

**EI RESCATE DEL HENEQUÉN (*Agave fourcroydes* Lem.) EN MATANZAS.**

**MSc. Idania Rodríguez Martínez<sup>1</sup>; Dr.C. Leticia Fuentes Alfonso<sup>1</sup>; Dr.C. Enildo Abreu Cruz<sup>1</sup>; Dr.C. Gerardo González Oramas<sup>2</sup>; MSc. Yunel Pérez Hernández<sup>1</sup>.**

**1. Universidad de Matanzas, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.  
*idania.rodriguez@umcc.cu***

**2. Empresa Agaveros del Valle de Magdalena. Amatitan. Jalisco.  
*oramascuba07@gmail.com***



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

## Resumen

El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) es un cultivo emblemático de la provincia de Matanzas, es capaz de vivir en condiciones climáticas adversas. Desde la crisis económica de los años 90 del siglo pasado, las poblaciones de plantas experimentan un decrecimiento notable. Este trabajo tiene como objetivo analizar la situación actual y perspectiva de la producción y comercialización del henequén en Matanzas valorando las potencialidades de las técnicas biotecnológicas para la recuperación de las plantaciones de *Agave fourcroydes* Lem. El proceso de rescate natural es lento. Las técnicas biotecnológicas de cultivo in vitro de plantas, demuestran ser una vía eficaz para obtener volúmenes elevados de plantas con mejores aptitudes genéticas y en períodos cortos de tiempo, para ampliar las producciones actuales con material de alta calidad.

**Palabras claves:** *Agave fourcroydes* Lem., recuperación, biotecnología.

---

### Introducción:

El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) constituye un cultivo emblemático de la provincia Matanzas, perteneciente al género *Agave* L., familia *Agavaceae*, orden *Asparagales* (Dahlgren *et al.*, 1985) el mismo se introdujo en Cuba por los españoles, procedente de la península de Yucatán, México. Esta planta se sembró en suelos de escaso valor y era uno de los pocos productos (fibras en bruto) del país que recibía condiciones beneficiosas en el Tratado de Reciprocidad Comercial, suscrito con Estados Unidos en 1902, no así las fibras elaboradas las cuales no tenían una entrada libre de impuestos al mercado norteamericano.

El uso agroecológico de *Agave* es amplio, sus potencialidades abarcan desde la preservación del paisaje hasta la conservación del suelo; pero su mayor importancia económica está en la utilización de las hojas y los tallos como fuente de materia prima para la producción de fibras textiles, (Espinosa., 2015) así como el procesamiento del jugo para la elaboración de bebidas como el tequila (Garriga *et al.*, 2010).

Esta industria ha tenido un declive en los últimos cuarenta años, ante la entrada al mercado de nuevas fibras y materiales plásticos. A nivel mundial el período comprendido entre 1996 y 2001 estuvo marcado por un estancamiento en el crecimiento de las exportaciones de fibras naturales y su comercio también ha experimentado un retroceso. Sin embargo, se realizan esfuerzos por parte de los países productores por revitalizar esta actividad, para lo



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

cual se incursiona en nuevos productos y se modernizan los procesos (Financiera Rural., 2011; Villegas-Silva *et al.*, 2014).

En el mundo actual se produce una acelerada transición hacia la economía sostenible, como consecuencia de los cambios en el medio ambiente ocasionados por el empleo de productos que no son biodegradables, como las fibras sintéticas. Este movimiento se realiza principalmente por el reemplazo en la utilización de petroquímicos a recursos renovables. En este contexto se prevé que las fibras lignocelulósicas derivadas de los tejidos estructurales de las plantas tengan una función importante en la sustitución de las fibras sintéticas (Proaño, 2006; John y Thomas, 2008; Alves *et al.*, 2010 citados por (Pérez, *et al.*, 2013).

Agave fourcroydes Lem. florece una sola vez al final de su ciclo vegetativo (20 ó 25 años) y puede producir durante todo su ciclo vegetativo aproximadamente 20 hijos, a partir de los rizomas. Este comportamiento reproductivo unido a los problemas derivados de la crisis económica, ha originado una disminución de los rendimientos y de las plantaciones (Opciones. Semanario Económico y Financiero de Cuba., 2016). A pesar de los esfuerzos realizados, las estrategias para la recuperación henequenera no han dado los resultados esperados, pues la falta de posturas no ha permitido cumplir con los planes de siembra y en la actualidad son más las plantaciones que salen de su ciclo productivo que las que entran en esta fase (Abreu., 2009).

El imperativo de la economía mundial sobre la conservación de los recursos bióticos y su diversidad genética así como a favor de la disminución de la contaminación por plásticos y otros productos dañinos al hombre y al ambiente (Abreu *et al.*, 2007a), precisa de la caracterización, recuperación y conservación de los recursos genéticos disponibles para hacer de ellos un uso más racional. Teniendo en cuenta esta afirmación se requiere de un mayor conocimiento de este género y en particular de la especie Agave fourcroydes Lem., más comúnmente conocida como henequén (González y Abreu., 2009).

Como una alternativa para la recuperación del henequén, el cultivo de tejidos vegetales se convirtió desde los años 70 del pasado siglo en una herramienta para los mejoradores de plantas y productores agrícolas. Basado en este método, en países como México se han desarrollado numerosas tecnologías para la obtención de variedades mejoradas y su multiplicación acelerada, lo que ha permitido entregar a la producción millones de plantas saneadas para su introducción en los campos comerciales (Romero., 2008).



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

La planta de henequén tiene potencialidades agroecológicas, a partir de su interacción con el ecosistema donde se cultiva, -aporta beneficios al suelo, economiza el agua y atenúa el efecto de las radiaciones solares-, y de los posibles usos de todos sus derivados, los cuales pueden sustituir productos agresivos al medio ambiente como los plásticos, las fibras sintéticas, los medicamentos químicos y el abono industrial. El presente trabajo tiene la finalidad de analizar la situación actual y perspectiva de la producción y comercialización del henequén en Matanzas valorando las potencialidades de las técnicas biotecnológicas para la recuperación de las plantaciones de *Agave fourcroydes* Lem. especie de gran importancia económica.

Desarrollo:

Se plantea que el henequén se introdujo en Cuba en el año 1822, procedente de la península de Yucatán en México y las primeras fibras en Matanzas fueron obtenidas en el año 1827 (Ascuy, 2015). Otros autores coinciden en que su introducción en el país ocurrió a mitad del siglo XIX, específicamente por la zona de Cayo Romano y Nuevitas en Camagüey, donde comenzó a fomentarse. Sin embargo, fue finalmente en la provincia de Matanzas donde se instauró su siembra a gran escala con el objetivo de su industrialización. Posteriormente se estableció en Juraguá (Cienfuegos), en el Mariel (La Habana) y Oriente (Vincent *et al.*, 1998 citado por Abreu., 2009).

Con la introducción en el mercado mundial de las fibras sintéticas ocurrió la reducción de la actividad henequenera en el mundo. En los comienzos de los años setenta, la producción anual de sisal y henequén fue de alrededor de 750 000 toneladas; en el año 2000, este volumen disminuyó a 280 000 toneladas (Plan rector del sistema producto de Henequén, 2012).

En Cuba las producciones volvieron a experimentar un descenso significativo en la década de los 90 del siglo XX, debido a los problemas económicos que afrontó el país con el derrumbe del Campo Socialista. A esto se unió un grupo de factores como la demolición, la quema, el abandono y la invasión de la vegetación indeseable de numerosas áreas destinadas a este cultivo (Vincent *et al.*, 1998, citados por Abreu., 2009). Además, la cosecha y manipulación del henequén se hace difícil debido a las características de este cultivo, donde la presencia de espinas complejiza el trabajo manual y hace menos atractiva las actividades agrotécnicas y la disposición de mano de obra en el campo.

En las estadísticas de los principales productores de henequén/sisal publicadas por el anuario de la (FAO; 1990 citados por Otero.,1999) se puede observar la producción de



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

México y Cuba entre los años 1988-1990, así como las áreas cosechadas y los rendimientos en el último año (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Producción de henequén en México y Cuba en 1988, 1989 y 1990.

País	1988	1989	1990
México	52	50	50
Cuba	7	7	7

Unidad de medida: miles de t

Tabla 2. Áreas destinadas a la cosecha y rendimientos del henequén en México y Cuba en el año 1990.

País	Área (miles ha)	Rendimiento (Kg/ha)
México	100	500
Cuba	5	1340

Como se puede observar en el año 1990 se produjo en Cuba 1,34 t /ha, con una producción total de 7 000 t anuales.

La situación en años recientes con relación a las producciones de las fibras naturales, su precios y perspectivas (Tabla 3), ha sido discutida en varios escenarios y por varias organizaciones como son: la Reunión conjunta del grupo intergubernamental sobre fibras duras en su 38ª reunión; el grupo intergubernamental sobre el yute, el kenaf, y fibras afines en su 40ª reunión y el subgrupo de países productores de sisal y henequén en su 19ª reunión (Bogotá, Colombia, 25-27 de noviembre de 2015).

Tabla 3. Producción de henequén en Cuba, México y otros países (miles ton) entre 2009 y 2014

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014
México	19,8	17,5	20,1	20,1	20,1	22,0
Cuba	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Otros países	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

La demanda de la mayoría de las fibras aumentó en 2014, lo que conllevó a un aumento de los precios, en especial los del abacá, utilizado en la producción de bolsas de té y filtros de café, y los del sisal, demandado por la industria de la construcción. Además, se manifestó



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

nuevamente una preocupación por el cambio que podría ocurrir en la estructura de la oferta de sisal en el Brasil, el mayor productor mundial, debido a la migración de los productores a las zonas urbanas a causa de las difíciles condiciones de vida provocadas por la sequía (FAO., 2015).

La reunión conjunta del grupo intergubernamental sobre fibras duras aprobó los pronósticos del Subgrupo sobre las tendencias de los precios, como se indica a continuación:

- Fibras de tipo 3 del Brasil, entre 1 400 USD y 1 500 USD por tonelada en Salvador de Bahía.
- Fibra UG del África oriental, entre 1 900 USD y 2 150 USD por tonelada.

Si bien esta es la escala de precios, algunos tipos de sisal que se venden especialmente al sector de la construcción, han llegado a alcanzar los 2 300 USD por tonelada (FAO., 2015).

En el informe de la FAO sobre fibras naturales de 2015, se reportó una producción de 1,4 Mt de fibras de henequén en Cuba en el período 2009-2014; sin embargo, datos del MINAG indican que se producen anualmente unas 500 toneladas de este producto y en estos momentos el precio de la tonelada en el mercado mundial es de aproximadamente 1 200 dólares (Opciones., 2016).

Por otra parte, la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) reportó la producción nacional de sogas, cordeles e hilos de henequén y las áreas en explotación en el período comprendido entre los años 2006-2011 (Tabla 4).

Tabla 4. Producción nacional de sogas, cordeles e hilos de henequén y áreas en explotación entre 2006 y 2011.

<b>Producción de henequén</b>	<b>UM</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Hilos de henequén, sogas y cordeles	Miles de toneladas (MT)	1,5	1,6	1,2	0,9	1,1	1,0
Áreas en explotación	Miles de hectáreas (Mha)	1,4	1,7	1,8	3,5	1,2	1,3
Rendimiento	(MT/ha)	1,07	0,90	0,66	0,25	0,91	0,76



El análisis de esta tabla muestra el descenso significativo de la producción de manufacturas provenientes de las fibras de henequén, la cual se encuentra muy por debajo de las cifras obtenidas en los años 1988-1990, lo que obliga a la compra de la misma en mercados externos para satisfacer la demanda nacional.

Adquirir una tonelada de fibra de esta planta cuesta al país 1 293 dólares, sin incluir los pagos agregados por fletes de transportación y gastos en descarga; mientras que para producirla en nuestro país se necesita una inversión de 507 CUC (González y Abreu., 2009). Sin embargo, desde 1993 en que se importaron por primera vez 420 toneladas procedentes de Brasil, esta actividad continúa debido a las bajas producciones y a la poca calidad de la fibra nacional.

Del henequén también se extraía antes de los años 90 de siglo pasado la hecogenina, un esteroide de la familia de los esteroides corticoides. Estos esteroides poseen una demanda mundial de un 63% y son utilizados en la síntesis de hormonas esteroidales tales como: hidrocortisona, prednisolona y triamsinolona (Otero., 1999).

Este compuesto se obtiene por técnicas sencillas y su elaboración puede suministrar una fuente de divisas considerable para nuestro país; si se tiene en cuenta que 1 kg de hecogenina puro tenía un costo de 75 dólares en 1978 (MINSAP, 1978) y en 1991 se cotizaba a 80 dólares (Otero., 1999). En la actualidad no se extrae este subproducto, actividad que se abandonó en los inicios del período especial, pero debido a la importancia económica de este subproducto se deben realizar acciones que permitan el retorno de estas producciones.

Los lineamientos del Partido con respecto a la producción de fondos exportables y de la sustitución de importaciones plantean:

191- Prestar atención especial al desarrollo del beneficio y de otras actividades que incorporan valor al producto agropecuario, elevan su calidad y presentación, ahorran transporte y gastos de distribución y conservación, integrando las pequeñas procesadoras de alimentos a nivel local con la gran industria, con vistas a potenciar la oferta de alimentos al mercado interno, incluyendo la sustitución de importaciones y las exportaciones.

194- Impulsar el desarrollo de las actividades cafetalera, apícola, del cacao y otros rubros, para contribuir a la recuperación gradual de los fondos exportables tradicionales de la actividad agropecuaria; en la explotación tabacalera explotar al máximo las posibilidades del mercado externo.



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

El incremento de la demanda de fibra natural y de su precio en el mercado internacional actual (1300 CUC/t), ha motivado que el Ministerio de la Agricultura en Cuba esté enfrascado en la recuperación de la industria henequenera, con el objetivo de sustituir importaciones de ese producto, lo que ha estimulado la puesta en marcha de nuevas fábricas desfibradoras (Abreu., 2009).

#### Actualidad y perspectivas de la producción henequenera en Matanzas

La mejor estructura para la producción del henequén en Cuba se encuentra en la provincia de Matanzas, con la única desfibradora y fábrica de sogas y cordeles del país. La empresa yumurina cuenta con dos granjas henequeneras, una fábrica desfibradora, una granja ganadera, una unidad de aseguramiento y tres viveros (Programa de Desarrollo Empresa Henequenera “Eladio Hernández León”., 2007).

Actualmente, en la provincia de Matanzas se presenta un elevado grado de deterioro con relación a las plantaciones de henequén, que ha provocado una disminución en las producciones de este cultivo (Tabla 5). Las afectaciones han estado relacionadas con una disminución gradual de los campos cultivados, una carencia de posturas de calidad y la desaparición de los viveros, lo que ha incidido negativamente en las producciones y los rendimientos (Rodríguez *et al.*, 2015a).

Tabla 5. Producción de fibras de henequén en Matanzas entre los años 2010-2015

Año	Áreas plantadas (ha)	Áreas en producción (ha)		Rendimiento (T/ha)
2010	166,0	134,2	915,2	0,18
2011	193,3	71	349,9	0,55
2012	244,5	85,4	451,7	0,54
2013	198,2	73,9	596,9	0,33
2014	130,3	94,2	545,8	0,23
2015	110,2	40,92	783,26	0,14



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X



Del análisis de esta tabla se observa que el rendimiento de las áreas en producción no superó los 0,55 Mt/ha en los últimos seis años. En el año 2015 se obtuvo el valor más bajo de rendimiento (0,14 Mt/ha), cifra que se encuentra muy por debajo de las medias obtenidas en los años 1988-1990 con producciones aproximadas de 1,34 Mt/ha.

Por otra parte, las áreas plantadas no satisfacen la necesidad de reposición de plantas que salen de la producción, ya que se observa un descenso significativo de estas, con un mínimo de 40,92 ha en el año 2015 de un promedio de 99,92 ha en años anteriores.

En el vivero de la empresa henequenera “Antonio Verdalles,” del Municipio Limonar, provincia de Matanzas, se trabaja en condiciones de secano. Se encuentra establecido en un suelo ferralítico rojo típico, sobre caliza dura, medianamente desaturado y humificado, con arcillas caoliníticas y casi llano (Mapa de suelo 1/50000 del Municipio de Cárdenas) (Rodríguez *et al.*, 2015a).

El empleo de posturas provenientes de rizomas genera notables diferencias en las edades fisiológicas de los hijos que presentan una misma talla. Esto provoca que las plantaciones sean poco uniformes lo que encarece la agrotécnica del cultivo (IILHD, 2012). Para la fertilización no se utiliza el bagazo del henequén u otra materia orgánica, solo se realiza mediante la aplicación de urea y para el control de malezas se combina el método manual y el químico.

Matanzas ha sido históricamente la provincia cubana de mayores producciones de henequén. En opinión de expertos, los bajos niveles de producción alcanzados en los últimos años responden básicamente a la falta de reanimación de los sembrados, los cuales requieren de ciclos de cinco años de maduración a fin de estar aptos para el corte. Con vista a detener el deterioro y rescatar dicho cultivo, se desarrolla un plan que comprende la plantación de 100 hectáreas anuales para renovar los plantíos y extender las áreas año tras año, según expresó en el periódico “Granma” Jorge Luis Martínez, director de la empresa Eladio Hernández, en Cárdenas. El mismo manifestó: “para diciembre debemos sobrepasar el centenar de toneladas, cumpliendo el plan anual, pero se trata de un resultado todavía bien lejos de las posibilidades mostradas por nuestra entidad” (Opciones., 2016).

A pesar de la situación actual, el país realiza esfuerzos por elevar las producciones de fibra. El Ministerio de la Agricultura (MINAG) a partir de los lineamientos trazados en años recientes, ha incorporado tecnologías modernas y maquinarias al procesamiento del henequén, las cuales reducen el consumo de portadores energéticos y elevan la eficiencia del proceso fabril (Opciones, 2016). Por otra parte, ya está en fase de conformación la



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

nueva Empresa Nacional del Henequén, la cual trazará la estrategia de desarrollo del cultivo y agrupará a las cuatro unidades empresariales de base existentes en las provincias de Artemisa, Matanzas, Holguín y Cienfuegos (Opciones, 2016).

La situación actual de la producción de henequén en la provincia de Matanzas y en el país, justifica la necesidad de una política inteligente para la recuperación y atención de los viveros, ya que la misma constituye una etapa necesaria dentro de la cadena productiva. Por otra parte, se hace patente la búsqueda de soluciones para incrementar las poblaciones actuales de henequén en el territorio. Para ello, las técnicas del cultivo *in vitro*, como la micropropagación, han demostrado ser eficaces para la obtención de grandes volúmenes de vitroplantas en períodos cortos de tiempo; por lo cual ésta representa una vía para garantizar la reposición de las áreas con material de calidad, genéticamente mejoradas y con crecimiento acelerado.

En la actualidad la producción de fibras de henequén en Cuba presenta muy bajos niveles, lo que obliga al país a la obtención de este producto en el mercado externo para satisfacer la demanda nacional. Los bajos rendimientos comenzaron con la crisis de los años 90 y han influido diversos factores objetivos y subjetivos, como la poca disponibilidad de viveros entre otros. La extracción de hecogenina a partir de la pulpa de henequén para la elaboración de medicamentos cesó en esta etapa. La reintroducción de esta tecnología puede tener un impacto económico importante, debido a los precios en que se cotiza actualmente este producto en el mercado internacional. La recuperación de las producciones de henequén requiere de una estrategia inteligente que incluya políticas encaminadas a la recuperación de los viveros, el incentivo a los trabajadores de la entidad y el apoyo al desarrollo de tecnologías eficientes como la micropropagación, que permita la introducción de un volumen considerable de posturas de elevada calidad, en períodos cortos de tiempo.

## ALTERNATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS HENEQUENERAS EN MATANZAS

Actualmente en la provincia de Matanzas se presenta un elevado grado de deterioro de las áreas henequeneras, disminución gradual de los campos cultivados y carencia de posturas de calidad debido a la desaparición de los viveros, lo que ha provocado una reducción significativa en la producción de fibras (Abreu *et al.*, 2007a, Boza, 2015).

El henequén puede reproducirse tanto por vía sexual (semillas) como por la asexual o vegetativa, sin embargo, esta última puede ocurrir por medio de retoños producidos por los



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

rizomas o mediante los bulbillos que se forman a partir de yemas aéreas encontradas en el escapo floral (Otero, 1999; Abreu, 2009; Sosa, 2011).

La reproducción sexual ocurre a partir de las flores que han sido fecundadas, la mayor parte de las semillas como resultado de este proceso no son viables, además, las plántulas obtenidas requieren atención especial en comparación a los otros medios de reproducción. Su desarrollo es demasiado lento por lo que la vía asexual ha sido la más utilizada, especialmente a través de rizomas. Este mecanismo permite la obtención de hijos genéticamente idénticos a la planta madre (Guerrero y Díaz., 2011a).

Los bulbillos surgen de pequeños brotes protegidos por brácteas. Cada bulbillo constituye una plántula que posee de 6-8 hojas reducidas con un sistema radical rudimentario. Un escapo floral puede producir hasta 1 500 bulbillos (MINAG, 1986; Otero, 2000 y Yanes, 2015). Sin embargo, (Guerrero y Díaz., 2011a) plantean que puede producir entre 4000 y 5000 bulbillos.

Por otra parte, autores como (Muñoz *et al.*, 2004) señalaron que la planta de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) presenta características no deseables, tanto en su anatomía externa como en su comportamiento reproductivo, dadas por la presencia de espinas marginales en sus hojas, que dificultan su cosecha; así como un período muy largo de establecimiento para la producción, entre otras, que requieren ser mejoradas genéticamente. Sin embargo, Espinosa (2015) puntualizó que la conservación de la reserva genética (ADN) es necesaria para la subsistencia de las plantas pues en ellas se encuentra la información para su desarrollo, la morfología, el apoyo para combatir enfermedades o plagas, el ciclo de vida y las futuras adaptaciones a condiciones climáticas distintas, además de que es necesario que exista una variabilidad genética necesaria para que ocurra el proceso evolutivo.

Autores como (Infante *et al.*, 2003 y González *et al.*, 2003) indicaron que, dada esta situación si bien era importante generar líneas clonales genéticamente estables; la aparente reducción de la diversidad genética del henequén, llevada al extremo por el favorecimiento de una sola variante a través de la propagación vegetativa debe ser analizada.

Los agricultores necesitarán un conjunto genéticamente diverso de variedades mejoradas de cultivos que sean adecuadas para múltiples agroecosistemas y prácticas agrícolas y resistentes al cambio climático (FAO, 2013).



Según la FAO, 2013 para la obtención de variedades habrá que disponer de material conservado y mejorado y generar nuevas variedades a un ritmo que satisfaga las cambiantes demandas y necesidades. Es fundamental llevar a cabo la distribución oportuna a los agricultores de material adaptado adecuado, de la calidad y en la cantidad correctas y a un costo aceptable.

La utilidad de los métodos biotecnológicos, tanto para la producción como en los servicios en el sector agropecuario, ha sido abordada por diversos autores. Estas técnicas permiten establecer un programa de mejoramiento de variedades mediante procedimientos de inducción de mutaciones con vistas a ampliar la limitada diversidad genética de esta especie, así como métodos de propagación in vitro que permitan no sólo el incremento del número de individuos y la disminución de los ciclos de mejoramiento, sino también preservar y utilizar el germoplasma existente (Eastmond *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2014 y Chaturvedi *et al.*, 2016).

Entre las técnicas más utilizadas para la propagación y mejoramiento genético de especies vegetales se encuentran: el cultivo in vitro y la ingeniería genética. El cultivo de tejidos vegetales se convirtió desde los años 70 del pasado siglo en una herramienta para los mejoradores de plantas y productores agrícolas. Basadas en este método se han puesto a punto numerosas tecnologías para la obtención de variedades mejoradas y su multiplicación acelerada, lo que ha permitido entregar a la producción millones de plantas saneadas para su introducción en los campos comerciales.

El cultivo in vitro de las plantas superiores tiene varias definiciones, una de ellas es el cultivo a microescala sobre un medio nutritivo y en condiciones estériles de plantas, semillas, embriones, órganos, explantes, tejidos, células y protoplastos (Pierik, 1990). Otros lo consideran una ciencia que estudia el crecimiento de células, tejidos u órganos aislados de una planta madre, en condiciones artificiales, tal es el caso de George (2008).

Sea cual sea la definición aceptada, estas técnicas permiten la formación de nuevos organismos a partir de un explante o material de partida, ya sea celular, tisular o un órgano vegetal completo, el cual desarrollará una respuesta morfogenética específica por dos vías fundamentales (George, 2008).

La habilidad de los tejidos vegetales para formar varios órganos de novo es lo que se conoce como organogénesis. Este proceso puede ocurrir de forma directa, a partir de células, tejidos u órganos vegetales iniciadores del cultivo in vitro, o de forma indirecta, a partir de callos (Tavares *et al.*, 2004).



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Cuando en el explante o el callo cultivados en condiciones artificiales se producen embriones capaces de formar brotes o plántulas, luego de experimentar un proceso embriogénico muy parecido al del cigoto, se conoce como embriogénesis somática.

Propagación de agaváceas mediante el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales.

Los primeros trabajos se publicaron en los años 70 del siglo pasado y se basaban en protocolos con costos muy elevados, según señalaron (González., *et al.* 2004). De manera general, la micropropagación de agaves se ha desarrollado por dos vías fundamentales: la organogénica y la embriogénica en ambos casos luego de una fase de callo. Como material vegetal de partida, se han utilizado desde semillas, yemas axilares del tallo, de los hijos de rizomas y de los bulbillos; hasta yemas y fragmentos en forma rectangular de los tallos (Fadiga, 2014).

También se ha logrado la regeneración de brotes directamente de tejido meristemático cultivado en medio MS suplementado con una combinación de una citoquinina, preferentemente la benciladenina (BA), con auxinas como 2,4-D y ácido indolacético (AIA), en una relación mayor que uno (Valenzuela-Sánchez, 2006 y Silos-Espino *et al.*, 2011).

Esta variante de cultivo de tejidos permite obtener plantas con un mayor nivel de sanidad que otras técnicas *in vitro*, aunque puede resultar un tanto engorrosa, dada la necesidad de utilizar herramientas auxiliares como la microscopía estereoscópica durante la extracción de la zona meristemática. En la mayoría de los casos, se ha utilizado como medio de cultivo el MS, formulado por (Murashige y Skoog 1962) u otras variantes de este como el LS (Linsmaier y Skoog, 1965) con diferentes combinaciones de auxinas y citoquininas.

La embriogénesis somática constituye una técnica de cultivo de tejido *in vitro* muy utilizada para conservar germoplasma, si se logra aumentar la eficiencia de la micropropagación se pueden disminuir los costos de producción. En la década del 90 se desarrollaron protocolos de regeneración por embriogénesis somática que han demostrado su mayor eficiencia (Piven *et al.*, 2002), y en algunos casos se ha comprobado que se mantiene una alta estabilidad genética del material clonado (González *et al.*, 2004).

Estas metodologías permiten la obtención de plantas genéticamente similares a una velocidad de producción considerablemente superior a cualquiera de los métodos tradicionales (Anaya *et al.*, 2010).



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Hay referencias sobre la propagación clonal in vitro de varias especies de agave: *A. fourcroydes* Lem. (Enríquez del Valle *et al.*, 2013), y *A. tequilana* Weber (Valenzuela, 2006)

En el henequén la mayoría de los trabajos en cultivo de tejidos que se han consultado, se refieren a su uso para la micropropagación (Eastmond *et al.*, 2000, citado por González, 2002), ya sea por la vía organogénica u embriogénica, aunque esta última es la de mayor aplicabilidad. Las primeras experiencias cubanas fueron publicadas por Peña *et al.* (1997), quien utilizó las bases de las hojas de vitrolántulas como material de partida.

González y su equipo de trabajo, desarrolló un amplio estudio de la respuesta embriogénica de *A. fourcroydes* Lem. que ha permitido establecer hasta el patrón embriogénico que se asemeja a lo que sucede en un embrión de una especie perteneciente a la Clase Liliatae.

Otros autores como Monja-Mio y Robert (2013) han desarrollado nuevos trabajos encaminados a optimizar los factores principales, incluidos el tipo de explante y la concentración de los reguladores.

Abreu (2009) citando a (Van Huylenbroeck y Debergh, 1996; Vilchez *et al.*, 2007) planteó que en la micropropagación de plantas se conoce con el nombre de aclimatización, adaptación, aclimatación, ciclo de aclimatación, rusticación o Fase IV, a la etapa crítica en la que gran cantidad de plantas son transferidas a las condiciones ex vitro para ser aclimatizadas gradualmente, proceso que culmina con el desarrollo de las plantas hasta alcanzar el tamaño comercial.

En todos los esquemas de propagación in vitro, en esta fase las plantas obtenidas se transfieren a contenedores con sustrato, donde deben adaptarse gradualmente a nuevas condiciones ambientales, tales como, humedad relativa baja, radiación solar alta, fluctuaciones de temperatura y constante estrés de resistencia a enfermedades (Pierik, 1990; Pospísilová *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2014).

Definir el momento óptimo para la calidad necesaria, hace que el proceso final de micropropagación responda económicamente a los intereses de los productores (Abreu, 2007b).

Está demostrado que las raíces pueden ser inducidas bajo condiciones in vitro o ex vitro por las auxinas, pero las producidas de la segunda forma están mejor adaptadas para sobrevivir en esta etapa (Pérez, 2012). El tipo de sustrato influye en la velocidad y calidad del



enraizamiento, la literatura consultada refiere el empleo de perlita, arena, pulpa de henequén, solos o en diferentes combinaciones.

Debido a que las plantas provenientes del cultivo *in vitro* no son capaces de regular su economía hídrica por los desórdenes provocados en su morfología, anatomía y fisiología éstas deben ser mantenidas en condiciones de alta humedad relativa en el período inicial de aclimatización (Pérez, 2012).

Si durante la aclimatización las plantas se someten a niveles adecuados de temperatura, humedad, radiación solar, sustratos y abastecimiento de nutrimentos, la calidad que éstas posean al final de dicha etapa, tendrá efecto en etapas posteriores de vivero y el rendimiento económico del cultivo (Pospisilová *et al.*, 1999 citados por Pérez-Santiago *et al.*, 2014 y Yanes, 2015). A los 30 días, las vitroplantas de henequén están listas para pasar a la etapa de previvero (Abreu, 2007).

De forma paralela, se han caracterizado otros caracteres morfológicos (Sosa *et al.*, 2014) y fisiológicos (Fadiga, 2014), que permitieron concluir que la calidad del material de plantación se favorece con la combinación de la propagación biotecnológica y la convencional, de tal manera que la primera contribuye al rejuvenecimiento del material vegetal, mientras la segunda garantizaba un robustecimiento paulatino y a mayor velocidad, del material propagado.

En particular, en la estrategia para la recuperación del henequén en Matanzas, la propuesta de una etapa intermedia (previvero), entre la aclimatización y el vivero tradicional, como parte de su ciclo de aclimatización, permite preparar a las plántulas para soportar los rigores de las condiciones de campo de forma menos agresiva, (Abreu, 2009). Por otra parte, este autor demostró la utilidad de la pulpa descompuesta del henequén, residuo del procesamiento industrial de la fibra, como sustrato individual o mezclado.

El análisis de la variación genética entre y dentro de las poblaciones es de interés fundamental para su conservación y para la realización de programas de mejoramiento genético, porque proporciona estimadores de la extensión de la variación genética disponible, contribuye al monitoreo de germoplasma y permite predecir ganancias genéticas potenciales (Moreno-González y Cubero, 1993 citado por Alfaro-Rojas, 2007).

Con la variabilidad detectada por (González *et al.*, 2004) estadísticamente diferente entre los grupos de planta donante – vitroplantas se concluye que existe una alta variabilidad genética explotable dentro de la población muestreada, propagada por la vía tradicional. Sin



embargo, se evidenció una alta similitud de la descendencia con sus progenitores, lo cual corrobora que la propagación por embriogénesis somática permite mantener una elevada estabilidad genética

El análisis de la variación genética dentro de las plantaciones naturales y micropropagadas de henequén, es de gran relevancia para el mejoramiento y manejo del cultivo (Infante *et al.*, 2003). González *et al.* (2004) observó la existencia de variabilidad genética en las plantaciones cultivadas en la costa norte matancera, a partir de la amplificación de fragmentos de ADN.

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de la propagación *in vitro* de nuevas accesiones de Henequén, Fadiga (2014) evaluó bioquímicamente las diferentes accesiones en sus diferentes etapas de crecimiento. Analizó indicadores fisiológicos en cada una de las fases del cultivo y validó la tecnología de propagación propuesta.

Los trabajos de transformación genética en el género *Agave* son muy limitados. Hasta la fecha los estudios han estado en función de optimizar los procesos de transformación genética utilizando la biobalística y el co-cultivo con *Agrobacterium tumefaciens* como métodos.

Para este género, el estudio de genes de interés se encuentra limitado, por lo que la manipulación genética constituye un apoyo valioso para numerosas investigaciones y aplicaciones de interés tanto científico como industrial. El desarrollo de un método sencillo y eficiente para la transformación de especies de agave, incrementará las posibilidades no solo para el análisis funcional de genes, sino también para mejorar por vía molecular o tradicional las especies cultivadas. Esto se traduce en elevar y/o facilitar las producciones, así como también aprovechar nuevas áreas de explotación para la producción de biocombustibles, entre otras ventajas (Gutierrez *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES.

El henequén es originario de regiones tropicales, cuyos caracteres morfológicos y fisiológicos como planta suculenta de metabolismo tipo CAM, le permiten completar su ciclo de vida en condiciones edafoclimáticas poco favorables para otros cultivos, en las cuales se reproducen fundamentalmente por la vía asexual. (Chaturvedi, 2016). La explotación del henequén en Cuba se basa en una producción con escasos insumos, fundamentalmente en empresas estatales, en las cuales se han deteriorado las plantaciones, dadas las convergencias de disímiles factores. La propagación de henequén (*Agave*



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X



*fourcroydes* Lem.) por embriogénesis somática permite obtener una cantidad de material genéticamente estable, que luego de una adaptación durante 90 días está en condiciones de incorporarse a las áreas de explotación en Matanzas. Los materiales utilizados de individuos élite y seleccionados por su vigor, al ser clonados, poseen un metabolismo más activo que sus contrapartes de campo por tanto la selección y clonación de plantas puede incrementar la productividad de las plantaciones de henequén. La fase aclimatización constituye una etapa importante dentro de la micropropagación. El empleo de pulpa de henequén descompuesta como sustrato durante este proceso ha resultado en otro uso de esta especie. La mejora por ingeniería genética todavía no ha dado resultados relevantes, pero constituye una vía futura para trabajos de mejoramiento en el henequén. Las deterioradas plantaciones matanceras de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) pudieran recuperarse a partir de la aplicación de las técnicas biotecnológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

Abreu, E. 2009. Aclimatización de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) Y su evaluación en la etapa de previvero. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Abreu, E., González, G., Ortiz, R., Rodríguez, P., Domech, R. y Garriga, M. 2007a. Aclimatización de plantas de henequén micropropagadas (*Agave fourcroydes* Lem.). Estudio de diferentes condiciones en la etapa de vivero. ITEA. 103 (2): 65-75.

Abreu, E., González, G., Ortiz, R., Rodríguez, P., Domech, R. y Garriga, M. 2007b. Evaluación de vitroplantas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem) durante la fase de aclimatización. Cultivos Tropicales. Vol.28. No.1, pp. 5-11

Alfaro-Rojas, G., Legaria-Solano, J.P. y Rodríguez-Pérez, J.E. 2007. Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave* spp.) del nororiente del estado de México. Rev. Fitotec. Mex. 30 (1): 1-12.

Anaya, J.M., Ochoa, A., Martínez, D. y Moreno, S.F. 2010. Organogénesis indirecta de agave parviflora, una especie en peligro y con alto potencial económico. VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas Biotecnología Vegetal 124. Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Carretera a Bahía de Kino, Km. 21. Hermosillo, Sonora.

Boza, G. 2015. Avanza producción henequenera en Cuba. Juventud Rebelde. 27 De Agosto del 2015. <http://www.juventudrebelde.cu>. [Consultado el 23 de mayo de 2016].



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Chaturvedi, S., Srinivas, K.R. and Kumar, A. 2016. Agriculture Technology Choices and the Responsible Research and Innovation (RRI) Framework: Emerging Experiences from China and India. In *Asian Biotechnology and Development Review*. 18 (1): 93-111.

Dahlgren, R.M.T; Clifford, H.T; Yeo, P.H. 1985. The family of the monocotyledons. Structure, evolution and taxonomy – Springer-Verlag. 177 – 186.

Eastmond, A., Herrera, J.L. y Robert, M.L. 2000. La biotecnología aplicada al Henequén: Alternativas para el futuro. Centro de Investigaciones Científica de Yucatán. México. 106 p.

Enríquez del Valle. J.R., Estrada, A., Rodríguez, G., Velasco, V.A., Campos, G.V. 2013. Sustrato y dosis de fertirriego en la aclimatización de vitroplantas de *Agave americana* var. Oaxacensis. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Domicilio conocido, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Espinosa, L.A, 2015. Generalidades e importancia de los agaves en México. Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad de Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Desde el Herbario CICY. 7: 161–164

Fadiga, S.M. 2014. Evaluación del comportamiento de la propagación in vitro de nuevas accesiones (Subinerme y C-97) de henequén (*Agave fourcroydeslem*). Tesis (en opción al título científico de Master en Ciencias Agrícolas). Universidad de Matanzas, Cuba.

FAO, 2013. Committee on commodity problems intergovernmental group on hard fibres. Sub-group of sisal and henequen producing countries. Negombo, Sri Lanka, 5 November 2013 Provisional agenda CCP:SP 13/1

FAO, 2015. Comité de Problemas de Productos Básicos. Reunión conjunta del grupo intergubernamental sobre fibras duras en su 38ª reunión; el grupo intergubernamental sobre el yute, el kenaf, y fibras afines en su 40ª reunión; y del subgrupo de países productores de sisal y henequén en su 19ª reunión (Bogotá, Colombia, La situación del mercado actual. Disponible en: (<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/yute-y-fibras-duras/reuniones-sobre-yute-y-fibras-dura/es/>). Consulta: abril, 2016.

Financiera Rural. 2011. Monografía del Henequén y Sisal. México. Dirección General Adjunta de Planeación y Análisis Sectorial. Dirección Ejecutiva de Análisis sectorial. 8 p. (monografía).



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Garriga, M., González, G., Alemán, S., Abreu, E., Quiroz, K., Caligari, P. y García, R. 2010. Manejo de la Interacción Auxina-Citoquinina para Mejorar el Protocolo Micropropagación de Henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) Chilean Journal of Agricultural Research. 70 (4): 545-551.

George, E.F. 2008. Plant Tissue Culture Procedure - Background 1. In: George, EF, Hall, M. A. De Klerk, G (Eds.) Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition Volume 1. The Background. Pub Published by Springer, The Netherlands. ISBN 978-1-4020-5005-3. pp 1-28.

González, G. y Abreu, E. 2009. El henequén. Cultivo importante desconocido, con futuro promisorio. CD de Monografías 2009. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

González, G., Alemán, S. and Infante, D. 2003. Asexual genetic variability in *Agavefourcroydes* II: Selection among individuals in clonally propagated population. Rev. Plant Science. 165: 595-601.

González, G., Alemán, S., Barredo, F., Keb, M., Ortiz, R., Abreu, E., Robert, M.L. 2004. Una alternativa de la recuperación henequenera de Cuba, mediante el uso de técnicas biotecnológicas y moleculares. Biotecnología Aplicada. 21(1): 44-49.

González, G., Alemán, S., Trujillo, R., Domech, R., Abreu, E.O., Pérez, Y. 2002. Influencia del 6 Benziladenina sobre el comportamiento in vitro de plantas de henequén obtenidas a partir de embriones. Biotecnología Vegetal. 2 (4): 235-238.

Guerrero, R. y Díaz, R. 2011a. Paquete tecnológico henequén (*Agavefourcroydes*). Producción de plantas. Campo experimental Mococho. Yucatán. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx>. Consulta: marzo, 2016.

Guerrero, R. y Díaz, R. 2011b. Paquete tecnológico henequén (*Agavefourcroydes*). Establecimiento y mantenimiento productivo. Centro de Investigación Nacional Sureste. Campo experimental Mococho. Yucatán. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/Paquete\\_Tecnologico\\_Henequen](https://www.researchgate.net/publication/Paquete_Tecnologico_Henequen). Consulta: marzo, 2016.

Gutiérrez, A.P.R., Gil-Vega, K.C. and Simpson, J. 2016. Desarrollo de metodología para la transformación genética de especies de agave mediada por *Agrobacterium tumefaciens* y basado en el proceso de organogénesis. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 297-302.



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Infante, D., González, G. Peraza, L. and Keb-Llanes, M. 2003. Asexual genetic variability in Agave. *Plant Science*; 164 (2): 223-230.

Lismaier y Skoog. 1965. Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 18.

MINAG, 1986. Dirección de Cultivos Varios. Instructivo técnico del cultivo del henequén. La Habana: MINAG. 37 p.

Monja-Mio, K.M. and Robert, M.L. 2013. Directic somatic embryogenesis of Agave fourcroydes Lem. Through thin cell Layer culture. *In Vitro Cell. Dev. Biot. Pla.* 49:541-549.

Muñoz, Y., Pérez, A., Pérez, S., Alcántara, P., Sagrera, M. y Pimentel, C. 2004. Metodología para el mejoramiento genético del henequén (*agave fourcroydes* lem.) Con el empleo de técnicas Biotecnológicas y radiomutagénicas. La habana. Cuba.

Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.

Opciones. Semanario Económico y Financiero de Cuba. 2016. Avanza Cuba en rescate de producción henequenera. Juventud Rebelde. ISSN 1563-8340.

Otero, B., Valdez-Torres, C., Igarza, S., Rodríguez, Z. 2000. Efecto de la norma e intervalo de riego en el crecimiento y desarrollo del henequén (*Agave fourcroydes* Lem). *Temas de Ciencia y Tecnología.* 4 (11): 45-47.

Otero, B.R. 1999. El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem.) como planta textil y su aprovechamiento integral. *Temas de Ciencia y Tecnología.* 3 (9): 23-46.

Pérez, J. 2012. Empleo combinado de la propagación biotecnológica y convencional para la recuperación henequenera. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

Pérez, R., Caballero, M., Hernández, L.H. and Montes, J.L. 2013. Diseño y construcción de una desfibradora de hojas de *Agave angustifolia* Haw. *Rev Cie Téc Agr.* 22 (4). Versión ISSN 2071-0054.

Pérez, Santiago, R., Enríquez-del Valle, J R., Castañeda-Hidalgo, E., Velasco- Velasco, V.A., Rodríguez-Ortiz, G., Campos-Ángeles, G.V. 2014. Dosis de Fertirriego durante la



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

aclimatización de plantas de Agave americana Micropropagadas. Artículo científico Revista Mexicana de Agroecosistemas. 1(1): 20-27.

Peña, E., González, G., Berrillo, A., Sosa, D., Arteaga, M., Rittoles, D., Pérez, D., Torriente, Z. 1997. Tecnología para la micropropagación del Henequén a gran escala. Rev. Jardín Botánico Nacional. 18: 169-176.

Pierik, R.L.M. 1990. Cultivo in vitro de plantas superiores. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 326 págs.

Piven, N., Borges, I., Barredo, F., Herrera, M., Mayo, A., Alegría, D.; Herrera, J. Y Robert, M.L. 2002. Regeneración de plantas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) a partir de embriogénesis somática. Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Pospisilova, J., Ticha, I., Kadlecek, P., Haisel, D. y Plzakova. 1999. Acclimatization of micropropagate plants to ex vitro conditions. *Biologia Plantarum*. 42 (4): 481- 497.

Plan Rector del Sistema Producto Henequén en el Estado de Yucatán. (2012).136p.

Programa de Desarrollo Empresa Henequenera “Eladio Hernández León”. Cárdenas, 9 de Julio de 2007.

Rodríguez, I., Abreu, E.O., González, G., Sosa del Castillo, M. y Fragela, M. 2015a. Evaluación del uso del bioestimulador del crecimiento Fitomas-e® en el cultivo de plantas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) En fase de vivero. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

Romero, G. 2008. Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios. Curso experto universitario en biotecnología aplicada a los alimentos. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Tlaxcala. México.

Silos-Espino, H., Tovar-Robles, C.L., González-Cortés N., Méndez-Gallegos S.J. y Rossel-Kipping, D. 2011. Estudio Integral del Maguey (*Agave salmiana*): Propagación y Valor Nutricional. “Revista Salud Pública y Nutrición” Edición Especial5: 75-82.

Sosa del Castillo, M., Alemán, S., Pérez, Y., Abreu, E., Sosa del Castillo, D., González, G. 2014. Caracterización de la lámina foliar de plantas de *Agave fourcroydes* Lem. obtenidas por propagación asexual. *Biotecnología Vegetal*. 14 (1):37-44.



---

CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Sosa, M.2011. Evaluación en vivero del comportamiento de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem) procedentes de diferentes vías de propagación. Matanzas. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.

Tavares, L.F., Magalhaes, J.R., Ariano, M.P. and José, A.R. 2004. Indirect organogenesis of rice explant from meristematic region of shoot tips. *Bras. Agrobiencia*, 10 (2): 203-207.

Valenzuela-Sánchez, K.K. 2006. Plant Regeneration Of *Agave tequilana* by Indirect Organogenesis. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 42: 336–340,

Villegas-Silva, P.A., Toledano-Thompson, T., Canto-Canché, B.B., Alfonso Larqué-Saavedra, A. and Barahona-Pérez, L.F. 2014. Hydrolysis of *Agave fourcroydes* Lemaire (henequen) leaf juice and fermentation with *Kluyveromyces marxianus* for ethanol production. *Biotechnology*. 14:14.

Yanes, A. 2015. Evaluación del efecto del fertilizante foliar “Plantos verde” en el crecimiento y desarrollo de plántulas de henequén (*Agave ourcroydes* Lem.) En la fase de previvero. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.



---

*CD de Monografías 2017*

*(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”*

*ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X*