celular en algodón pudiera ser monitoreada a través del índice mitótico. En adición, un buen índice mitótico de los cultivares de algodón generaría información requerida para la caracterización apropiada de los cromosomas del germoplasma de algodón, un buen conocimiento de los genomas de algodón es muy necesario para establecer un enfoque apropiado para su mejoramiento.



Cabuyare:	$Y = 72,652072 + 1,586440 X - 0,056836 X^2$	$R^2 = 9,62 \% \quad ^*(p \leq 0,05)$
Deltapine 16:	$Y = 83,693843 - 1,262129 X + 0,057055 X^2$	$R^2 = 9,22 \% \quad ^*(p \leq 0,05)$
Fibra Blanca:	$Y = 70,982214 + 4,680726 X - 0,45746 X^2 + 0,012147 X^3$	$R^2 = 24,74 \% \quad ^*(p \leq 0,05)$
Fibra Marrón:	$Y = 72,968768 + 0,480555 X$	$R^2 = 15,64 \% \quad ^*(p \leq 0,05)$

Figura 10. Número total de células de todas las fases de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. (Cabuyare y Deltapine 16) y dos ecotipos de *G. barbadense* L. (Fibra Blanca y Fibra Marrón).

Como conclusión, se determinó que el ciclo mitótico de los materiales genéticos de *G. hirsutum* L. y *G. barbadense* L. transcurre en 24 horas, aproximadamente, debido a que se observa un solo pico de metafases en la regresión polinomial. Así mismo, las horas mitóticas determinadas para los cultivares Cabuyare y Deltapine-16 y los ecotipos Fibra Blanca y Fibra Marrón fueron de 7:00 a 8:00 am, 6:30 a 7:30 am, 5:30 a 6:30 y 7:30 a 8:30 am, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS — Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por el aporte económico en la ejecución del proyecto N° CI-3-0601-1140/03

RESUMEN

Se revisaron los materiales de los cultivares Deltapine-16 y Cabuyare de *Gossypium hirsutum* y los ecotipos, Fibra Blanca y Fibra Marrón de *G. barbadense*. Los estudios se realizaron con meristema radicular, siguiendo el método de Kawano. Se realizó un conteo del número total de células observadas por cada fase de la mitosis y un total general, usando el objetivo de 25X. Se determinó el Índice Mitótico y el Índice de Fases para cada material genético. Los análisis de varianza y las pruebas de promedio indicaron diferencias entre el número de células en cada una de las fases mitóticas, con respecto al tiempo y para cada material genético. El ciclo mitótico de los materiales genéticos utilizados presentó una duración de 24 horas. Las horas mitóticas determinadas para los cultivares Cabuyare y Deltapine-16 y los ecotipos Fibra Blanca y Fibra Marrón fueron de 7:00 a 8:00 am, 6:30 a 7:30 am, 5:30 a 6:30 y 7:30 a 8:30 am, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Ciclo-celular; hora-mitótica; algodón; ecotipos; cultivares; *Gossypium-hirsutum*; *Gossypium-barbadense*.

ABSTRACT

The materials were reviewed from cultivars of *Gossypium hirsutum*, Deltapine-16 and Cabuyare and from ecotypes of *G. barbadense*, Fibra Blanca and Fibra Marrón. The studies were carried out with root-tip meristems following Kawano's method. It was made a count of the total cell number observed in each phase of mitosis and a general total of cells, using the objective of 25X. The Mitotic Index and Phase Index were determined for each genetic material. The analyses of variance and the mean tests indicated differences among the number of cells in each one of mitotic phases, with respect to time and for each genetic material. The mitotic cycle of the used genetic cultivars and ecotypes had duration of 24 hours. The determined mitotic hours for cultivars Cabuyare and

Deltapine-16 and the ecotypes Fibra Blanca y Fibra Marrón were from 7:00 to 8:00 a.m., 6:30 to 7:30 a.m., 5:30 to 6:30 and 7:30 to 8:30 a.m., respectively.

KEY WORDS: Cell-cycle; mitotic-time; cotton; ecotypes; cultivars; *Gossypium-hirsutum*; *Gossypium-barbadense*.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCORCÉS DE G., N. 1994. *Análisis cariotípico de algunas especies del género Capsicum en el estado Monagas*. Trabajo de Grado para *Magister Scientiarum*. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas. Maturín, estado Monagas, Venezuela. 68 pp.
- ALCORCÉS DE G., N. 2001. *Estudios cariológicos en cinco especies del género Tabebuia Gomes (Bignoniaceae) localizadas en el estado Monagas*. Trabajo de Ascenso para Profesor Titular. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas. Maturín, estado Monagas, Venezuela. 86 pp.
- RAMÓN, O. DE & E. FERNÁNDEZ. 2003. *Estadística para los clínicos VIII. ANOVA II*. Cuadernos de Esclerosis Múltiple Volumen 16 (noviembre). [en línea]. Dirección URL: <http://www.fedem.org/revista/n16/estadistica.htm>. Accesado 22/01/2005.
- EKANEM, A.M. & J. O.OSUJI. 2006. Mitotic index studies on edible cocoyams (*Xanthosoma* and *Colocasia* spp.). *Afr. J. Biotechnol.* 5: 846-849.
- GUO, M.; M. A. RUPE; C. ZINSELMEIER; J. HABBEN; B. A. BOWEN & O. S. SMITH. 2004. Allelic variation of gene expression in maize hybrids. *Plant Cell* 16: 1707-1716.
- HEYWOOD, V. H. 1968. *Cromosomas, taxonomía y evolución*. En: *Taxonomía Vegetal*. Madrid. ed. Alhambra, S.A. pp. 82-89.
- KAWANO, S. 1965. Application of pectinase and cellulase in an orcein squash method. *Bot. Mag. Tokyo* 78: 36-42.
- MARVAL, A. 1994. *Estudio comparativo del complemento cromosómico de Cajanus cajan (L.) Huth., Phaseolus aureus Roxb., Vigna unguiculata (L.) Walp., Psophocarpus tetragonobolus (Sickm.) DC y Lens culinaris Medic. pertenecientes a la familia Leguminosae*. Trabajo de Grado para *Magister Scientiarum*. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre. Cumaná, estado Sucre. Venezuela. 132 pp.
- PIÑA., E. 2001. *Estudio citogenético de dos líneas de frijol (Vigna unguiculata (L.) Walp.) de diferentes orígenes geográficos con fines de mejoramiento genético*. Trabajo de Grado para Ingeniero

- Agrónomo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas. Maturín, estado Monagas, Venezuela. 183 pp.
- POGGIO, L.; M. D. MUDRY; A. G. PAPESCHI; L. M. MOLA & E. GREIZERSTEIN. 2006. *Citogenética 2006. Guía de Trabajos Prácticos*. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina. 93 pp.
- RODRÍGUEZ V. & G. SEIJO. 2001. Estudio del ciclo celular de una especie leñosa: *Gleditsia amorphoides* (Leguminosae). *Ciencias Agrarias 14*: 321-324.
- SHAPKIN, V. A.; A. K. DEMURINA, & L. I. KRYUKOVA. 1989. Effect of chlorsulfuron on meristem cell division of the apical zone of cotton roots. *Uzbekskii Biologicheskii Zhurnal 4*: 52-54.
- SOKAL, R.R. & F. J. ROHLF. 1980. *Introducción a la bioestadística*. Barcelona, Editorial Reverté, 362 pp.
- TALLEDO, D. & C. ESCOBAR. 2004. *Genética de las células somáticas de raíces y tuberosas andinas (5)*. In: J. Seminario (ed.). *Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)* No. 6. Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. pp. 77-94.
- TALLEDO, D.; C. ESCOBAR & V. ALLEMAN. 1993. *Introducción al análisis cromosómico en vegetales*. Lima, Universidad Ricardo Palma. 141 pp.
- TANKSLEY, S. D. 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *Plant Cell 16*: S181-S189.