

EL HENEQUÉN. CULTIVO IMPORTANTE DESCONOCIDO, CON FUTURO PROMISORIO.

Dr C. Gerardo González Oramas y Dr C. Enildo Abreu Cruz.

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

Resumen.

La FAO declaró el 2009 como el Año Internacional de las Fibras Naturales con el fin de dirigir la atención al aporte de estas a la seguridad alimentaria, a la lucha contra la pobreza y a la protección del medio ambiente. Con este trabajo se propone contribuir a la divulgación de las características agromorfológicas y genéticas del henequén unido a sus potencialidades como fuente de materia prima para la agricultura, la industria textil y químico-farmacéutica.

Palabras claves: Agave; Henequén; Fibras Naturales.

Introducción.

Los agaves son plantas que desempeñan un importante papel en la conservación del suelo, además son fuente de materia prima para la industria, agricultura y producción de fármacos. Sin embargo, su principal atributo para el futuro podría ser su tolerancia a la escasez de agua. (González et al., 2004)

A partir de 1960 se incrementó el uso de fibras sintéticas, y las naturales perdieron espacio en el mercado (Alemán et al., 2002). Por tal motivo en la actualidad los productores y fabricantes de fibras naturales afrontan el reto de crear y mantener los mercados en los que puedan competir con eficacia contra las sintéticas y en algunos casos ello ha requerido de investigación básica y de desarrollo para facilitar el uso de las fibras naturales en aplicaciones nuevas.

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.

El henequén continua siendo un cultivo altamente productivo en áreas ecológicas limitantes por escasez de agua y suelo (Colunga, 1998), y al igual que otros representantes del género *Agave*, es un clon pentaploides ($n=30$) con reducida fertilidad (Piven et al., 2001), donde la escasa reproducción sexual que pudiera ocurrir es excluida por la práctica habitual de cortar la inflorescencia (Peña et al., 1997), para evitar la influencia negativa que la floración causa a la calidad de la fibra.

Adquirir una tonelada de fibra de esa planta cuesta al país mil 293 dólares, sin incluir los pagos agregados por fletes de transportación y gastos en descarga, mientras que por producirla aquí se invierte 507 en moneda convertible.

Desarrollo.

El henequén representante del Género Agave.

El henequén pertenece al género Agave, el cual es derivado de una palabra griega que significa noble y que fue usada por Linneo, para designar un grupo de plantas que actualmente incluyen el henequén y otros agaves de fibras duras (Saldívar, 2005).

El centro de origen y diversidad del género Agave está limitado a México (Colunga, 1998), sin embargo, después del siglo XVII, se distribuyeron prácticamente por todas las áreas subtropicales del mundo, fundamentalmente con propósitos ornamentales.

Clasificación botánica.

El género Agave, es un miembro de la familia Agavaceae, orden Asparagales (Skinner, 2006). Este género consta de 136 especies, que han sido ubicadas dentro de este grupo por sus características similares, aunque este sistema es debatido y posiblemente no refleje las relaciones parentales naturales.

Los agaves se encuentran ubicados en una familia independiente, en la familia Agavaceae. Esta familia se divide en seis tribus perteneciendo los agaves a la tribu Agaveae la cual comprende el género Agave L. Este género resulta un poco complejo ya que incluye un gran número de especies las que se dividen en tres subgéneros siendo el Agaveae en el que se encuentra el henequén, por tener presente las características siguiente: fibras largas, flores que aparecen en racimos grandes colocados en el extremo de las ramas y en forma de candelabro de una gran panícula (Judd, 2007).

Características botánicas.

Raíces.

El henequén como planta monocotiledónea concuerda con otras de esta clase al poseer un sistema radical fibroso desparramado, formando penachos sin raíz principal que se encuentra entre los 30-40 cm. de profundidad. Las raíces surgen adventiciamente desde la base de las cicatrices de las hojas en el fondo del tallo y se clasifican en portadoras y alimentadoras en dependencia de su función (Cuba. MINAG, 1992).

Rizomas.

Los rizomas son tallos subterráneos en cuyo ápice hay una yema que, al emerger, produce una nueva planta conocida como vástago. Estas plantas, producidas asexualmente, se mantienen unidas a la planta madre hasta que son cortadas para emplearse en la siembra de las nuevas plantaciones. Esto constituye la manera más común de propagación del henequén. (Eastmond et al., 2000).

La planta de henequén alcanza una altura de 1.30 m, su diámetro central es de 20 cm. en el momento en que la planta está lista para su explotación (4 - 5 años de edad), período a partir del cuál el diámetro no aumenta más, ocurriendo solamente el crecimiento en su parte inferior. El eje central constituye la parte de la planta donde se insertan las hojas, donde hay una gran acumulación de sustancias de reserva.

Meristemo

El meristemo es la zona de la planta que se encuentra situada en la parte superior del tallo y que por división celular es la encargada del crecimiento, conjuntamente con el extremo de las raíces y los brotes laterales.

Hojas.

Las hojas tienen forma lanceolada con una espiga en el extremo apical. Aunque algunas plantas como *A. cantala* Roxb. tienen sus hojas largas, estrechas y flexibles, ellas son generalmente gruesas y suculentas con un parénquima esponjoso especializado en la reserva de agua, adaptadas a un bajo régimen hídrico; el aspecto externo de las hojas es glauco, con los bordes lisos como en algunas formas de *A. cerulata* Trel; pero son más frecuentes los bordes espinosos, con diferentes formas y numerosas espinas. Las hojas se desarrollan a partir de la región meristemática del ápice del tallo, formándose varias yemas por año, en forma espiral, lo que da lugar a la roseta (Robert et al., 1992).

Inflorescencia.

Otero (2000) cita a Zayas en 1921 el cuál describe que la inflorescencia es en racimo, cuyas flores se agrupan sobre un escapo que sale del centro de la planta. La floración del henequén tiene lugar después de los 6-10 y hasta 20 años, según la especie y el país donde se desarrolle. Lo más común es observar que el henequén emite el escapo floral al final de su ciclo vegetativo, esta etapa se observa cuando las hojas más jóvenes forman una roseta apretada y estas son estrechas y afiladas y se van cortando a medida que comienza a emerger en el centro de la planta dicho escapo floral.

Las flores, son polinizadas principalmente por murciélagos; este proceso, sin embargo, parece ser muy ineficiente ya que en los frutos que se forman se encuentran muy pocas semillas maduras y éstas, a su vez, tienen un bajo porcentaje de germinación. Lo anterior, junto con la práctica de cortar los varejones tan pronto como emergen, reduce al mínimo la producción de semilla y la generación de nueva variabilidad en las poblaciones; asimismo, contribuye a la dificultad de establecer programas de mejoramiento genético (Eastmond et al., 2000).

Fruto y semilla.

Las flores dan origen a un fruto en forma de cápsula carnosa de color verde que al madurar ennegrece dentro de este fruto aparecen las semillas en número de 100 - 150 las cuales presentan apariencia papirácea, de forma triangular y de color negro cuando son fértiles.

Bulbillos.

Debajo del pedúnculo floral se localizan yemas que, al abortar la flor, dan origen a pequeñas plantas completas de origen asexual, denominadas bulbillos. En condiciones óptimas se producen entre 800 y 900 bulbillos por varejón. Por razones relacionadas con la práctica tradicional del cultivo del henequén, estos bulbillos no son empleados como material de siembra (Abreu et al 2007b), además de que en Cuba la inflorescencia es

afectada por la secadera del varejón lo que impide la formación de este tipo de estructura asexual.

Importancia económica del género Agave.

El uso de Agave es amplio, incluyendo la preservación del paisaje y la erosión del suelo, pero su mayor importancia económica recae sobre el principal producto extraído de las hojas del henequén, y el de mayor utilidad en la industria textil, que son sus fibras las cuales son utilizadas tanto en México como en Cuba, en la fabricación de sogas, jarcias, cordeles y otros productos, (Robert et al., 1992), aunque algunos autores consideran que la calidad de su fibra es inferior a la del sisal.

La fibra de henequén se utiliza en la confección de alfombras, aparejos de tiro para carretas, para la confección de forros de cables, excelentes por su flexibilidad y duración, así como por su resistencia al calor y a los insectos, además, se fabrican hamacas y sombreros, cestos y sacos de todas clases.

La fibra del henequén también se utiliza para hacer hilos agrícolas ("baler twine") para empacar y para engavillar el "bander twine"; hilos comerciales de uno o más cabos, como es el tipo banco o sin aceite y el aceitado para jarcias y sacos.

Otros usos: (Martínez et al., 2007)

Para reforzar las placas de yeso, lo cual las hace más fuertes y resistentes, además, proporcionan excelentes resultados en las correcciones sonoras de las habitaciones destinadas a la música.

Mezcla con fibra de vidrio para paneles de relleno utilizable a escala mundial para la confección de viviendas de urgencia en caso de catástrofes naturales.

Para recubrimiento de pisos, objetos de artesanía, cordeles de usos especiales recubiertos de plásticos y sacos para envasar todo tipo de producto.

Para la elaboración de hilos comerciales como el plygood, cables costales, telas para enfardelar, hamacas, bolsas, etc. Carranca (s.f.).

Del henequén suelen extraerse algunos subproductos importantes como la pasta de papel, abono, e incluso alcohol a través de la fermentación del jugo de la pulpa.

Producción de biogás el cual puede ser utilizado como energía en la misma desfibadora, con vistas a generar electricidad como motor de gas y para usarlo en el secado de la fibra.

Alimentación de ganado, utilizando la pulpa procedente del desfibrado que proporciona al ganado hasta un 85 % de materia seca en cada ración. (Infocampo, 2008)

Extracción de ceras para uso industrial. La cutícula de la hoja tiene hasta un 0.75 % de ceras en base a peso seco.

La extracción de hecogenina, producto básico para diferentes fármacos de gran demanda mundial. La hecogenina es un esteroide de la familia de los esteroides corticoides. Estos esteroides poseen una demanda mundial de un 63 % en el consumo mundial. Ellos se usan en la síntesis de hormonas esteroidales tales como: hidrocortisona, prednisolona y triamsinolona.

Además se utiliza en la obtención de biodetergente para el fregado y lavado y como emulsionante para combustibles.

La piña del henequén posee cerca de un 30 por ciento de azúcares totales y se utiliza en la obtención de inulina (polisacárido con gran efecto en la salud humana); además, el bagazo puede aprovecharse en los tableros aglomerados

Todo lo planteado anteriormente hace que la producción del cultivo sea importante, además que la cantidad de subproductos que de él se obtienen permite que la planta pueda ser aprovechada integralmente.

Diversidad genética del henequén.

Una exploración etnobotánica efectuada entre 1985 y 1987, en varias localidades del estado mexicano de Yucatán (Colunga, 1996) indicó que la diversidad del henequén había decrecido dramáticamente desde los inicios de este siglo, donde sólo tres de las siete variedades descritas previamente se encontraron (Vargas et al., 2009), siendo la predominante de estas la Sac Ki o henequén blanco.

En Cuba fue introducido alrededor de 1850 por los monopolios estadounidenses con el objetivo de lograr precios bajos para la compra de la fibra (Carrión, 1988), siendo esta la razón fundamental de la expansión de este cultivo en el país. Existen reportes de que además del *Agave fourcroydes* se introdujeron entre otras especies *Agave letonae*; *Agave decipiens*; *Agave mayana*, por lo tanto estas referencias sugieren que es posible encontrar variabilidad dentro de las plantaciones de henequén, esto de ser cierto permitirá establecer con mayor éxito un programa de mejoramiento genético basado en una selección continua y propagación de individuos con características distintivas.

El proceso de fitomejoramiento por cruzamientos controlados es muy difícil de efectuar en especies con un ciclo de vida largo y una ineficiente reproducción sexual (Infante et al., 2007) como es el caso del henequén. Esta es una especie que produce entre 15 y 20 hijuelos durante su ciclo de vida (Garriga et al., 2006), lo que permite disponer de suficiente material para mantener las poblaciones, sin embargo, esto no es suficiente para establecer un programa de selección y mejoramiento (González et al., 2003).

La variabilidad genética de los agaves ha sido poco estudiada (Colunga et al., 1999) y la variación preexistente dentro de las plantaciones es totalmente desconocida, por lo que se carece de criterios de selección, aunque estudios recientes evidencian la existencia de variabilidad en plantas propagadas por la vía tradicional. (González et al., 2003).

Por una parte, es importante generar líneas clonales genéticamente estables; pero por la otra, 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.

Por ello, 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., 2002).

Ciclo de vida y reproducción.

Las plantas del género *Agave* tienen un período de vida entre 8 a 25 años de acuerdo a la especie, producen hojas nuevas constantemente hasta que alcanzan la madurez sexual, floreciendo solamente una vez en su ciclo de vida, algunos *Agaves*, del grupo de las *Polycephalae* (*A. celsii* Hook.) son perennes y florecen repetidamente, el eje de la inflorescencia es excéntrico y parte de las axilas de las hojas. Las flores se desarrollan en el extremo del eje de la inflorescencia, muchas son espectacularmente grandes como en *A. americana* L. que puede alcanzar de 9 - 10 m de altura, cuando esta inflorescencia se seca ha concluido el ciclo de vida de esta planta.

La propagación del henequén se realiza de diferentes formas: reproducción sexual por medio de semillas y de forma vegetativa.

En cuanto a la propagación por semillas la inmensa mayoría de los autores coinciden en señalar que esta no es la más adecuada, por ejemplo Otero (2000) no la recomienda pues según él se necesita mucho tiempo para el desarrollo de nuevas plantas, señalando que las semillas de los *Agaves* se usan raramente, debido a que las plantas no las produce, a menos que las flores se polinicen artificialmente y que la propagación se realice por medio de vástagos o retoños, también plantea que las plantas obtenidas no son de tamaño uniforme.

Vías de propagación asexual del henequén:

Rizomas.

Los rizomas son tallos subterráneos, carnosos y blancos que brotan de la base de la planta, variando en grosor y longitud, poseen numerosas hojas escamosas pequeñas que protegen los brotes que posteriormente producen retoños. El brote terminal del rizoma da lugar aproximadamente después de un año a un retoño el que forma raíces adventicias, pudiendo así independizarse de la planta madre. (Otero 2000)

Bulbillos. (Cuando se corta el varejón)

Los bulbillos surgen de pequeños brotes protegidos por brácteas. Cada bulbillo es una plántula que posee de 6-8 hojas reducidas con un sistema radicular rudimentario, un escapo floral puede producir hasta 150 bulbillos según el Instructivo Técnico del cultivo (Otero 2000).

Bulbillos del escapo floral.

Debajo del pedúnculo floral se localizan yemas que al desprenderse de la flor o fruto dan origen a pequeñas plantas completas de origen asexual y que producen en condiciones óptimas entre 800 y 900 bulbillos por varejón. (González et al., 2007)

Propagación in vitro.

Se basa en el principio de que toda célula vegetal tiene la información genética para generar un organismo completo y para que la célula pueda expresar este potencial es necesario que se le proporcionen las condiciones medioambientales adecuadas, utilizando principalmente medios nutritivos de composición definidas en recipientes de vidrio y condiciones asépticas en todas las etapas de propagación. (Medero et al., 2000).

Existen pocos reportes sobre la micropropagación de especies de Agave a partir de brotes regenerados de callos. Groenwald et al. (1977) fueron los primeros en regenerar plantas de una especie indefinida. Otros autores (Madrigal et al., 1989) han desarrollado la micropropagación vía organogénica en henequén usando varias fuentes de explantes en medio de cultivo.

En el género Agave la mayoría de trabajos realizados sobre el cultivo de tejidos vegetales han fijado como principal objetivo la propagación masiva de los mismos, ya sea mediante la producción de brotes adventicios (organogénesis) ó por la proliferación de yemas axilares, utilizando especies de importancia económica ó de interés comercial.

Robert et al., (1999) reportaron la producción directa de brotes por medio de organogénesis en *A. fourcroydes*. En otro trabajo realizado con la misma especie Madrigal et al., (1989) lograron la producción de brotes organogénicos.

Powers y Backhaus (1989) produjeron brotes a partir de callo de la especie *A. arizonica*.

Binh et al., (1990) realizaron micropropagación por medio de la proliferación de yemas axilares en tres especies : *A. cantala*, *A. fourcroydes* y *A. sisalana*.

Por otra parte, Castro-Concha et al., (1990) lograron la proliferación de yemas axilares en *A. tequilana*. Otros trabajos en donde se tuvo como repuesta morfogenética la proliferación de yemas axilares son reportados por: Das (1992) con la especie *A. sisalata* y Rodríguez-Garay et al., (2003) con *A. schidigera*.

La embriogénesis somática, un sistema de regeneración más eficiente, se logró en el Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas (González et al., 2002) Este proceso en henequén, podría potenciar la producción de plantas (propagación masiva, semilla artificial) y permitirá que se establezca, un protocolo de vital importancia para futuros trabajos de transformación genética.

Conclusiones.

Como puede deducirse de los acápites tratados el tema no se agotó, pero se logra divulgar a través de un material sintetizado las características agromorfológicas y genéticas del henequén unido a sus potencialidades como fuente de materia prima para otras producciones que permiten sustituir importaciones.

Bibliografía.

- Abreu E.; **G. Gonzalez**; P. Rodríguez; R. Domech y M. Garriga. 2007a Evaluación de vitroplantas de henequén (*Agave fourcroydes*) Durante fase de aclimatización. **Cultivos Tropicales** 28(1)
- Abreu E; **G. Gonzalez**; P. Rodríguez; R. Domech y M. Garriga. 2007b Evaluación de vitroplantas de henequén (*Agave fourcroydes*) durante fase de aclimatización. **IIEA-Producción Vegetal** 103 (2) 65-75.
- Alemán Silvia, Gerardo González, Felipe Barredo. 2002 Estudio histológico de la embriogénesis somática en henequén. Revista Biotecnología Vegetal. Vol. 2. N° 1. Pp. 51-56, enero-marzo.
- Bhin, L.T.; Muoi, L.T.; Oanh, H.T.K.; Thang, T.D y Phong, Y.D.T. 1990. Rapids propagation of Agave by in vitro tissue culture. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 23: 67-70.
- Carrión, M. 1988. El henequén como planta productora de fibras duras . Boletín 15:7-29.
- Castro-Concha, L., Loyola-Vargas V.M., Chan J.L., Robert, M.L. 1990. Glutamate deshidrogenasa activity in normal and vitrified plants of *Agave tequilana* Weber propagated *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 22: 147-151.
- Colunga-García Marin P. J. Coello-Coello L. E. Eguiarte D. Piñero 1999 Isozymatic variation and phylogenetic relationships between henequén (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *A. angustifolia* (Agavaceae). *American Journal of Botany* 86: 115-123
- Colunga-GarcíaMarín, P.1996. Origen, variación y tendencias evolutivas del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). Ph.D. dissertation, Instituto de Ecología-UACPyP/CCH, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Colunga, P.S. 1998 Origen, variación y tendencias evolutivas del Henequen (*Agave fourcroydes* Lem).Bot. Soc. Bot. México 62: XX-XX.
- Cuba. MINAG. 1992. Instructivo Técnico del cultivo del Henequén.
- Das,T. 1992. Micropropagation of *Agave sisalana*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 31:253-255.
- Eastmond A. J. L. Herrera M. L. Robert 2000 La biotecnología aplicada al henequén: alternativas para el futuro. CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.), Mérida, Yucatán, México. : p. 17-25.
- Garriga Caraballo Miguel, Silvia Alemán García, Gerardo González Oramas 2006. Influencia del estado físico del medio de cultivo y diferentes combinaciones de reguladores del crecimiento sobre la formación de brotes axilares en *Agave fourcroydes* Lem. Biotecnología Vegetal Vol. 6, No. 1: 3 – 7.

- González Oramas Gerardo, Silvia Alemán García, Miguel Garriga, Rodobaldo Ortíz, Carlos de la Fe 2007. Radiosensitivity to gamma rays (60Co) in shoot tips of henequen. *Biotecnología Vegetal* Vol. 7, No. 2: 115 - 117, abril - junio.
- González Gerardo, Silvia Alemán, Felipe Barredo, Miguel Keb, Rodobaldo Ortiz, Enildo Abreu, Manuel L. Robert. 2004. Una alternativa de la recuperación henequenera de Cuba, mediante el uso de técnicas biotecnológicas y moleculares. *Biotecnología Aplicada* 2004, Vol. 21 N^o 1 44-49.
- González, G.; Alemán, S.; Infante, D. 2003. Asexual genetic variability in *Agave fourcroydes* II: Selection among individuals in clonally propagated population. *Rev. Plant Science* (165): p.595-601.
- González Oramas Gerardo, Silvia Alemán García, Felipe Barredo, Manuel L. Robert Días. 2002 Embriogénesis Somática en henequén. *Revista Biotecnología Vegetal*. Vol. 2. N^o 1. pp. 3-8, enero-marzo.
- Groenewald, E.G.; Wessels, D.C.J.; Koeleman, A. 1977. Callus formation and subsequent plant regeneration from seed tissue of an *Agave* species (Agavaceae) *Z. Pflanzenphysiol* 21(4). pp. 369-373.
- Infante, D., Osorio, M., Molina, S. and González, G. 2007. Genetic improvement of asexually propagated plants. *Acta Hort.*(ISHS)738:721-727.
- Infante, D; González, G; Peraza-Echeverría. 2002. Asexual genetic variability in *Agave fourcroydes*. *Rev. Plant Science* (164): p.223-230.
- Infocampo 2008. Henequén Usos alternos. *Gaceta de Yucatán*. Año 2 Nro 20 Marzo/Abril.
- Judd, W. S.; C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens, M. J. Donoghue (2007). «Agavaceae», *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, Third edition*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, pp. 268-269. [ISBN 978-0-87893-407-2](https://doi.org/10.1017/9780878934072).
- Madrigal, L.R., Pineda-Estrada, F., Rodríguez de la O, J. 1989. *Agave*. In Philip V. A., David A. E., William R. S., Yashpal P.S. B. *Handbook of Plant Cell Culture*. Vol.5: 206- 220. Ornamental Species. MacGraw-Hill Publishing Co. New York.
- Martínez-Hernández A, Pastrana-Chávez J, Sánchez-Villarreal A, Lara-Reyna J, Herrera-Estrella L, Herrera-Estrella A, Martínez de la Vega O, Simpson-Williamson J. 2007. Colegio de Postgraduados, campus Campeche. Nicaragua 91 3er. Piso Col. Sta. Ana Campeche, Camp. Consultado marzo 30 de 2008 CINVESTAV campus Gto. versión html del archivo http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/biotecnologia/p1_resumen.pdf.
- Medero, V.R. *et al.* 2000. Embriogénesis somática a partir de meristemos axilares en yuca. *Biotecnología Vegetal*. No. 1: p21-26.

- Otero, R. 2000. El Henequén como planta textil. [en línea] enero 2000. Consultado en: <http://www.utm.mx/temas-ducs/e0239pdf>. [Consulta: mayo 24 2004].
- Peña, E, González G, Berrilo A, Sosa D, Arteaga M, Rittoles D, Pérez D, Torriente Z 1997 Tecnología para la propagación del Henequén a gran escala. Rev. Jardín Botánico Nacional 17-18: 169-176.
- Piven, N.; Barredo, F.; Borges, I.; Herrera, M.; Mayo, A.; Herrera, L.; Robert, M. 2001. Reproductive biology of henequén (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *Agave Angustifolia* (Agavaceae). i. Gametophyte development. American Journal of Botany. 88:1966-1976.
- Powers, D. E.; Backhaus, A. 1989. *In vitro* propagation of *Agave arizonica* Gentry and Weber. Plant Cell Tissue Organ Culture 16: 57-60.
- Saldívar, C H 2005. Los exploradores del medio ambiente consultado Junio 10 2008, en: <http://mixteco.utm.mx/temas-docs/e0923.pdf>
- Skinner, M. W. The PLANTS Database, 6 March 2006. Data compiled from various sources National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. consultado Enero 12 2009, en: <http://plants.usda.gov>
- Robert. M. L., Herrera, J. L., Chan J. L. and Contreras, F. 1992. "Micropropagation of *Agave* spp." In: Y.P.S. Bajaj, (ed.) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol.19, Springer-Verlag, p. 306-329.
- Robert, M.L.; Ortiz, R. Y Herrera, J. L. 1999. *In vitro* and ex vitro weaning: A key factor for field performance of micropropagated henequen (*Agave fourcroydes* Lem.) En: Cassals, A. (ed). *Methods and Markers for Quality Assurance in micropropagation*. Cork Ireland. University College.
- Rodríguez-Garay, B., F. Santacruz-Ruvalcaba & L. Portillo. 2003. Regeneration of *Agave tequilana* Weber var. azul plants using indirect somatic embryogenesis. Patente número de publicación internacional: WO 03/039244 A1, 15 de mayo de 2003. Registro IMPI JL/a/2001/000023 (prioridad: 08.11.2001), Solicitud internacional PCT/MX02/00104 (08.11.2002).
- Vargas-Ponce, D. Zizumbo-Villarreal, J. Martinez-Castillo, J. Coello-Coello, and Colunga-García Marin 2009 Diversity and structure of landraces of *Agave* grown for spirits under traditional agriculture: A comparison with wild populations of *A. angustifolia* (Agavaceae) and commercial plantations of *A. tequilana* Am. J. Botany; 96(2): 448 - 457.)