

Estrategia para el mejoramiento genético de *Agaves* en Cuba

Resumen

El Programa de Mejoramiento Genético de Agaves se desarrolló desde 1993 hasta 2006, en el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (II-HLD), y consistió en la exploración de tres fuentes de variabilidad genética existentes en Cuba: 1. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de cinco plantas madres prospectadas en campos de producción de henequén, con escasas espinas en las márgenes de las hojas; 2. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de la segregación del henequén (*Agave fourcroydes* L.); 3. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de la segregación del Híbrido 11648. Como resultados se seleccionaron 10 accesiones de *Agave* sp (97; 100; 29; 30-5; 30-25; 30-26; 30-27; 30-37; 31-10, 32-29 y testigo) y mediante la aplicación de técnicas de análisis multivariado se evaluaron las variables siguientes: longitud de la hoja; ancho de la hoja; cantidad de hojas/planta; porcentaje de fibra seca; rendimiento de fibra seca (g/planta); resistencia tensil de la fibra (kg/f); altura de la planta; hojas cosechadas/planta y total de hojas/planta. Además, se realizó la caracterización química de la fibra sobre la base de la determinación del porcentaje de ceniza y lignina y el grado de polimerización de la fibra (DP). La accesión 31-10 se encuentra entre las primeras (seis) de mayores rendimientos de fibra seca y fue la que logró hoja con el menor número de espinas en sus márgenes; la misma asumirá en lo adelante el nombre de clon subinermé “Liliana CH”.

Palabras clave: Lignina, accesiones, híbrido, segregación, fibra, ceniza y espinas.

Introducción

El género *Agave* comprende hasta cerca de 300 especies, las cuales se han desarrollado en zonas áridas. Se han cultivado para la producción de fibras textiles, bebidas alcohólicas, mieles, celulosa, alimento de sus flores y forraje, además de emplearse para el control de la erosión y la conservación de suelo; la mayor parte de las especies se cultivan con fines ornamentales y unas pocas para usos industriales (Amarilla et al, 2000 y Otero, 2005).

Pese a su importancia económica, los agaves nunca han sido mejorados genéticamente debido, principalmente, a que se propagan asexualmente y tienen un ciclo de vida muy largo (Robert, et al, 1992). No obstante a estas limitaciones, se tiene referencia que en Tanzania, en la Estación Experimental de M' Lingano, se desarrolló por espacio de 30 años un programa de mejoramiento de agaves por medio de cruza inter-específicas donde se obtuvo el híbrido 11648. Dicho material fue evaluado en Cuba en el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” y no se obtuvieron los resultados esperados (Vinent y Fajardo, 2000).

El mayor interés de la variación somaclonal radica en el hecho de que una gran frecuencia de las nuevas características en las plantas regeneradas, son heredables y transmitidas a la descendencia, pudiendo constituir una fuente de variabilidad genética y ser utilizadas en los programas de mejoramiento de plantas (Robert, et al, 1992).

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer una síntesis de los principales resultados obtenidos del programa de mejoramiento genético de agaves que conduce el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” desde 1993 hasta 2006.

Materiales y métodos

El Programa de Mejoramiento de agaves se desarrolló desde 1993 – 2006, en el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”; consistente en la exploración de tres fuentes de variabilidad genética existentes en Cuba:

1. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de cinco plantas madres obtenidas en campos de producción de henequén en Cuba, con escasas espinas en las márgenes de las hojas.
2. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de la segregación del henequén (*Agave fourcroydes*. L.).
3. Desarrollo de accesiones de agaves a partir de la segregación del Híbrido 11648.

Inicialmente fueron establecidas en semillero las segregaciones del Henequén y del Híbrido 11648, a la distancia de siembra de 10 x 10 cm, para observar su desarrollo y llevarla a una altura que osciló entre 25 - 30 cm, las que posteriormente fueron transplantadas a canteros junto a las accesiones procedentes de las plantas madres a una distancia de plantación de 0.50 x 0.50 m; donde permanecieron por espacio de 20 meses; siendo llevadas después a plantación permanente a la distancia de 3.0 x 1.5 m sobre un suelo Ferralítico rojo compactado (Hernández et al, 1999).

Las mediciones y evaluaciones efectuadas a las accesiones seleccionadas (97; 100; 29; 30-5; 30-25; 30-26; 30-27; 30-37; 31-10, 32-29 y testigo) en campo de plantación permanente fueron:

1. Longitud de la hoja en cm;
2. Ancho de la hoja en cm;
3. Cantidad de espinas por hojas;
4. Cantidad de hojas/planta;
5. Porcentaje de fibra seca;
6. Rendimiento de fibra seca en g/planta y kg/ha;
7. Resistencia tensil de la fibra (kg/f);
8. Hojas/litro de jugo;
9. Altura de la planta (cm);
10. Hojas cosechadas/planta;
- 11.

Total de hojas/planta; 12. Distancias entre espinas (cm). Además se realizó la caracterización química de la fibra a las accesiones relacionados anteriormente, cuyas mediciones y evaluaciones fueron:

Porcentaje de ceniza de la fibra; Porcentaje de lignina de la fibra; Grado de Polimerización de la fibra (DP); La composición química fue determinada por técnicas analíticas empleadas en el Centro de Investigaciones Textiles (CITEX) de Cuba.

El método matemático aplicado fue un análisis de ordenamiento de componentes principales a partir de una matriz de correlación.

A los rizomas y bulbillos extraídos de las plantas madres (29; 30; 31; 32 y 33) se le contó la cantidad de espinas.

La temperatura promedio anual del periodo (1990-2006) fue de 25 oC, la humedad relativa del 80 % y la precipitación de 1683 mm. Datos tomados de la Estación Meteorológica del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, ubicada a 2 km del experimento.

Resultados y discusión.

Las tablas 1 y 2 muestran la cantidad de rizomas trasplantados por ciclo productivo de las cinco plantas madres prospectadas en campo de henequén de Cuba. En el primer ciclo productivo de las mismas, ninguno de los rizomas extraídos y trasplantados (51) poseía espinas en las márgenes de las hojas. En el segundo y tercer ciclo productivo resultaron espinosos el 8 % y el 2 % de los rizomas extraídos, respectivamente. La planta madre 30 fue la única que produjo rizomas espinosos en el segundo y tercer ciclo productivo, cuyas descendencias fueron muy similares al henequén (*Agave fourcroydes*, L.) desde el punto de vista morfológico.

TABLA 1. RIZOMAS EXTRAÍDOS Y TRASPLANTADOS PROCEDENTES DE LAS PLANTAS MADRES.

Plantas madres	Rizomas trasplantados por ciclo productivo.					
	1ro		2do		3ro	
	Sin espinas	Con espinas	Sin espinas	Con espinas	Sin espinas	Con espinas
29	2	0	14	0	23	0
30	21	0	13	5	11	2
31	7	0	11	0	24	0
32	7	0	15	0	22	0
33	14	0	-	-	-	-
Total	51	0	53	5	80	2

TABLA 2. RIZOMAS EXTRAÍDOS Y TRASPLANTADOS DE LAS PLANTAS MADRES Y BULBILLOS TRASPLANTADOS DE LAS DESCENDENCIAS.

Plantas madres	Rizomas trasplantados			Bulbillos trasplantados		
	Sin espinas	Con espinas	% Con espinas	Sin espinas	Con espinas	% Con espinas
29	39	0	0	15000	0	0
30	45	7	3.15	3000	0	0
31	42	0	0	-	-	-
32	44	0	0	15000	0	0
33	14	0	0	-	-	-
Total	184	7	-	33000	0	0

De los resultados obtenidos de las segregaciones evaluadas del Híbrido 11648, en el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, sólo seis (L-1 H11648; L-2 H11648; L-3 H11648; L-4 H11648; L-5 H11648 y L-6 H11648) exhibieron resistencia a enfermedades en los ocho primeros años de plantados, equivalente al 20 % del total. El resto murió en los primeros cuatro años a causa de fuerte ataque de enfermedades. Las características morfológicas de estas segregaciones (accesiones) sobreviviente se muestran en la figura 1. Este material se conserva en el banco de germoplas-

ma del Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”.

Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) realizado a 11 accesiones de agaves (97; 100; 29; 30-5; 30-25; 30-26; 30-27; 30-37; 31-10; 32-29 y testigo) y 6 variables estudiadas:

1- Porcentaje de ceniza de la fibra; 2- Resistencia tensil de la fibra (kg/f)

3- Porcentaje de lignina de la fibra; 4- Grado de Polimerización de la fibra (DP);

5- Rendimiento g/planta de fibra; 6- Longitud de la hoja (cm); indican que todas las variables tienen corre-

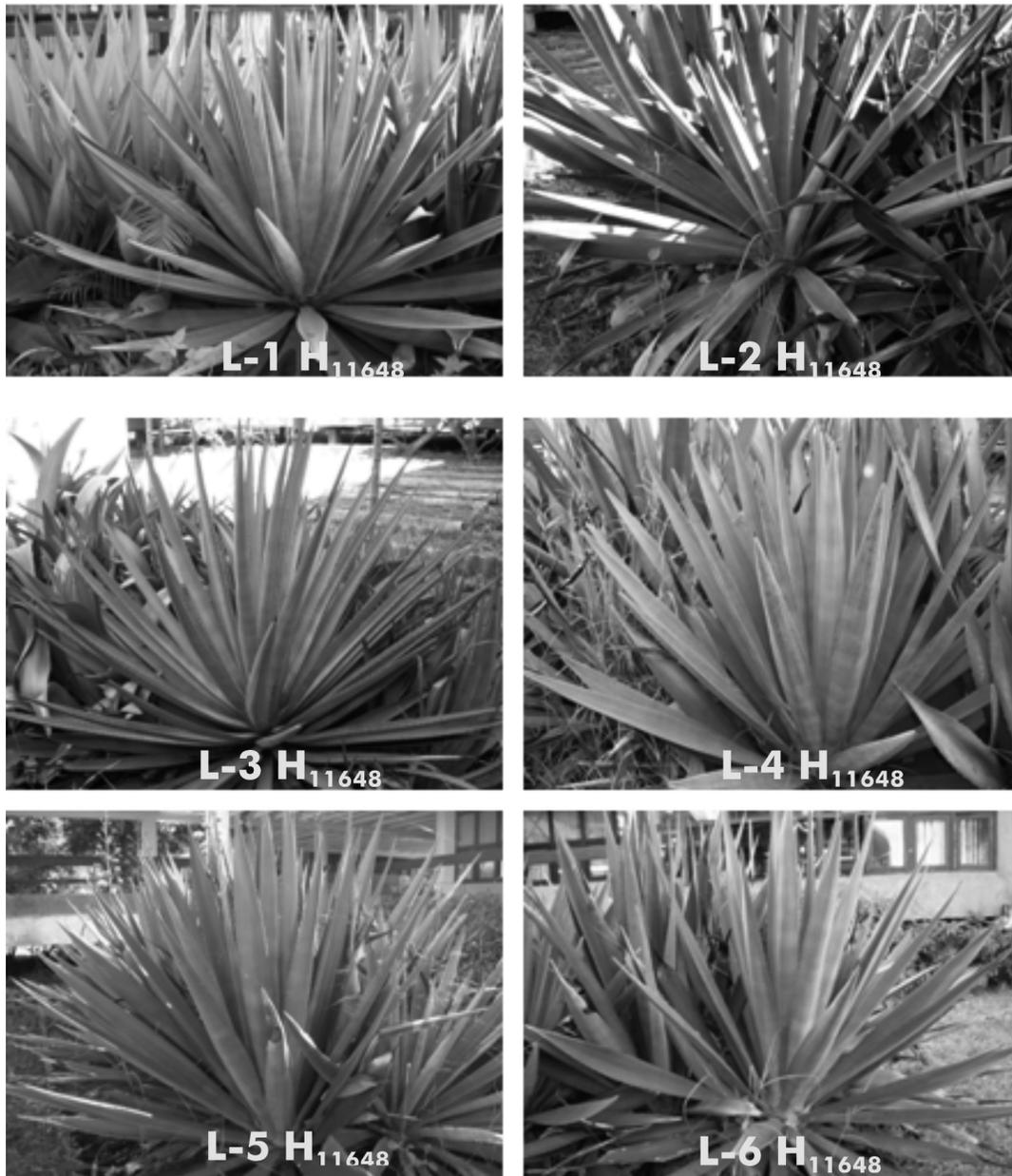


FIGURA 1. ACCESIONES EXISTENTES EN EL IIIILD DEL HÍBRIDO 11648.

laciones significativas ($P \leq 0.05$), como se muestra en la figura 2, menos el porcentaje de lignina de acuerdo al círculo de correlación interna propuesto por (Fariñas, 1996) en el espacio bidimensional definido por los dos primeros componentes principales que representa el 69.277 % de la variabilidad total de los datos, y sumando el tercer componente alcanza el 91.641 % de la variabilidad. Hay que tener presente que la primera componente es dos veces más importante que la segunda. La variable grado de polimerización de la fibra correlacionó en sentido inverso con el porcentaje de ceniza; la resistencia tensil de la fibra, el rendimiento en g/planta y la longitud de la hoja correlacionaron de forma positiva.

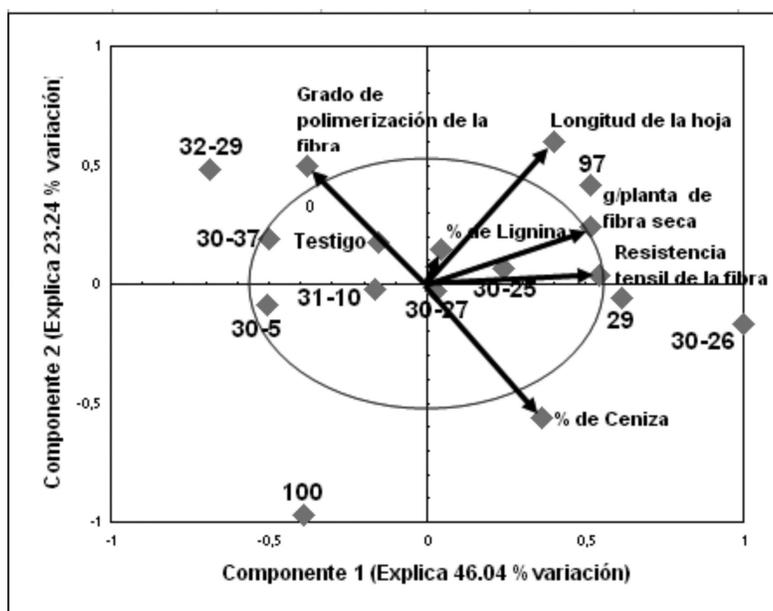


FIGURA 2. GRÁFICO DUAL DE LAS ACCESIONES Y LAS VARIABLES. EL VECTOR CORRESPONDIENTE A CADA VARIABLE INDICA LA DIRECCIÓN EN QUE ESTA AUMENTA.

TABLA 3. VARIABLES DE CALIDAD DE LA FIBRA DE LAS DIFERENTES ACCESIONES.

Accesiones	Cenizas (%)	Grado de polimerización (DP)	Contenido de ligninas (%)	Resistencia tensil (kg/f)	Longitud de la hojas (cm)
97	1.04	626	7.53	1.180	160
100	1.74	551	8.06	0.817	107
29	1.84	670	8.40	1.226	150
30-5	0.95	653	6.65	0.726	133
30-25	1.28	600	8.06	0.999	150
30-26	1.82	475	8.86	1.271	158
30-27	1.08	528	6.14	0.726	150
30-37	1.12	797	7.84	0.726	140
31-10	1.24	678	6.75	0.772	140
32-29	0.84	845	9.9	0.681	140
Testigo	1.16	716	8.29	1.044	150

Por otra parte, atendiendo al ordenamiento de las accesiones en el espacio bidimensional y a las distancias euclidianas existentes, se muestra que las accesiones de mayor longitud de la hoja, g/planta de fibra seca y resistencia tensil de la fibra son las 97; 29 y la 30-26. Las accesiones 30-25; 30-27 y 31-10 se encuentran ubicados en la región cercana al centroide, adquiriendo los mismos, valores medios con estas variables. La accesión 100 fue la que tuvo una tendencia a disminuir estos indicadores (figura 2, tabla 3 y 3a).

Hay que considerar que el contenido de DP influye de forma positiva o negativa en la resistencia y durabilidad de la fibra. El contenido de lignina puede influir de forma negativa o positiva de acuerdo al uso de la fibra; si su destino es para obtención de pulpa para papel, se recomienda que su contenido no sea muy alto, para evitar así el amarillamiento de los papeles fabricados cuando éstos se envejecen. El porcentaje de ceniza influye en las posibles incrustaciones de otras materias orgánicas no deseadas que la fibra adquiere durante el desfibrado y procesos posteriores.

El contenido de ceniza entre 0.84 – 1.84 %; la lignina entre 6.14 – 9.9 %; el DP entre 475 – 845 y el rendimiento entre 442-1447 g/planta (tabla 3 y 3a). Según Otero, 2005, la composición química de la fibra de henequén es la siguiente: celulosa 77.6 %; ceniza 1.1 % y lignina y pectina 3.1 % inferior a lo obtenido en este trabajo. También en las accesiones 97; 100 y el testigo se utilizaron menor cantidad de hojas para producir un litro de jugo; en el resto se consumió la misma cantidad de hojas.

TABLA 3A. CARACTERIZACIÓN DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE JUGO DE LAS DIFERENTES ACCESIONES.

Accesiones	Hojas/litro de jugo	Fibra seca		% de fibra seca
		g/planta	kg/ha	
97	1.40	1447	3859	2.920
100	2.00	442	1179	3.027
29	3.00	1283	3421	3.396
30-5	3.00	692	1845	3.015
30-25	3.00	1107	2952	3.486
30-26	3.00	1416	3776	3.475
30-27	3.00	1124	2997	3.551
30-37	3.00	751	2003	3.236
31-10	3.00	1047	2792	3.489
32-29	3.00	677	1805	2.948
Testigo	2.00	543	1448	3.332

También se realizó otro análisis de componentes principales (ACP) a las 11 accesiones de agaves y a 4 variables morfológicas:

1. Ancho de la hoja; 2. Altura de la planta; 3. Hojas cosechadas/planta; 4. Total de hojas/planta; indican que todas las variables tienen correlaciones significativas ($P \leq 0.05$), como se muestra en la figura 3, de acuerdo al círculo de correlación interna propuesto por (Fariñas, 1996) en el espacio bidimensional definido por los dos primeros componentes principales que representa el 90.883 % de la variabilidad total de los datos, y sumando el tercer componente alcanza el 99.636 % de la variabilidad. Las variables ancho de la hoja y altura de la planta están correlacionadas entre sí. También están las hojas cosechadas/planta con el total de hojas/planta; éstas no correlacionaron con las dos primeras variables (figura 3).

Algunos valores de los indicadores biológicos alcanzados por las diferentes accesiones de agave se expresan en la tabla 4 y se ordenan en la figura 3; como se puede apreciar, la única accesión que alcanzó el mayor desarrollo vegetativo (ancho de la hoja y altura de la planta) fue la accesión 97 y la 29 que obtuvo los mayores valores de hojas cosechadas/planta y total de hojas/planta. El testigo (henequén) y la accesión 100 fueron las que mantuvieron el menor número de hojas cosechadas/planta y el total de hojas/planta.

Hay que destacar que las accesiones 97; 100; 30-25; 30-26; 30-27; 30-37 y el testigo fueron las que lograron las menores distancias entre espinas en las márgenes de las hojas, tanto en su parte superior como inferior; esto indica lo espinosas que resultaron estas accesiones (tabla 4). La accesión 31-10 fue la que logró hojas con el menor número de espinas en sus márgenes, las que se mantuvieron estables en sus descendencias. Esta accesión asumirá en lo adelante el nombre de clon subinerme "Liliana CH".

De las diferentes plantas madres evaluados, la 30 fue la que dio mayor cantidad de accesiones con diferente número de espinas. Estas características se mantuvieron estables en las descendencias.

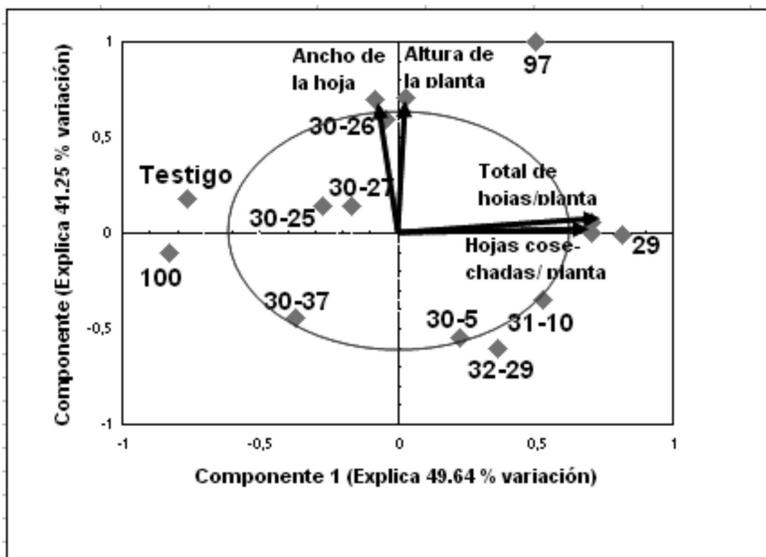


FIGURA 3. GRÁFICO DUAL DE LAS ACCESIONES Y LAS VARIABLES. EL VECTOR CORRESPONDIENTE A CADA VARIABLE INDICA LA DIRECCIÓN EN QUE ESTA AUMENTA.

TABLA 4. CARACTERES MORFOLÓGICOS EVALUADOS A LAS 11 ACCESIONES.

Accesiones	Ancho/ hoja (cm)	Altura/ planta (cm)	Hojas cosechadas /planta	Total hojas / planta	Espinass/ hoja	Distancias entre espinas (cm)	
						Superior	Inferior
97	12	205	53	80	115	4	1
100	11	140	22	40	160	2	1
29	10	165	58	90	9	27	No
30-5	9	145	45	70	3	44	No
30-25	10	180	30	60	60	4	1
30-26	11	195	38	65	65	4	1
30-27	10	180	35	60	70	3	1
30-37	9	155	31	52	90	2	1
31-10	9	160	50	81	2	80	No
32-29	9	140	50	72	9	47	No
Testigo	10	185	20	43	82	3	1

Conclusiones

El porcentaje de lignina de la fibra en las diferentes accesiones (97; 100; 29; 30-5; 30-25; 30-26; 30-27; 30-37; 31-10, 32-29 y testigo) no fue significativa; el porcentaje de ceniza correlacionó en sentido inverso al grado de polimerización de la fibra. La resistencia tensil de la fibra, el rendimiento de fibra seca en g/planta y la longitud de la hoja correlacionaron entre sí en sentido positivo.

La accesión de mayor longitud de la hoja, g/planta de fibra seca y mayor desarrollo vegetativo (ancho de la hoja y altura de la planta) fue la 97.

La accesión 31-10 se encuentra entre las primeras (seis) de mayores rendimientos de fibra seca y fue la que logró hoja con el menor número de espinas en sus márgenes; la misma asumirá en lo adelante el nombre de clon subinerme "Liliana CH".



ACCESIÓN 31- 10



ACCESIÓN 30- 5



ACCESIÓN 32-29



ACCESIÓN 30-25



ACCESIÓN 97



ACCESIÓN 29

FIGURA 4. MORFOLOGÍA DE ALGUNAS ACCESIONES EVALUADAS EN ESTE PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO.

La planta madre 30 fue la única que dio mayor cantidad de accesiones con diferente número de espigas. Estas características se mantuvieron en las descendencias.

Sólo seis accesiones (L-1 H11648; L-2 H11648; L-3 H11648; L-4 H11648; L-5 H11648 y L-6 H11648) resultaron promisorias de las segregaciones obtenidas con el agave Híbrido 11648 **T**

Bibliografía

AMARELLA EASTMOND; HERRERA J.L. Y M. L. ROBERT.

2000 *La Biotecnología aplicada al henequén: Alternativas para el futuro*. CICY; 106 páginas. .

FARÍNAS, M. R.,

1996 “Análisis de la vegetación y sus relaciones con el ambiente mediante métodos de ordenamiento”, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

HERNÁNDEZ, A ET AL.

1999 *Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, con clasificaciones internacionales (Soil Taxonomy y FAO-UNESCO) y clasificaciones nacionales (2da clasificación genética y clasificación de series de suelos).

ROBERT, M. L. ET AL.

1992 *Micropropagation of Agave ssp.* Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 19.

OTERO, R.

El cultivo del henequén (Agave fourcroydes, Lem) como planta textil y su aprovechamiento integral. Disponible en <http://www.mixteca.utm.mx/temas-docs/e0923.pdf>. Conectado el 20/04/2005.

VINENT, E Y O. FAJARDO.

El Henequén sin espina. Resúmenes. I Simposio Internacional de Fibras Naturales FIBRA-TEX/2000 Matanzas, Cuba. Julio del 2000.

**Enrique Vinent Serrano
y Odelín Fajardo Gutiérrez**

Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (IIHLD). La Habana, Cuba.