

El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem) como planta textil y su aprovechamiento integral

Roberto Otero Baña*

Resumen

El presente trabajo recoge algunos aspectos del cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem) tales como la ecología, botánica y fitotecnia, este último tema se ha ampliado lo mayor posible de forma que sirva de material para la producción de esta fibra textil. Se trata también el tema de las características de la fibra y sus usos así como de la variedad de subproductos que pueden obtenerse de esta planta. El trabajo intenta recopilar y actualizar la mayor cantidad de información existente sobre este cultivo.

Abstrait

La présente étude présente différents aspect de la culture de henequen (*Agave fourcroydes*), comme l'écologie, la botanique et les pluto-techniques. Ce dernier aspect a été développé en profondeur, ce qui fait qu'il peut servir comme ressource de production de la fibre textile. Cette étude adresse aussi le thème des caractéristiques des fibres henequen et de leur utilisation, de même que la variété des sous-produits qui peuvent être obtenus à partir de cette plante. L'article est un effort pour compiler et mettre à jour la plus grande quantité d'informations connue à ce jour sur ce sujet.

Abstract

The present study pulls together various aspects of henequen (*Agave fourcroydes*) cultivation, such as ecology, botany, and pluto techniques. The last topic has been developed to the greatest possible extent so that it may serve as a resource in the production of this textile fibre. This study also addresses the subject of henequen fibre characteristics and its uses as well as the variety of subproducts which can be obtained from this plant. The paper is an effort to compile and update the greatest possible amount of information in existence about this topic.

1. Introduccion

La industria del henequén en Cuba remonta sus orígenes a mediados del siglo XIX. Su desarrollo ha sido lento a pesar de la facilidad con que se cultiva, pues no requiere atenciones aerotécnica específicas. Esto es debido a las dificultades que se presentan con la mano de obra, ya que los terrenos en que se cultiva son pedregosos y la recolección de sus hojas es difícil por las características propias del cultivo.

El henequén es una planta textil de primer orden, sus fibras son objeto de una industria de bastante importancia en nuestro país, ya que existen algunas fábricas de sogas donde se producen también jarcias y cordeles; a pesar de esto su cultivo estaba marginado. Es en la actualidad, en nuestro país que se le reconoce pues es, además, utilizado como biodetergente, como emulsionante para combustibles, y del jugo de sus hojas se obtienen esteroides corticoides como la hecogenina que constituyen una fuente de divisas para el país.

Es por ello que el presente trabajo, intenta recopilar la mayor información posible sobre el cultivo que exista en la actualidad, con el objetivo que nos sirva como material bibliográfico en investigaciones futuras y lograr así una explotación más eficiente del cultivo del henequén.

2. Aspectos generales

2.1 Origen y difusion del henequen

La historia del origen y difusión del henequén resulta ser muy interesante. Zayas (1921) explica que la palabra henequén no es de origen maya, sino que procede de Las Antillas, quizás de Haití o de la lengua quechua, que se hablaba en el Perú y en una parte de Chile.

Diversos autores como Ciaramello (1975) coinciden en señalar que este tipo de planta es originaria de Las Américas y reporta 300 especies. Esta afirmación se corrobora con el hecho de la llegada de los conquistadores españoles a este continente, ya los indios mayas hacían uso de esta planta y su fibra. Según Alvarez

* Laboratorio BioFam, La Habana, Cuba.

(1993) el henequén fue obtenido por selección artificial a partir del *Agave angustifolia* por los indios mayas, ellos lograron clonificar varias variedades de henequén pero los intereses coloniales y luego capitalistas impusieron la variedad "henequén blanco", que es la que se cultiva en Cuba se cultiva.

El henequén pertenece al género *Agave*, el cual es derivado de una palabra griega que significa noble y que fue usada por Linneo en 1753, para designar un grupo de plantas que actualmente incluyen el henequén y otros agaves de fibras duras, según Dewey, (1942).

En Estados Unidos el henequén fue introducido en 1838 por el doctor Henry Perrine en el estado de la Florida del cual provenía el material de siembra usado en el fomento de las plantaciones de los países donde este cultivo fue expandido. En Cuba, fue introducido alrededor de 1850 por los monopolios estadounidenses con el objetivo de lograr precios bajos para la compra de la fibra Halffter, (1957), esta es la razón fundamental de la expansión de este cultivo a otros países como son: Indias Holandesas, Este de Africa, Bahamas y Brasil. Sin embargo no es hasta alrededor del año 1900 cuando empieza a fomentarse este cultivo en Cayo Romano, Nuevitás, provincia de Camagüey, con fines de exportar su fibra siendo en Matanzas donde se comenzó la siembra del henequén en gran escala con vistas a su industrialización.

2.2 Clasificación botánica

Existen diversos criterios entre los autores en cuanto a la clasificación botánica de los agaves, así por ejemplo Taylor, (1936) expone que en la familia *Amaryllidaceae* hay un inmenso número de plantas suculentas pertenecientes al género *Agave*.

Por otro lado Mesa y Villanueva (1948) señalan 82 especies del género *agave* dentro de la familia *Amaryllidaceae*. En general, podemos decir que existen un gran número de autores que coinciden al incluir los agaves dentro de la familia *Amaryllidaceae*.

Según Remussi (1956) los clasifica como plantas monocotiledóneas del orden Liliifloras; Berger (1915) citado por Wienk (1969) plantea que los agaves han sido clasificados por botánicos sistemáticos como Endlicher, Bentham, Hooker y Pranth, en una subfamilia de la *Amaryllidaceae*, con lo cual coincide Kramer en su trabajo de 1916.

A diferencia de lo anterior, otros autores no concuerdan como esta clasificación y prefieren incluir al género *agave* dentro de la familia *Agavaceae*.

Hutchinson (1934) citado por Takhtajan (1959) unió la subfamilia *Dracenoideas*, que está relacionada con *Liliaceae* y las *Agavoideas*, la cual está a su vez relacionada con la familia *Amaryllidaceae*, en la familia *Agavaceae*, aclarando así su relación fitogenética correcta; además Wienk (1969) citando a Hutchinson (1959) plantea que en su clasificación de las monocotiledóneas, agrupa a los agaves en la familia de las agaváceas, apoyado en evidencias citológicas.

Kirby (1963) nos dice que las plantas de la familia *Agavaceae*, están relacionadas estrechamente con las liliáceas y amarilidáceas, pero se distinguen de estas por sus hábitos.

También Takhtajan (1959) coincide con Wit (1966) y Strasburger, *et al* (1971) al incluir el género *agave* en la familia *Agavaceae*, orden *Liliales*.

3. Factores ecológicos

3.1 Suelo

En cuanto a las características del suelo, se puede decir que existe bastante uniformidad de criterio entre los autores. Ya desde principios de siglo, autores como Senical (1908) considera que el henequén puede sembrarse en cualquier terreno, hasta en los áridos y estériles, siempre que no sean húmedos, pero son preferibles los suelos arenosos calizos.

Ya en 1907, en el artículo "Rendimiento de henequén". publicado por la revista La Hacienda, se planteaba que el mejor suelo para el desarrollo del henequén es el de roca porosa de coral con un poco de tierra. Dodge (1915) estima que este cultivo puede desarrollarse en suelos áridos y llenos de piedras, aunque se pueden encontrar mejores rendimientos en suelos más profundos. Por tanto el suelo más adecuado será el arenisco pedregoso y en algunos lugares roqueños.

Respecto a la fertilidad del suelo existen discrepancias; un grupo de autores como Dodge (1915), Mesa y Villanueva, (1948) y Remussi, (1956), encontraron que los terrenos húmedos o ricos se consideran inadecuados para el cultivo del henequén, debido a que se obtiene un menor rendimiento de fibras, incluso puede provocar que se produzcan fibras débiles en tensión según

Olsson (1911). También, Askinasy (1936) reporta que un suelo árido y con escasa capa de humus como el de Yucatán, solo puede desarrollarse el *Agave fourcroydes*.

Otros autores como Barba (s.a) citado por Mesa y Villanueva (1948) plantea que, aunque el henequén, crece y florece en cualquier terreno por pobre que sea, la experiencia práctica ha demostrado que esta planta no puede desarrollarse donde solo haya arena seca y mala, o tierra rocallosa desprovista de materia orgánica, aunque no se puede decir tampoco que necesite terrenos muy fértiles, esta planta se desarrolla mejor en terreno calcáreos. Edwards (1927) es más categórico al plantear que un suelo calizo blando, ligeramente descompuesto, que esté cubierto de una capa vegetal fértil, suministra las condiciones favorables para este cultivo. Además al igual que Ochse, (1961) y Jacob y Uexkul (1967), considera que debe presentar un buen drenaje.

Con relación al cultivo en nuestro país, Dewey (1941) señala que el henequén se desarrolla en Cuba en terrenos margo-arcillosos, con afloramientos frecuentes de piedra caliza. Otros terrenos donde se puede desarrollar este cultivo son los arenosos, ricos en conchas marinas, no así en los terrenos arenosos exentos de conchas o de cal.

Mesa y Villanueva (1948) coinciden con lo anterior, informan que el cultivo de esta planta se propicia en el litoral norte de la isla, por presentar los terrenos apropiados. Los terrenos de subsuelo calizo, pedregoso y con capa vegetal, semejante a los de Yucatán, los podemos encontrar en Cuba en las costas altas, aunque se pueden encontrar también hacia el interior. Estos suelos ricos en cal, de fácil drenaje, de color pardo rojizo o blanquecino, presentan un subsuelo calcáreo y poroso que permite el rápido escurrimiento de las aguas.

Mesa y Villanueva (1948) citado por Remussi (1956) señalan que esta planta se desarrolla satisfactoriamente en suelos de reacción alcalina, de baja capacidad hídrica, pobres en humus y ricos en cal, potasa, magnesio y ácido fosfórico.

3.2 Clima

Los agaves no son exigentes al agua y prosperan bien en clima seco, aunque cierto grado de humedad los favorece mucho. Macmillan (1935) plantea que el henequén es capaz de vivir en este clima gracias a su resistencia a la sequía.

Este cultivo se encuentra ubicado entre los 15-25 grados de latitud norte aproximadamente según lo planteado en el instructivo Técnico del cultivo (CUBA. MINAGRI, 1986). Por lo tanto fuera de las áreas tropicales, las plantas de henequén son muy escasas. Wienk (1969). Igual criterio tiene Dewey (1941) al plantear que mientras más cálido es el clima más parece favorecer a este cultivo, ya que son especies de regiones áridas incluso desérticas donde pueden crecer con poco o ningún cuidado Bailey (1900); a pesar de esto el henequén es muy sensible a las heladas según Schery (1956).

Un elemento del clima lo constituye el viento, que cuando es fuerte, es considerado perjudicial para el cultivo, debido a los destrozos que producen las espigas que poseen las hojas de estas plantas al golpearse unas con otras según el Instructivo Técnico del henequén. CUBA. MINAGRI, 1986.

3.3 Temperatura

El henequén puede soportar temperaturas atmosféricas elevadas, según Webster y Wilson (1968) esto es debido a la capacidad que presenta dicha planta de resistir la sequedad. Si las temperaturas fluctúan entre 27 y 32 grados celsius y no bajan de 16 grados celsius, el cultivo encuentra condiciones adecuadas para su desarrollo.

Barba (1893) citado por Riquelme (1929) informa que las zonas de producción de fibras de henequén en Yucatán, acusan un promedio de temperaturas no inferior a 86° F (30° c), con un máximo absoluto de 104° F (40° c); aunque este cultivo admite un rango superior de temperaturas ya que su límite inferior puede llegar a 10°c. Sin embargo su ritmo de crecimiento, se vería retardado por causas de bajas temperaturas, ya que el frío reduce la actividad meristemática reduciendo además el contenido de fibras de la hoja y la emisión foliar. Coincidiendo con este criterio, Gehlsen (1939), citado por Kirby (1968) considera que esta planta puede sobrevivir a temperaturas que no lleguen a la congelación, aunque es perjudicada por temperaturas muy bajas.

3.4 Precipitación

El henequén es una planta resistente a la sequía, pero la carencia de precipitaciones afecta el buen desarrollo de este cultivo, retardando su crecimiento y le da a las hojas una consistencia que hace difícil su descortización.

En realidad no existen hasta el momento informes disponibles que permitan determinar la cantidad mínima y máxima de lluvias que puede considerarse necesaria para el cultivo. En un trabajo publicado por la revista "La Hacienda" (1906 b) se señala la particularidad que tiene el henequén de recolectar el agua de rocío o lluvia, la cual al formar gotas sobre las pencas, corre hacia abajo y es absorbida tanto por las raicillas como por los tejidos en la base de esta planta.

Edwards (1927) informa que esta planta puede resistir períodos largos de sequía, su desarrollo será muy lento en estas condiciones y la distribución de las lluvias es casi tan importante como la cantidad total de precipitaciones.

Ochse (1961) y Dewey (1966) reportan que el promedio anual de precipitaciones en México es de 750 mm, mientras que en Cuba llega de 1000-1200 mm. Según se plantea en el Instructivo Técnico del cultivo (CUBA. MINAG, 1986), las precipitaciones más adecuadas para el henequén se encuentran entre 1200-1800 mm al año con una distribución para proporcionar un estímulo constante a la producción de hojas.

4. Características botánicas

4.1 Raíces

El henequén como planta monocotiledónea concuerda con otras de esta clase al poseer un sistema radicular 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 le fondo del tallo y se clasifican en portadoras y alimentadoras en dependencia de su función (CUBA. MINAG, 1986).

Raíces portadoras: Son las llamadas elemento de apoyo, tienen como función agarrarse del suelo, son largas y bien ramificadas, se extienden radialmente desde la base de la planta con un diámetro de 2-4 mm, su apariencia es rugosa de color pardo debido a la suberización de la capas de células fuera del endodermo. Cuando las condiciones del suelo son favorables para su desarrollo pueden extenderse horizontalmente hasta 3 m y alcanzar profundidades de hasta 1.5 m.

Raíces alimentadoras: Son las encargadas de tomar el agua y los nutrientes contenidos en el suelo, poseen un diámetro de 1-2 mm, surgen de la raíces portadoras, son blancas, finas y tiernas. A medida que se alargan se van suberificando y posee un tejido exterior o capa vellosa con numerosas células elongadas o vellos radiculares.

4.2 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 producirán 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.

4.3 Tronco o tallo

El tronco o tallo del henequén alcanza una altura de 1.30 m, su diámetro 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 cual el diámetro no aumenta más, ocurriendo solamente el crecimiento en su parte inferior.

Al realizar un corte longitudinal de este órgano se observa que está compuesto por un tejido fibroso blanco no diferenciado con muchas fibras toscas diseminadas al azar, presentando en su parte superior debajo del meristemo, tejido menos fibroso de una coloración blanca y muy succulentos.

El tronco constituye el eje de la planta donde se insertan las hojas y es un órgano donde hay una gran acumulación de sustancias de reserva.

4.4 Meristemo

El meristemo es la zona de la planta que se encuentra situada en la parte superior del tronco y que por división celular es la encargada del crecimiento, conjuntamente con el extremo de las raíces y los brotes laterales. Las hojas no presentan células apicales o meristemas, su crecimiento está confinado exclusivamente a su base.

4.5 Hojas

La hoja del henequén es en forma de roseta, generalmente fuertes, carnosas y perennes, con los bordes den-

tados y el ápice terminado en una aguda espina (Bailey, 1900) y (Kirby, 1963).

Según Peniche (s.f) citado por Zayas (1921), las hojas son sésiles, largas y carnosas, un poco estrechas cerca de la inserción y acanaladas; forman con el tallo, un ángulo cada vez más cubierto a medida que son más inferiores. Himmelfarb (1957) añade que la plantas adultas desarrollan de 50-100 hojas grises; cada una de ellas con una longitud de 3-6 pies y un ancho de 4-6 pulgadas, también señala la presencia de una espina terminal y otras marginales en relación con esto último Ochse (1961) informa que estas son curvas, tienen de 0.3-0.5 cm de longitud y están espaciadas unas de otras en los márgenes de 1-3 cm; además, en la mitad apical de la hoja las espinas se dirigen hacia el ápice y en la mitad basal hacia abajo, estas espinas son perpendiculares al eje de la hoja.

Las hojas contienen cerca del 90% de los jugos y estas se mantienen rígidas debido a que la pulpa filamentososa que está contenida en ella, es muy firme Dewey (1941).

Kramer (1916) señala que la hojas al igual que las raíces, poseen una gran cantidad de mucilagos que retienen agua, es por ello que esta planta puede resistir largos períodos de sequía.

4.6 Inflorescencia

Zayas (1921) describe la inflorescencia planteando que es en racimo cuyas flores se agrupan sobre un escapo que sale del centro de la planta; el perianto es simple, epígeno y sepaloide, formado por seis lacinias arregladas regularmente en dos verticilos trímeros, alternando con seis estambres opuestos a las lacinias del perianto e insertas en su base, con anteras biloculadas, introrsas y un estilo simple y grueso, terminado en un estigma también simple; ovario ínfero de tres lóculos, óvulos campilotropos. biseriados en cada lóculo; el fruto es una cápsula polisperma de dehiscencia loculicida.

Según Blanxart (1954) la floración del henequén tienen 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.

En cuanto a la altura se plantea que el tallo floral puede alcanzar hasta 8 m (Ochse, 1961); mientras que otros autores plantean diferentes alturas.

La polinización ocurre cuando los estambres vierten su polen 2-3 días antes que el estilo se alargue completamente y su estigma haya producido un exudado pegajoso, para más tarde volverse receptivo.

4.7 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.

4.8 Bulbillos

Los bulbillos surgen de pequeños brotes protegidos por brácteas. Cada bulbilo es una plántula que posee de 6-8 hojas reducidas con un sistema radicular rudimentario, un escapo floral puede producir hasta 1500 bulbillos según el Instructivo Técnico del cultivo (CUBA. MINAG, 1986).

4.9 Fibras. Descripción botánica

Las fibras vegetales se obtienen del tejido de esclerénquima. García (1930) plantea que el esclerénquima es un tejido formado por células alargadas y yuxtapuestas, sin meatos ni lagunas, y cuyas membranas se lignifican; no tienen núcleos ni citoplasmas, de modo que son células

mueren y es más, su cavidad interna puede llegar a obliterarse como resultado de su mismo espesamiento.

Sin embargo todas las fibras vegetales, en su estado natural de madurez, están formadas al salir de la planta por una célula viva según Carreras (1940).

Gola *et al.*, (1959) señalan que en las células esclerenquimatosas jóvenes existen el plasma y el núcleo cuando las membranas están en vías de engrosarse, más tarde se reabsorbe el contenido celular y el esclerénquima realiza solo función mecánica. Holman y Robbins (1961) coinciden con lo anterior al plantear que después que las fibras han alcanzado su talla completa y sus paredes el máximo espesamiento, los protoplastos mueren.

Las fibras del esclerénquima son definidas por Strasburger *et al.*, (1968) como células prosenquimáticas, fusiformes, con frecuencia muy alargadas y con extremos muy agudos, y que se hallan provistas de escasas puntaduras. Estas células alcanzan longitudes extraordinarias considerando su escaso diámetro, ya que por término medio miden de 1-2 mm.

4.10 Caracteres de las fibras

Según Souza (1940) el henequén produce fibras de hebras gruesas, ásperas, resistentes, gomosas y de color blanco.

Las fibras del henequén se componen de hebras de 60-160 cm de largo por 1/8 a 1/2 mm de diámetro, angulares o casi cilíndricas y más gruesas en la base. Cada hebra consiste en un haz fibrovascular o comúnmente de dos haces los que a su vez están compuestos de infinidad de células largas de tabiques gruesos, que según señala Blanxart (1954) presentan una longitud de 2-5 mm y de 10-30 micrones de diámetro.

Olsson (1911) plantea que cuando la hoja toma posición horizontal en lugar de la perpendicular que tenía es por que la firmeza de su fibra llega al máximo. Dicha

firmeza se explica por la estructura de las hebras en la hoja, según expone Zilinsky (1964).

La composición química de las fibras de henequén según el "Handbook of textile fibres" (1954) citado por Himmelfarb (1957) es la siguiente.

Celulosa	Humedad	Ceniza	Lignina y Pectina	Estratos
77.6%	4.6%	1.1%	3.1%	3.6%

5. Fitotecnia del cultivo

5.1 Vías de propagación

La propagación del henequén se realiza de diferentes formas.

Una de estas formas es mediante la reproducción sexual, por medio de semillas, la otra es la vegetativa por medio de retoños, producidos por los rizomas y por medio de los bulbilos que son yemas aéreas encontradas en el escape floral.

Se han realizado diversos estudios con el objetivo de conocer que tipo de propagación es el más adecuado para lograr mayor desarrollo y productividad en más corto tiempo en el henequén. En este sentido existen discrepancias de criterios. Sin embargo 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 Zayas (1921) no la recomienda pues según él se necesita mucho tiempo para el desarrollo de nuevas plantas.

Un criterio único es el planteado por Taylor (1936) el cual señala que las semillas de los agaves se usan raramente, debido a que la plantas no las producen, a menos que las flores se polinicen artificialmente y que la propagación se realiza por medio de vástagos o retoños que se originan en la base de las viejas plantas antes de que estas florezcan. Remussi (1956) señala que la propagación por semilla no se utiliza ya que las plantas obtenidas no son de tamaño uniforme.

Es por eso que la semilla del henequén solo se usa en trabajos experimentales relacionados con el mejoramiento genético como por ejemplo de ello tenemos la obtención del híbrido "11648" en la Estación de Milingano, Tanzania, cuyos progenitores fueron el *Agave amaniensis* y el *Agave angustifolia*.

En cuanto al uso de las otras dos formas de propagación del henequén: bulbilos y rizomas, encontramos un criterio dividido. Por una parte Edwards (1927) plantea que hay cierta predisposición a usar los bulbilos, mientras que el empleo de rizomas o retoños es casi universal, pues las plantas crecen más robustas y son más durables. Dewey (1941) plantea que los bulbilos presentan el inconveniente de tener que mantenerse en viveros por uno o dos años antes de plantarlos definitivamente. Este mismo autor así como Mesa y Villanueva (1949) Remussi (1956) y Himmelfarb (1957) coinciden al señalar que los vástagos o rizomas están mejor nutridos que los nacidos de los bulbilos, y crecen con mejor aspecto y mayor rapidez.

Kirby (1963) hace notar que la propagación comercial del henequén se realiza mediante retoños llamados hijos basales los cuales se separan de la planta madre cuando tienen una altura de 16-24 pulgadas.

Por otro lado un grupo de autores opinan que los bulbilos son el mejor método de propagación de esta planta.

Dodge (1915) informa que los bulbilos se desarrollan en poco tiempo para ser trasplantados, y además, en un tallo se pueden producir de 1000-2000 plantas, las cuales son muy resistentes y pueden estar separadas del suelo por 5-6 meses. También Medina (1966) reporta, en trabajos realizados en Brasil, que los bulbilos son un material de plantación mucho mejor que los retoños.

La opinión en este sentido es muy contradictoria, ya que mientras que en un trabajo publicado por la FAO en 1969, se llegó a la conclusión que los bulbilos son mejores como material de propagación al producir hojas mayores y mejor rendimiento en fibra, en otro trabajo de

Lock (1969) se concluye que las plantas obtenidas de rizoma daban un mayor rendimiento en fibra significativo que las obtenidas a partir de bulbilos. Estos rendimientos fueron de 13.7 y 11,8 t/ha respectivamente.

Sin embargo, Bequer, *et al.*, (1990) no encontraron diferencias significativas en los rendimientos agroindustriales ni en los parámetros de calidad de la fibra del bulbillo y el rizoma, y recomienda el empleo de bulbillos como una alternativa en la propagación del henequén ya que tiene como ventajas: abunda más, da plantaciones más uniformes, pues tiene la misma edad fisiológica, presenta mayor velocidad de enraizamiento, todo lo cual no ocurre con los rizomas.

Actualmente en Cuba, existe un proceso de recuperación henequenera, pues el henequén ha demostrado ser una fuente de recursos. Es por ello que resurge el desarrollo y fomento de nuevas plantaciones.

5.2 Semillero

Condiciones del terreno

Para el cultivo del henequén la tierra debe prepararse con 2 meses de antelación, hasta dejarla lista, el terreno debe estar nivelado, debe tener buen drenaje interno y externo, rico en cal, de pH neutro o alcalino.

Condiciones de la postura

Se deben emplear posturas que no lleguen a un tamaño de 24 cm (21-23 cm) de altura. Las plántulas se deben seleccionar por tamaños, se separan los retoños de bulbilos de los de rizomas, se tiene en cuenta el diámetro del bulbillo y debe considerarse que el material de siembra esté libre de plagas y enfermedades.

Siembra del semillero

Según se plantea en el Instructivo Técnico del cultivo del henequén (CUBA.MINAG, 1986), la siembra debe

orientarse de este a oeste. Los canteros deben tener un ancho de 1.40 m para facilitar limpiezas manuales y un largo no mayor de 100 m y no menor de 25 m, las calles entre canteros serán de 0.90 m.

La siembra se efectúa evitando que caiga tierra en el cogollo de la planta con 3/4 partes por debajo de la superficie del terreno. Se debe mojar el terreno previo a la siembra, se debe revisar la misma periódicamente para evitar que la tierra tape los cogollos de la planta y resembrar aquellas que se desprendan. Hay que aplicar residuos de henequén bien descompuestos. En su defecto se debe utilizar tierra negra con buen contenido de humus, buen drenaje externo e interno.

La distancia de siembra será de 0.10 m x 0.10 m, aunque en el tamaño mayor (19-23 cm) debe emplearse de 0.15 - 0.10 m.

Atenciones culturales

Las atenciones culturales que se efectúan en el semillero del henequén son: riego periódico, por lo menos cada 15 días se deben realizar tantas limpiezas manuales como sean necesario, así como aplicar Diurón a razón de 5 kg/ha con una humedad suficiente, el cual tiene una residualidad de 13-15 semanas.(CUBA. MINAG, 1986).

5.3 Vivero

Condiciones del terreno

Las condiciones del suelo son las mismas que las requeridas para el semillero. Se sugiere que los viveros se hagan en una tierra abonada; se usa una capa de bagazo, del desfibrado del henequén, de 22-30 cm de espesor, la cual se deja fermentar por espacio de 45 días, después se plantan las posturas de 15-20 cm debidamente clasificadas. En un trabajo realizado por Singh *et al.*, (1985) en el sisal (*Agave sisalana* Perr.) se llegó a la conclusión que la aplicación de 45t/ha de compost en el vivero de bulbilos, produjo 31.32% mayor de hojas e

incrementó el tamaño de la hoja en 74.27%, mientras que el peso y la longitud se incrementó en un 20.30% por encima del control(sin compost).

Las posturas permanecen aviveradas hasta alcanzar una altura de 45 cm.

Condiciones de la postura

Debe venir del semillero cuando tenga de 24-26 cm (19-21 cm de altura del cogollo) y deben tener no menos de 6 hojas, las mismas no deben permanecer más de 15 días sin plantarse, durante este tiempo deben permanecer a la sombra, aereadas, sin exceso de humedad, todas deben tener la misma cantidad de hojas y estar libres de plagas y enfermedades.

En cuanto al tamaño de las posturas Bequer y Prieto (s.a) encontraron que el tamaño más adecuado, en posturas de rizoma, es el de 24-26 cm; este tamaño es el de más fácil obtención en la producción y su empleo produce un beneficio económico de 176.8 pesos/ha en relación al uso de posturas de menores tallas. Para posturas procedentes de bulbillos encontraron que el tamaño más idóneo es el de 20 cm, sin embargo los de 12-14 y 16-18 cm aventajan a los de 20 cm en su abundancia en el escape floral por lo que resultan los más adecuados y su empleo origina un beneficio económico estimado de 176.8 pesos/ha.

Además del empleo tradicional del rizoma, se plantea el desarrollo de viveros a partir de hijos florales (bulbillos).

Alvarez (1993) elaboró una metodología para el vivero de bulbillos, la cual se describe a continuación.

1 Selección de plantas madres productoras de hijos florales

Esta consiste en la selección morfológica de las mejores plantas las cuales se dejan florecer para obtener hijos florales, dichas plantas deben cumplir los siguientes parámetros:

- Óptimo estado fitosanitario y nutricional, evitando plantas con trazas de barrenador, amarillamiento, mancha atmosférica, etc.
- Plantas con un diámetro de tronco mayor de 100 cm y hojas mayores de 130 cm de largo y 8,5 cm de ancho.

En la práctica resulta mas conveniente seleccionar con alto envareamiento y luego de una chapea se recomienda:

- Seleccionar plantas que reúnan los requisitos antes señalados.
- Cortar las varetas de plantas no convenientes.
- Fumigar la plantación, fundamentalmente las plantas en floración.

2 Cosecha de hijos florales

Esta debe realizarse en el momento óptimo para asegurar que hayan alcanzado su pleno desarrollo.

Debido a que según el momento que se formaron y sus posiciones en la rama, no todos los hijos tienen el mismo tamaño; en un momento dado se recomienda cortar la vareta con hijos cuando ya veamos que los hijos de las ramas medianas (4ta. y 5ta.) tienen buen tamaño (mas o menos 12 cm), ese momento se caracteriza porque al golpear la vareta con el contrafilo del machete se gotean los hijos mas grandes y pesados.

3 Transporte y almacenamiento de los hijos florales

Los hijos florales del henequén aunque pequeños están armados de espinas marginales y apicales, es por ello que el trasiego con descuido pude hacer que las hojas de unos y otros se ocasionen no pocos daños, por lo que es recomendable su cosecha en cajas de madera o plástico. El almacenamiento de los hijos florales es algo inevitable ya que resulta imposible colectarlos y sembrarlos

ese mismo día. Mediante algunos ensayos se ha podido determinar que los hijos florales al sol se deshidratan a un ritmo que están en relación con su talla y peso inicial, así los hijos de menor talla pierden un 40 % de su peso en las primeras 24 horas, los medianos llegan a esa pérdida en 4-5 días y los mayores en 7 días. Cuando los hijos se almacenan en pequeños grupos en un lugar sombreado y areado la deshidratación se hace mas lenta y la mortalidad disminuye.

4 Clasificación y selección de hijos florales

Debido a que los hijos florales que se colectan en una vareta no tienen la misma talla y por tanto al sembrarlos no alcanzarán el tamaño adecuado al mismo tiempo, se hace necesario clasificarlos por tallas con el fin de lograr una alta productividad y una adecuada uniformidad.

5 Desarrollo de viveros a partir de hijos florales

La tarea de clasificación incluye también la de selección pues en este proceso deberán eliminarse las posturas enfermas, deshidratadas, cloróticas, con el puyón enfermo, con resinas o aserrín que demuestran ataque del barrenador y también hijos deformes.

Todo este material debe ser eliminado de las áreas de vivero cada día para evitar contaminaciones y la extensión de plagas.

Siembra en el vivero

Las posturas se plantan con los mismos requisitos que en el semillero, en cuanto a la distancia de plantación, diversos autores se refieren a este importante aspecto, entre ellos Lock (1969) y Tanganica Sisal Growers Association (1974), sugirieron el marco de plantación de 0.50 m x 0.25 m en el sisal que es una planta similar en su aspecto externo al henequén según Ustimenko-Bakumovski (1982); sin embargo Ortega *et al.*, (1974) informaron sobre el empleo de la distancia de 0.20 m x 0.33 m en Yucatán, México.

En Cuba se desconocía la distancia de plantación adecuada en el vivero, aunque el Instructivo Técnico del cultivo (CUBA. MINAG, 1986) recomendó la de 0.45 m x 0.30 m basada en el criterio empírico de los productores.

Bequer *et al.*, (s.a) obtuvo buenos resultados en cuanto a plantas de mejor calidad y beneficios económicos en el vivero con las distancias de 0.55 m x 0.20 m, además de obtener una densidad de plantas superior a la tradicionalmente empleada (0.45 m x 0.30 m).

Atenciones culturales en el vivero

Control de plantas indeseables

Para el control mecánico Hopkinson (1968) plantea que usando "mulch" de polietileno, las posturas presentan un crecimiento más rápido y un incremento de peso entre 90-98 %, mientras que la longitud de la última hoja es mayor en un 22 %.

Para el control químico Villasana *et al.*, (s.a) recomiendan aplicar Diurón a una dosis de 4kg/ha a los 20 días de la plantación y cuando la maleza tenga de 3-6 hojas verdaderas se aplica la mezcla en el tanque de Dalapón + 2,4-D a una dosis de 7.65y 2.4 kg/ha respectivamente.

Fertilización

Zayas (1921) recomienda la fertilización fosfórica durante la etapa de vivero, para obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes cuando se trasplanta la postura, también en esta fase Doughty (1938) recomienda 75 kg N/ha y 100 kg P/ha.

Bequer y Felipe (s.a) encontraron respuesta estadística a las aplicaciones de nitrógeno sobre la altura, número de hojas y peso por planta, pero el fósforo y el potasio no tuvieron efecto significativo sobre estos parámetros por lo que la dosis de 50-40-50 (kg/ha) resultaron las adecuadas en el vivero.

6. Plantación

En Cuba el henequén se ha cultivado siempre en suelos marginales donde no existe la posibilidad de realizar labor alguna, sin embargo los suelos para la plantación definitiva de este cultivo deben presentar condiciones físicas favorables, deben estar libres de plantas indeseables, mullidas y bien aireados.

Epoca de plantación

Existe cierta discrepancia en lo planteado por la literatura en cuanto a la época de plantación más idónea. Zayas (1921) y Mesa y Villanueva (1948) plantean que las plantaciones se efectúen durante los meses más secos que son Marzo, Abril Y Mayo con el objetivo de disminuir el número de limpieas. En cambio Dodge (1915) estima que la estación lluviosa es la más favorable para realizar la siembra y propone además la aplicación de un puñado de harina de semilla de algodón a cada planta y después de 2 meses de desarrollo esparcir sal y cal a razón de 17 hl/ha. Estas sustancias matarán las malas hierbas y atraerán además la humedad.

El cultivo del henequén es de secano, por eso basado en las condiciones ecológicas de Cuba, es factible su plantación en cualquier época de año, sin embargo su época óptima corresponde precisamente a los meses lluviosos para aprovechar la humedad del suelo y así la plantación puede emitir con más rapidez su sistema radical.

SARH (1982) coincide con el criterio anterior al sugerir la plantación poco antes del establecimiento de las lluvias o cuando apenas se hayan iniciado para que la nueva plantación aproveche al máximo el agua y tenga una más rápida adaptación en su lugar definitivo de desarrollo.

Material de plantación

El material de propagación que procede de los viveros, previamente clasificado por su tamaño, deben ser posturas vigorosas y sanas que hayan recibido una aten-

ción esmerada. Deben tener un tamaño aproximado de 50-60 cm y un peso de 4 kg según recomienda (CUBA. MINAG, 1986).

SARH (1982) plantea que los vástagos provenientes de viveros deben ser sometidos a una poda ligera de las raíces cortando a 2 cm de la cebolla, efectuando su inmediata plantación sin ser sometidos a reposo, deben ser lo más uniforme posible con una altura de 35-40 cm ya que esto garantiza un alto porcentaje de plantas cuando entran a corte y por tanto uniformidad en la plantación y un promedio de 15 hojas.

Distancia de plantación

Son diversas las distancias de plantación propuestas por los distintos autores, por ejemplo Edwards (1921) recomienda las distancias de 9-11 pies entre hileras y 4-5 pies entre planta y planta, en cambio Cornejo (1937) plantea la de 3m x 1.50-2.50 m.

Schery (1956) plantea la distancia de 2.45-2.75 m mientras que Remussi (1956) recomienda 2.5-2.9 m entre hileras y 2 m entre planta y planta. Ustimenko-Bakumovski, (1982) plantea que la densidad de plantas para este cultivo debe estar entre 3000-3500 plantas/ha.

En un estudio hecho por SARH (1983) se propone la plantación en doble hilera o tres bolillos (4000 plantas/ha), siendo la distancia 1.20 m entre hilera, 1.20 m entre planta y 2.80 m entre doble hilera.

En general el método de plantación a doble hilera constituye un adelanto en comparación con el de hilera simple. En primer lugar posibilita el control de malezas y en segundo, favorece el crecimiento del cultivo intercalado entre hileras.

Cruz *et al.*, (1985) recomienda las siguientes distancias de plantación en doble hilera que permiten el establecimiento de cultivo intercalado de leguminosas.

4 + 1x1 m	4000 plantas/ha.
-----------	------------------

4 + 1x0.80 m	5000 plantas/ha.
3.50 + 1x0.80 m	6000 plantas/ha.

En Cuba está establecida la distancia de 3x1 m con la cual se logra una densidad de plantación de 44 734 plantas/cab.

Atenciones culturales

Una de las atenciones que se realiza a la plantación definitiva es el empleo de cultivos intercalados. Según Zayas (1921) debe utilizarse maíz en el primer año de plantación y después usar leguminosas para mantener la vegetación indeseable controlada y en los años sucesivos conservar la fertilidad del suelo; por el contrario FAO (1969) expresa que en las plantaciones de Madagascar se realiza escardas en los tres años primeros y no recomienda el uso de cobertura por la competencia por el agua.

Hopkinson y Breitesen (1969) demostraron que el cultivo de leguminosas entre surcos no perjudica la extracción de humedad por parte del agave, ellos recomiendan específicamente el kudzú (*Pueraria phaseoloides*) para cubrir las calles entre los surcos durante el ciclo de vida de la planta, con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo.

En cuanto al control de plagas, SARH (1982) plantea que para el picudo conocido como "Max" se recomienda Parathion metílico 50% c.e en dosis de 0.5 cc/l/ha aplicando cuatro veces al año durante la temporada de lluvias, es decir, en la primera semana de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre.

El control de la vegetación indeseable es otra de las atenciones practicadas a la plantación definitiva. En las plantaciones de Cuba se recomienda el mantenimiento libre de plantas indeseables entre surcos, ya sea mediante el control manual mecanizado o químico, para este último (Villasana *et al.*, 1982) recomienda el uso de Dalapón cuando existan malezas de hojas estrechas y mezclas con 2,4-D con la presencia de especies de hoja ancha.

7. Nutrición mineral

A pesar de la rusticidad del henequén y al hecho de que ha sido marginado a áreas semiáridas y terrenos donde la afloración de rocas es numerosa, este cultivo necesita fertilizantes como cualquier otro.

Cada elemento nutritivo juega su papel en esta especie y su utilización como abono puede incrementar el rendimiento.

El nitrógeno en los Agaves, según indica Pérez Toro (1949) produce un detenimiento en el crecimiento, y las hojas suelen tomar un color verdoso y en ocasiones rojizo. Contrario a esto la Tanganyika Growers Association (1948) expone que la aplicación de nitrógeno incrementa el crecimiento de los Agaves y estimula la producción de hojas. Lock (1969) observó igual efecto y comprobó un incremento de hasta 24 hojas extras por planta.

Otros autores como Sharer (1960) enfatizan la importancia del nitrógeno para este cultivo, al plantear que la escasez de este elemento produce alteraciones profundas en las plantas, tales como crecimiento exiguo y color verde claro.

En Cuba se han reportado resultados que concuerdan con lo anteriormente planteado, por ejemplo Carrión y Vinent (1979) elevaron el rendimiento hasta un 33% con la aplicación de nitrógeno en henequén de producción. También Carrión (1981) obtuvo una relación positiva entre el nitrógeno y el contenido de fibra en la hoja; el máximo rendimiento de la plantación se obtuvo a la edad de 7-8 años en lugar del normal a 11-15 años.

Un aspecto importante del nitrógeno es su relación con el potasio. Jacob y Uexkull (1967) informan que la enfermedad conocida como "banding disease" llamada en otras regiones necrosis basal de las hojas, se presenta, principalmente en suelos con bajo contenido de potasio o con una relación N:K desfavorable. Relacionado con esto, (Lock, 1969) observó la presencia de esta enfermedad en tratamientos donde no se aplicó potasio, y aclara que

no siempre el "status" de nitrógeno en el suelo es el factor que incide en la presencia de esta deficiencia y que debe haber un punto crítico en la relación K:N del suelo, ya que plantas débiles de Agaves que crecen en suelos pobres de bajo contenido de nitrógeno y potasio no presentan síntomas de deficiencia. Considerando la relación de estos elementos, Nandra (1973) plantea que en suelos deficientes en potasio el "banding disease" puede presentarse y enfatiza que la relación K:N debe ser mantenida por encima de 5. En relación con esto, Steineck (1974) demostró que el rendimiento se eleva con aplicaciones de nitrógeno, pero solamente en presencia de adecuada cantidad de potasio, debido a que la utilización de este elemento en la síntesis de materia seca, está en dependencia de la presencia de potasio, además especifica que la relación nitrógeno potasio debe ser de 1:08-1:1 y asegura que la planta toma más potasio que nitrógeno.

Según plantea CUBA.MINAG (1986) las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados traen como consecuencia una mayor precocidad de la planta, por lo que el ciclo productivo del cultivo se ve acortado, obteniéndose con ello una mayor cantidad de fibras en igual área en un tiempo más corto, o sea, se intensifica la producción.

El henequén en ausencia de fósforo produce nuevo vástagos, se reduce el sistema radical y, en general, sufre la nutrición Pérez (1949). El fósforo se encuentra, principalmente, en los puntos de crecimiento meristemático en las hojas y raíces y además la asimilación del fósforo es mayor en las etapas juveniles. Se puede concluir por tanto, que un exceso de fósforo provoca un incremento en la actividad metabólica, pero si no hay un suministro apropiado de nitrógeno, el crecimiento se ve limitado al carecer de material para formar nuevos tejidos.

Para el cultivo de los Agaves Lock (1969) expone como nivel crítico 0,2 meq/100 g (extracción con Ac NH_4) por debajo del cual la planta presenta síntomas de deficiencias.

Cuando el K es deficiente en la nutrición del henequén, el desarrollo vegetativo se detiene y la planta toma un aspecto como si estuviera quemada, así como en los

bordes de las hojas y en ocasiones toda la hoja muerta prematuramente, además, Lock (1969) atribuye un 7% de contenido de este elemento en las hojas, mientras que Jakob y Uexkull (1967), plantean un contenido de 2.32-2.96%.

El calcio tiene un papel importante en los puntos de actividad meristemática, especialmente, en la raíz es componente de la lámina de las células en forma de peptatos de calcio y no es fácilmente traslocable en la planta (Devlin, 1979).

(Gopalakrishnan *et al.*, 1972), determinaron que el calcio ejerce cierta influencia en la capacidad de intercambio catiónico en la raíz, y presenta una correlación positiva con el contenido de este elemento, cuando el mismo está deficiente, se altera el crecimiento radical, mientras que en cantidad suficiente causa efectos favorables en el equilibrio hídrico, además, actúa en la penetración de las raíces en las profundidades del perfil del suelo según plantean (Simpson *et al.*, 1977).

Se ha podido determinar, que la incidencia de ciertas enfermedades está relacionada con la insuficiencia de calcio en el suelo, ejemplo de ello es que los síntomas del moteado de la hoja (causado por un virus), se presentan con frecuencia en suelos con un pH y contenido calcáreo bajos al igual que la pudrición del tallo "Bole-rot".

Según plantea Lock, 1969, el consumo que de calcio hace el agave puede pensarse que es un consumo de lujo, pero en la Estación de Milingano se ha demostrado que este elemento es de vital importancia para el agave y que en ausencia del mismo las plantas al momento del trasplante son incapaces de emitir raíces y mueren cuando se acaban sus reservas nutritivas.

El calcio presenta antagonismo con el potasio, por ejemplo, mientras el potasio favorece la absorción de materiales (inunda la célula prácticamente) con la aplicación de cantidades mínimas de calcio se subsana este defecto (Selke, 1968). Con relación a este problema de antagonismo, Mandal (1976) encontró que cuando las plantas

muestran un estado de salud excelente, generalmente presentan una relación K/Ca más alta que aquellas que manifiestan síntomas de alguna enfermedad. También Audonin y Ampilogov (1974) enuncian que en suelos arcillosos los daños aparecidos en el lino (otra planta productora de fibras) por altas dosis de encaladura, fueron eliminados con adición de K.

Otro elemento importante es el magnesio, el cual es el único elemento inorgánico presente en la clorofila y, según plantea Selke (1968) la falta del mismo altera la producción de clorofila además de adquirir la planta un aspecto de mosaico por no tener dicho pigmento uniformemente repartido por toda la superficie de la hoja. El magnesio ayuda a la absorción del ácido fosfórico, es fácilmente traslocable dentro de los tejidos viejos hacia los nuevos. Se ha determinado, además, que en los agaves la deficiencia de magnesio provoca una enfermedad conocida como "necrotic spots" (manchas necróticas).

En cuanto a los microelementos, tenemos que su actividad ha sido muy poco estudiada en las plantas de agave. Pinkerton (1971) plantea que la sintomatología por deficiencia de manganeso, zinc, hierro y molibdeno es similar al inicio al mostrar una palidez en el color de las hojas que a excepción del hierro se manifiesta marcadamente en las hojas jóvenes. Un exceso de manganeso y cobalto produjo una intensa clorosis.

En general, las deficiencias de estos elementos en la planta de agave provocan un lento crecimiento poco desarrollo radical, y en algunos casos elongamiento extremo del cogollo de la planta. Shive (1941) citado por Pinkerton (1971) explica que las monocotiledóneas utilizan menos boro que las dicotiledóneas, pero el agave tiene un comportamiento contrario a esto y exige mayores cantidades que oscilan entre 12-13 p.p.m.

8. Fertilización

Jacob y Uexkull (1967), al referirse al henequén y sisal plantean que solo en suelos con alto contenido

calcáreo, capaces de ser adecuadamente abastecido con nutrientes, podrán ser alcanzados rendimientos satisfactorios.

Marx y Hindort (1937), citado por Jacob y Uexkull (1967) señalan las siguientes cantidades de nutrientes que toma la planta durante su período de aprovechamiento.

N — 222 kg/ha
 P_2O_5 — 84 kg/ha
 K_2O — 480 kg/ha
 CaO — 853 kg/ha

De los datos anteriores se puede deducir que es necesario el buen estado calcáreo del suelo para lograr un crecimiento satisfactorio del agave, pues este tiene una elevada demanda de CaO.

En experimentos realizados en sisal, se demuestra cuan grande puede ser el aumento de los rendimientos que produce un tratamiento de fertilizante apropiado: Una aplicación anual de 2-4 t/ha de cal complementada con un tratamiento de fertilizante completo: 80 kg/ha $(NH_4)_2SO_4$, 80 kg de superfosfato, y 400 kg de KCl por ha, elevó la producción total durante 5 años de 859 kg/ha a 10.225-13.246 kg/ha, tal resultado se obtuvo en un experimento ejecutado por la Estación Experimental Gimbi en el Congo Belga (Zaire).

Jacob y Uexkull (1967) recomiendan la siguiente dosis de fertilizantes:

Al emplear fertilizantes simples:

N 45-90= 225-450. Sulfato de Amonio (20 % de N).
 P_2O_5 60-80=330-450. Superfosfato (18 % de P_2O_5).
 K_2O 65-100= 110-165. Cloruro de potasio.

Al emplearse fertilizantes compuestos:

550-850 de la fórmula 8-12-12.

Para las condiciones de Cuba el Instructivo Técnico del cultivo del henequén (CUBA, MINAG, 1986), plantea lo siguiente:

Aplicar el fertilizante en años alternos, partiendo de la siembra con la aplicación de la fórmula 7-8-12 a razón de 1t/ha, con la cual se adiciona sobre todo una cantidad aceptable de fósforo, es necesario en esta primera etapa con el objetivo de garantizar el desarrollo del sistema radicular; en el segundo año se debe aplicar 9-5-16.5 a razón de 1t/ha buscando aumentar el nivel de nitrógeno y potasio además de disminuir el fósforo; y en el cuarto año aplicar esa misma fórmula o una similar pero con adiciones de calcio hasta el décimo segundo año en que cesarán las aplicaciones teniendo en cuenta que el ciclo del cultivo sea de 15 años y que los efectos del fertilizante, según resultados investigativos en el país, surten efectos en la tercera cosecha.

Respecto a las aplicaciones de calcio, teniendo en cuenta los trabajos realizados en el país sobre la extracción que realiza el cultivo se recomienda 300 kg/ha y en suelos donde el $\text{ph}=5-6$ debe aplicarse 600 kg/ha.

9. Producción

Los factores relacionados con la producción del henequén son varios, entre ellos debemos tener en cuenta:

- La variedad de la planta.
- Cantidad de plantas que crecen en una extensión dada.
- Número de hojas que se obtienen anualmente en cada planta.
- Tamaño y calidad de las hojas.

Dogde (1915) nos dice que una planta trasplantada, cuando tiene 45 cm de alto producirá hojas aptas para cortar a los 3 años, las hojas mas bajas serán las mas maduras y deben tener por lo menos 90 cm de largo, la longitud de una hoja de 4 años será de 1 m aumentando 15 cm cada año.

Macmillar (1935) añade que el promedio de hojas en el primer año es de 25 por planta en el primer corte, los cortes siguientes pueden realizarse una o dos veces al año y se extiende de 4 a 5 años, promediando un total de 150-180 hojas por cada planta.

Siempre que existan buenas condiciones, una planta produce de 25-30 hojas por año y la producción de fibra varía de 40-75 libras por cada 1000 hojas. Mier y Teran (1958) y Olsson (1911) plantean que el peso de cada hoja varía entre 675- 1125 gramos, con un 4 % de rendimiento en fibra descortezada y seca.

En relación con el comienzo de la cosecha y la frecuencia de los cortes existen diversas opiniones. Anónimo (1907) plantea que el primer corte a una plantación se realiza a los 3-3,5 años después de plantada y establece una frecuencia de 6 meses de un corte a otro.

Determinados autores consideran que el comienzo de la cosecha depende del propágulo utilizado en la plantación, por ejemplo Dewey (1914b) destaca que la primera cosecha de las hojas exteriores se realiza al final del tercer año, cuando estas plantas se desarrollan a partir de retoños, o después de los cuatro años, cuando provienen de bulbillos.

Según plantean Anónimo (1921) y Himmelfarb (1957) en Cuba la primera cosecha de hojas se realiza al cuarto año después de su siembra, mientras en Yucatán esta primera cosecha se realiza a partir del 6-7 año.

En una publicación de la revista INRA de 1961, se señala que en Cuba una caballería admite 35 000 plantas, y que después de transcurridos 4-5 años de su siembra se puede iniciar el corte. La vida productiva henequenera fluctúa entre los 10-12 años.

El rendimiento del henequén está dado por la cantidad de fibra por unidad de área y según (Cretenet, *et al.*, 1970), es mas importante el rendimiento total del ciclo biológico por área, que el rendimiento anual de las plantaciones. Con relación a la cantidad fibras a obtener,

es necesario tener en cuenta la fertilidad de los suelos y en este sentido Anónimo (1907) informa 130 gramos de fibra por planta en suelos pobres, para suelos medianos 247,5 gramos por planta y en suelos óptimos indica que pueden obtenerse 9 500 kg/ha de fibra vendible en un ciclo de 6 años.

En Yucatán, México se plantea como promedio la cifra de 1750 kg/ha de fibra, la cual varía según la edad de la planta según Mesa y Villanueva (1948).

Según INRA (1976) el rendimiento en Cuba es de 28 gramos de fibra por hoja (equivalente a 1.2 t/ha) en la región norte de Matanzas y en la zona sur de Cienfuegos 21 gramos/hoja (equivalente a 0.9 t/ha).

Con relación a este tema, la Empresa Consolidada de Fibra Dura (1962) informa que en Cuba los cortes de las hojas se efectúan cada 8-10 meses, y que una caballería producirá de 800 000 1 000 000 de hojas al año, con un rendimiento de 45 000 - 55 000 libras de fibra.

El rendimiento en fibra expresado en t/ha puede ser modificado si se hace un buen uso de fertilizantes y dependiendo además del tipo de suelo. Lerche (1957) determinó que en suelos ricos en bases la aplicación de nitrógeno incrementó el tamaño de las plantas y produjo un 38.8% mas de fibra. Sin embargo en suelos ácidos de textura loamosa se incrementó el rendimiento al 130% con aplicaciones de potasio, el encalado y los demás elementos aumentaron el rendimiento, pero no tan espectacularmente.

SARH (1982) plantea que el primer corte en calidad de mateo se realiza entre el 4to y 5to año después de la plantación en un 50% aproximado de plantas. La totalidad es apta para el mateo total al efectuar el cuarto corte, lo cual se obtiene al haber transcurrido año y medio de iniciado el mateo. En el primer corte es posible obtener hasta 16 hojas de buena calidad por planta y en los siguientes con frecuencia de 4 meses, puede obtenerse de 8-9 hojas por planta. Debe tenerse precaución que al realizar el corte conserve la planta un mínimo de 25 ho-

jas, con el fin de aprovechar al máximo su potencial productivo. Al inicio de la etapa de producción el henequén tiene una capacidad de emisión de 27 hojas por año por planta, las cuales se cosecharán en cortes de 9 hojas cada 4 meses aproximadamente durante los primeros 4 años. Avanzada ya la etapa de producción, la capacidad de la planta de emisión de hojas aumenta hasta llegar a 35 por año, estas hojas se deberán cosechar por la práctica anterior de frecuencia, pero aumentando el número de hojas por corte, con lo cual es posible lograr hasta 12.

Wienk (1969) expone que aproximadamente el 90 % de la producción mundial de henequén proviene de México, y que los principales productores son dicho país y Cuba.

En las estadísticas de principales productores de henequén/sisal publicadas por el anuario de la FAO (1990) podemos observar la producción de México y Cuba en los años 1988-1990.

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

Unidad de medida: miles de t

En la misma fuente se reflejan las áreas cosechadas y rendimientos en 1990.

País	Area (miles ha)	Rendimiento (kg/ha)
México	100	500
Cuba	5	1340

10. Extracción de la fibra

La extracción de la fibra es la última fase del proceso tecnológico del henequén, esta extracción la realizaban ya los antiguos pobladores de México de una manera rústica y manual.

Con el devenir de los años se han diseñado diferentes máquinas, como son la del fraile Cerón a principios de siglo XIX, la rueda Solís en 1851 y un modelo bastante avanzado en 1852. En la actualidad, la extracción se realiza por métodos mecánicos, pero aún hoy, en muchos países utilizan métodos rudimentarios de extracción de las fibras de esta planta.

Las hojas cosechadas deben ser procesadas antes de las 24 horas de haber sido recogidas, para que la fibra se pueda limpiar de la manera debida. (Kirby, 1963) plantea que el descortezamiento se realizaba antiguamente machacando las hojas entre 2 piedras y eliminando la pulpa de la hoja, después las hojas eran descortezadas a mano entre un cuchillo y un bloque.

En la actualidad las desfibradoras son automáticas y constan de 2 tamboras con cuchillas que el golpear la hoja con gran velocidad separa la fibra, las mas conocidas de estas máquinas son los modelos Corona, el Robey y el Stark Kirby (1963).

Matthew (1924) informa que la fibra de henequén es separada de la hoja mediante máquinas que extraen la pulpa y al mismo tiempo lavan la fibra en agua, después esta fibra se expone al calor (sol) de 1-3 días para secarla y blanquearla. Otro autor, como Himmelfarb (1957) plantea también que la obtención de la fibra es generalmente por separación mecánica, esto es debido a que las fibras, por su longitud y fuerza, pueden ser sostenidas firmemente mientras que el tejido parenquimatoso es eliminado.

En Cuba se utilizan varios sistemas para el desfibrado entre los que se encuentran: Krupp Corona, que consiste en apretar por un extremo la hoja entre 2 cadenas de bronce, el sistema STARK, en el cual las hojas se sujetan entre 2 sogas y el sistema llamado siglo XX que utiliza una cadena de cobre y una polea para sujetar las hojas y ser introducidas en el tambor batiente, el cual está provisto de cuchillas que giran velozmente y comprimen las hojas contra un perchero o silla, protegido por una plancha de desgaste.

En los 3 sistemas, al golpear las cuchillas las hojas de henequén por el efecto del machacado y raspado, se separa la pulpa de la fibra, este proceso es ayudado por un chorro de agua a presión. La capacidad de estas máquinas es de alrededor de 600 hojas por minuto para producir una tonelada de fibra por hora aproximadamente, aunque esta cifra varía según la calidad de la hoja que se desfibre (INRA, 1975).

EN la producción diaria es importante analizar los factores que pueden conducir a un incremento de la misma, de manera que el desfibrado sea mas económico con mas fibra producida en el mismo tiempo.

Según (Cretenet *et al.*, 1970), la variación de rendimiento sobre el renglón de corte y desfibrado está bajo la dependencia del factor contenido/hoja, Esto quiere decir que a una capacidad constante de la desfibradora, si desfibramos hojas con mayor contenido de fibra obtendremos mayor productividad expresada en tonelada/hora de fibra. Tomando esto en consideración, se utiliza el fertilizante para elevar a su vez el rendimiento industrial expresado como "contenido de fibra por hoja".

En México y Cuba se utilizan la descortezadora mecánica para separar la fibra, método muy eficiente comparado con los que existen en otros países.

11. Lavado de la fibra

Una descortezadora de henequén necesita de un copioso suministro de agua, esto tiene un doble propósito: lavar la fibra y llevar afuera los desperdicios y la pulpa de las hojas. El agua consumida no se malgasta ya que sirve para diluir los ácidos del jugo y llevar la pulpa de las hojas a la canal de desagüe. La efectividad del agua como un agente de lavado puede ser incrementada, si la presión del agua es elevada por medio de una bomba de impulsión.

En el Instructivo Técnico del cultivo del henequén (CUBA. MINAGRI, 1986) se señala que el agua de mar

no debe ser usada para el lavado de la fibra, ya que hace que se forme una capa sobre el tejido higroscópico, volviéndose viscosa al tacto. La fibra del henequén toma un color crema oscuro si no es lavada inmediatamente después de descortezada, o si es lavada con agua fuertemente alcalina.

12. Secado de la fibra

Después del desfibrado la fibra se somete al secado, este puede hacerse por medio natural (sol) o artificial (secado mecánico).

En la actualidad existen 2 métodos para el secado de la fibra de henequén, el secado en tendales, utilizando la energía solar y el secado a vapor. De estos métodos el mas utilizado hasta el momento es el secado en tendales, aunque se plantea ir a la instalación de los secadores a vapor en nuestras desfibradoras.

A continuación describiremos estos 2 métodos de secado de forma mas o menos detallada.

En el secado a tendales, que se efectúa por medio del calor del sol y el aire que son la fuentes del secado, es necesario tener mucho cuidado puesto que la fibra tiene que permanecer expuesta a los estados atmosféricos entre 18-24 horas en condiciones normales, siempre que hayan sido extendidas correctamente, (fina y espaciada) no debiendo ser extendida en colchones pues entonces demoraría mas su recogida.

Cuando las fibras en los tendales sufren la acción de las lluvias y tienen que permanecer expuestas a los elementos mas tiempo del necesario, hay que extremar los cuidados ante el peligro de que puedan mancharse por el "moho", esto también puede suceder si la fibra es extendida en capas gruesas.

Si el estado lluvioso se prolonga varios días, puede producirse la mancha de las fibras y hasta su deterioro, cau-

sando la paralización de la producción al agotarse la capacidad de tendido.

En las tendales se requiere tener en cuenta las siguientes instrucciones durante la manipulación de la fibra.

- Realizar un tendido fino, darle los pasos necesarios para que se vaya secando parejo, hacerle entresaque cuando hay fibra húmeda y evitar que esta se enrede.
- Al recoger la fibra los mazos deben ser de tamaño uniforme, sacudirlos bien y no ponerlos nunca en el suelo para evitar que se manchen, poniéndolos en el carro para ser trasladados al almacén de pacas.

El secador a vapor mecánico tiene como principio de funcionamiento el uso del vapor de agua como medio calefactor.

13. Características de la fibra

El fruto agrícola del henequén lo constituye la fibra proveniente de sus hojas. La fibra textil se define como el conjunto de materias que convertidas en hilos se utilizan en la fabricación de tejidos Ortega (1977); la fibra, propiamente dicha, la definen Greulach y Adams (1976) como células pertenecientes al tejido esclerenquimático y son mucho mas largas que anchas, con sus extremos adelgazados sin participación en el metabolismo de las plantas.

El henequén se incluye dentro del grupo de las fibras duras (aquellas que presentan células de paredes engrosadas y lignificadas) según Esau (1972). Dichas fibras se obtienen de tallos o de hojas de tallos de plantas monocotiledóneas. El mismo autor define las fibras duras como fibras perivasculares, localizadas sobre la superficie del cilindro vascular, no originadas por el floema, y aclara que esos haces vasculares y cordones de fibra tienen comúnmente un curso largo y recto con anastomosis cruzadas bastante débiles.

13.1 Principales propiedades de las fibras vegetales

Weilding (1974) citado por Himmelfarb (1957) enumera tres propiedades físicas esenciales que se deben considerar en las fibras:

- 1) Fuerza de tensión.
- 2) Cohesión.
- 3) Flexibilidad.

De estas tres propiedades se considera como la más importante la fuerza de tensión, no solo en lo que se refiere a su propia resistencia, sino como índice de resistencia para la elaboración de tejidos.

La cohesión es la capacidad de las fibras individuales para mantenerse juntas cuando son transformadas en hilo; en esta propiedad influye principalmente la condición que presenten las superficies de las células de las fibras. Una superficie irregular, al producir una resistencia a la fricción, ayuda a las fibras a mantenerse unidas.

La flexibilidad es la cualidad que tienen los filamentos de arrollarse unos sobre otros durante la operación de hilado.

13.2 Calidad de la fibra

La calidad de la fibra viene expresada por su resistencia tensil y finura.

Con relación a la resistencia tensil, esta depende, según plantea Strasburger (1960), del ordenamiento helicoidal de las microfibrillas que se disponen cruzadas en las diferentes capas de las células, sin dejar espacios vacíos. Cristidis y Harrison (1965) explican que la resistencia está dada por el área seccional de la pared celular (célula de fibra), la cual es proporcional al diámetro de la fibra y al grosor de la pared (célula de fibra) la cual es proporcional al diámetro de la fibra y al grosor de la pared.

Para medir la resistencia tensil de una muestra se siguen diferentes métodos: uno se basa en la ruptura de hilos individuales o haces, y otros la expresan como libras o gramos por unidades de peso de la fibra examinada. Así tenemos que Mesa y Villanueva (1948) informan una resistencia de 16,7 gramos para el henequén y el Ministerio de Industrias (CUBA, Ministerio de Industrias, Empresa Consolidada de Fibras Duras, 1962) informó promedios de 2.75 libras.

El otro parámetro de calidad de la fibra es su finura. La finura es muy importante ya que de ella depende el calibre de los hilos en la industria. Cristidis y Harrison (1965), hacen una explicación muy interesante en la que atribuyen la finura a una relación directa entre la longitud de la célula elemental y el diámetro de la misma, además consideran que a una densidad de material fibroso constante en la pared celular, la finura solo depende del diámetro de la célula.

La finura de la fibra se expresa de diversos modos: unos la expresan en número de pies por libra o el promedio de números de metros por gramos de fibra (CUBA, Ministerio de Industrias, Empresa Consolidada de Fibras Duras, 1962), mientras que otros lo hacen mediante la relación de la longitud y el espesor de la fibra (CUBA, Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, 1959). Esta relación debe ser alta, pues la fibra que se utiliza para fines de hilandería tiene que ser mucho más larga que gruesa, en este sentido Dewey (1943) plantea que dicha relación debe ser del orden de las 100 unidades.

A continuación se expresan las clases y parámetros de calidad de la fibra vigentes según NC (40-136-87).

Clases de calidad	porcentaje de manchas	porcentaje impurezas	longitud (cm)	humedad
1	4	< 6%	> 90 cm	< 12%
2	10	< 6%	75-90 cm	< 12%
3	15	< 6%	60-75 cm	< 12%
4	> 15	< 6%	< 60 cm	< 12%

14. Usos y subproductos

El principal producto extraído de las hojas del henequén, y el de mayor utilidad en la industria textil, son sus fibras las cuales son utilizadas tanto en México como en Cuba, en la fabricación de sogas, jarcias, cordeles y otros productos, aunque algunos autores consideran que la calidad de su fibra es inferior a la del sisal.

Zayas (1921) plantea que 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 de la fibra de henequén son los siguientes:

- Para reforzar las placas de yeso, lo cual las hace mas fuertes y resistentes, además, proporcionan excelentes resultados en las correcciones sonoras de las habitaciones destinadas a la música (FAO, 1970).
- 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 (FAO, 1974).
- Para recubrimiento de pisos, objetos de artesanía, cordeles de usos especiales recubiertos de plásticos y sacos para envasar todo tipo de producto (CUBA.INRA. Direccion Nacional de Fibras, 1975).
- 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, Blanxart (1954) reporta como subproductos extraídos de esta planta, la pasta de papel, abono, e inclu-

so alcohol a través de la fermentación del jugo de la pulpa.

Rubber (1960) plantea como subproductos los siguientes:

- Producción de biogás el cual puede ser utilizado como energía en la misma desfibradora, 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.
- Extracción de ceras para uso industrial. La cutícula de la hoja tiene hasta un 0.75 % de ceras en base a peso seco.
- 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.

Este esteroide se obtiene del jugo de henequén por técnicas sencillas y su producción suministra una fuente de divisas para nuestro país; si tomamos en cuenta que 1 kg de hecogenina puro valía 75 dólares en 1978 (CUBA. MINSAP, 1978) y en 1991 se cotizaba a 80 dólares (FAO, 1991).

La hecogenina se encuentra también en otras especies de Agaves especialmente en el *Agave sisalana*, junto a la hecogenina se obtienen cantidades variables de Tiegogenina, que es también una sapogenina esteroideal similar a la hecogenina según (Ruiz *et al.*, 1984).

En estudios realizados por Sánchez (1972) se pudo conocer que el contenido de sapogeninas en los Agaves, tiene un máximo en plantas de 12-13 años. También se determinó que el contenido de hecogenina dentro de muestras de henequén ensayadas está comprendido entre 0.18 y 0.20 g/ de jugo de hojas de henequén.

Además de utilizarse el jugo de henequén para la obtención de materias primas utilizadas en la industria farmacéutica, se le ha descubierto otros usos como el de biodetergente para el fregado y lavado y como emulsificante para combustibles.

15. Conclusiones

El henequén presenta características que lo hacen un cultivo muy ventajoso respecto a otros mas exigen-

tes, por ejemplo se puede cultivar en terrenos pedregosos y calizos no tolerados por otros cultivos, es una planta resistente a la sequía, a plagas y enfermedades; una vez establecido no requiere atenciones culturales exigentes, es decir, es un cultivo cuya producción es de muy bajo costo, además la cantidad de subproductos que de él se obtienen permite que la planta pueda ser aprovechada integralmente lo que lo convierten en una planta muy útil 

Bibliografía

- ASKINASY, S.
1936 El problema agrario en Yucatán. __ México : Botas, . _ _ p.11.
- AUDONIN, N.S., N.E AMFILOGOV.
1974 Rates of limes for flax relation. *Vestnik Se'l skohozya istvennoi* (1): 9-16.
- BAILEY, L.H.
1946 The Standard Encyclopedia of Horticulture. __ New York : Macmillar, _ _ p.132.
- BEQUER, G., C. VÁLDES Y M. FELIPE.
1981 Estudio de diferentes distancias de plantación en el vivero de henequén (*Agave fourcroydes*, Lem). (sin publicar.)
- BEQUER, G., E. VINENT Y C. VÁLDES.
(s/f) El bulbillo. Una alternativa para la propagación del henequén en Cuba. (sin publicar.)
- BEQUER, G., M. FELIPE.
(s/f) Diferentes tamaños de posturas en dos medios de propagación en el vivero de henequén (*Agave fourcroydes*, Lem) código 902-03-03.
(s/f) Estudio de diferentes distancias de plantación en el vivero de henequén. código 902-03-02.
(s/f) Estudio de diferentes dosis de fertilizantes NPK sobre un suelo ferralítico rojo típico en el vivero de henequén (*Agave fourcroydes*, Lem). cód: 902-03-06.
- Blanxart, D.
1954 Materias textiles. __ España : Bosch, _ _ p.75-178.
- CARRANCA, H.
(s.a.) La industrialización del henequén en Yucatán. _ Banco de México, No 47. _ _p.14, 61-62.
- CARRERAS, J.
1940 Elementos de tecnología textil. __México : Atlante, _ _ p.1-2.
- CARRIÓN, R.M.
1981 Efecto de aplicaciones de nitrógeno sobre la duración del ciclo productivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem). *Agrotecnia de Cuba* 13 (2) : 45-49, Julio.
- CIARAMELLO, D.
1975 Estudio comparativo entre especies de Agave. *Bragantia* 34 (1) : 20-25.
- CORNEJO, R. F.
1937 Henequén, posibilidades de su cultivo en Argentina. *La Hacienda* 32(8) : 278-279.
- CRETENET, S., B. DE RONOURT, E. GRAMAIN Y R. BAILEY.
1970 Seize annee's d' experimentatio sisaliere a la station du Mandrare (Madagascar) 1953-1968. *Cotton et Fibres Tropicales* 25 (2) : 151-174.
- CRISTIDIS, H., R. HARRISON.
1965 Cotton growing problems. __ New York : Mc Graw-Hill, _ _ 305 p.
- CRUZ, C., L. DEL CASTILLO, M. ROBERT, R.N. ONDARZA.
1985 Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. __ Centro de Investigaciones Cientificas de Yucatán A.C, __ 295 p.

- CUBA. ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRONÓMICA DE SANTIAGO DE LAS VEGAS.
1959 Kenaf. *Boletín Técnico* (74) : 280.
- CUBA. INRA. DIRECCIÓN NACIONAL DE FIBRAS.
1975 Introducción a la tecnología del desfibrado del henequén. Informe, 24p.
- CUBA. INRA. V
1976 Encuentro Técnico de Fibras, Varadero, Matanzas. Informe, 5p.
- CUBA. MINAG.
1977 Dirección de Cultivos Varios. Instructivo técnico del cultivo del henequén. __ La Habana : MINAG, __ 37 p.
- DEVLIN, E. M.
1979 Fisiología Vegetal. __ La Habana : Pueblo y Educación, __ 468 p.
- DEWEY, H.
1941a Fibras vegetales y su producción en América. *Unión Panamericana*, __ p.1-14.
1941b Principales fibras textiles. *La Hacienda*. 10(11) : 79, diciembre.
1942 Fiber production in America. __ Washington, D.C: USDA, __ 20 pp.
1966 El henequén, una planta tropical en suelos cal cáreos. *La Hacienda* (6) : junio.
- DODGE, C.R.
1915 Notas sobre el cultivo del henequén. *La Hacienda*. 11 (2) : 60-61.
- DOUGHTY, L. R.
1983 Experimental breeding of fibre Agaves *East Africa Agricultural Journal* 3 268 : 278.
- EDWARDS, H.T
1907 El rendimiento del henequén. *La Hacienda* (8): 218.
1921 El henequén. *La Hacienda* 14 (4) : 123-125.
1927 La industrialización del henequén. *Unión Panamericana*. 26 : 3-14.
- EMPRESA CONSOLIDADA DE FIBRAS DURAS
1962 Curso mínimo técnico. Ministerio de Industrias. La Habana.
- ESAU, K.
1972 Anatomía Vegetal. __ Barcelona : Omega, __ 405 p.
- FAO
1969 Información sobre actividades de investigación. Roma, Abril, p. 9.
1970 Fabricación y uso de la placa de yeso reforzada con sisal. *Serie de investigaciones sobre fibras duras* (7) : 1-3.
1970 Laminados reforzados. *Serie de investigaciones sobre fibras duras* (7) : 1-3.
1990 Anuario FAO Producción. Roma.
El sisal en Madagascar CCF- HF/SC 70/10 Lic. Manilla. 6pp.
- GARCÍA, F.
1930 Botánica General y Descriptiva. __ CUBA, __ p.63.
- GOLA, G., G. NEGRI, C. CAPELLETI
1959 Tratado de Botánica. __ La Habana : Instituto del Libro, __ p.89.
- GOPALAKRISHNAN, S, N.N. GOSWANI, D. BAGCHI.
1982 Cation exchange capacities of the roots of different varieties of Jute in relation to uptake of calcium and potassium. *Soils and fertilizers* 36 (6) : 65-76.
- GREULACH, V. A., J. E. ADAMS.
1976 Las plantas: Introducción a la botánica moderna. __ México : Limusa Wiley, __ 679p.
- HALFFTER, G.
1957 Plagas que afectan a las distintas especies de Agave cultivadas en México. __ México : Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Defensa Agrícola, __ 58 p.
- HIMMELFARB, D.
1957 The technology of cordage fibres and Rope. __ London : Leonard Hill, __ pp.8, 14-16, 46-47.
- HOLMAN, R. M., W.W. ROBBINS
1961 __ México : UTEHA, . __ p. 80-81.
- HOPKINSON, D.
1968 Experiments of mulching sisal with black polythene in Tanganyika. *Experimental Agriculture* 4(2) : 143-150.
- HOPKINSON, D., H. I. BREITENSTEIN.
1969 Tropical kudzu as a cover crop in sisal. *World Crops* 18(4) : 256-258.

- IRIGOYEN, R.
1975 Ensayos henequeneros. __ Mérida : Cordex.
- JACOB, A. H., V. UEXKULL.
1967 Fertilización. __ La Habana : Revolucionaria, __
__ 227-228.
- KIRBY, R. H.
1965 Vegetable Fibres. __ London : Leonard Hill, . __
__ 500 p.
- KRAMER, H.
1916 Applied and Economy Botany. __ New York :
John Wiley and Sons, __ p. 489-492.
- LERCHE, K.
1957 The agronomics of sisal. Part III. *Kenya Sisal Board
Bulletin* (19) : 30-35.
- LOCK, G. W.
1969 Sisal thirty years research in Tanzania. __ Lon-
don : Longmans, __ 365 p.
- MACMILLAR, H. F.
1935 Tropical planting and gardening. __ London :
Macmillar, __ 309-407.
- MANDAL, A. K.
1976 Nutrition and disease resistance of jute in relation
of potassium. *Indian Soc. Soil Bulletin* 10 : 278-
284.
- MATHEWS, J. M.
Textile Fibres. __ Barcelona : Omega, 1972. __ 405 p.
- MEDINA, J. C.
1966 Multiplicacao do sisal. *Tropical abstracts* 21 (1) :
35-36.
- MESA, A. M., V. R. VILLANUEVA
1948 La producción de fibras duras en México. __
México : Gráfica Panamericana s de R. L.. __
pp. 63, 97, 102, 308.
- MIER, J., L. TERÁN.
1958 Cera del henequén *La Hacienda* (1) : 34.
- NANDRA, S. A.
1963 Manuring of sisal in Tanzania: a review of field
trials. *Potash Review* 27 (12) : 7-9.
- NC 40-136-87. INDUSTRIA TEXTIL Y CONFECCIONES.
1988 Fibras de henequén: especificaciones de calidad.
vig. Diciembre.
- OLSSON, R.
1911 La industria del henequén en nuestros días. *La
Hacienda* 6 (8) : 236-238.
- ORTEGA, E., M. RIVERO., M. CARRIÓN
1974 Informe sintetizado sobre la visita efectuada a zo-
nas henequeneras del estado de Yucatán (Méxi-
co). Dep. Ind. de Fibras; 9pp.
- ORTEGA, M. D.
1977 Algunos estudios sobre el henequén (*Agave four-
croydes*, Lem.) *Boletín de Reseñas* 4 (1) : 20.
- OSHSE, J.
1961 Tropical and subtropical agriculture. __ New York
: MacMillar, __ 1179-1181.
- PÉREZ, TORO, A.
1949 Enfermedades, plagas y anomalías del henequén
en la región del estado de Yucatán. *Chapingo* 3
(28) : 208-211.
- PINKERTON, A.
1971 Some micronutrient deficiencies in Sisal. *Experi-
mental Agriculture* 7 (2) : 113-121.
- REMUSSI, C.
1956 Plantas textiles. __ Barcelona : Salvat, __ 500 p.
- Rendimiento del Henequén. *La Hacienda* (8) : 2 (s.a).
- RIQUELME, J.
1929 La siembra y cultivo del henequén. __ Santo Do-
mingo, . __ p. 6-9.
- ROIG, J. T.
1962 Diccionario botánico de nombre vulgares. __
CUBA : Dpto. de Producción INRA, __ p. 504-
505.
- RUBBER, N. V.
1960 Cultiv. Mij Amsterdam. Informe al MINSAP. Direc-
ción de Desarrollo, 11p.
- RUIZ, J. A., A. MARTÍNEZ, I. AROCHA.
1984 Purificación de Hecogenina con el reactivo de Gi-
rardt. *Revista Cubana de Farmacia* 13 (1) : 1-5,
enero-abril.
- SÁNCHEZ, A.
1972 Estudio de la variación del contenido de sapoge-
ninas en el (*Agave fourcroydes*, Lem) de diferen-
tes plantaciones de Cuba. *Revista Cubana de
Farmacia*. 5 (2-3): 41-55, Mayo-Diciembre.

- SCHERY, K.
1956 Plantas útiles al hombre. __ Barcelona : Salvat, __ pp. 201-203, 235-238.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH). INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS.
1982 Día del productor henequenero. Mérida. Yucatán, México, 27 p.
- 1983 Guía para cultivar henequén en doble hilera... Folleto para productores No. 8, sept.
- SELKE, W.
1986 Los abonos. __ León : Academia, __ 441 p.
- SENCIAL, U. P.
Cultivo del henequén. *La Hacienda* t. 3 (11) : 337-338 (s.a).
- SHARRER, K.
1960 Nutrición de las plantas, suelos y fertilizantes. __ Madrid : UTEHA. __ 19.
- SIMPSON, J. R., A. PINKERTON, L. LAZDOUSKI.
1977 Effects of subsoil calcium on the root growth of some lucerne genotypes (*Medicago sativa*, L) in acid perfiles. *Australian Journal Agriculture Science* 28 (4) : 629-638.
- SINGH, K., D. M. GANGUL, B. N. GUPTA.
1985 Effect of different doses of sisal compost on the growth and development of bulbils in nursery. *Development Journal* (India) 5 (4) : 17-20 oct.
- SOUZA, N.
1940 Henequén. __ Instituto Técnico Henequenero en Yucatán, __ p. 64.
- STEICNECK, O.
1974 The relation between potassium and nitrogen in the production of plant material. International Potash Institute. Memoria, 230 p.
- STRASBURGER, E., F. NOLL., H. SCHENK, A. F. W. SCHIMPER
1971 __ Veb Gustav Fischer Verlag Jena DDR, __ p. 729.
- STRASBURGER, E. T.
1960 Tratado de Botánica. __ Barcelona : Marín, __ 582 p.
- TAYLOR, N.
1936 The Practical Enciclopedia of Gardening. __ New York : Garden City, __ p. 10.
- TAKHTAJAN, A.
1959 Die Evolution der Angiospermen. __ Veb Gustav Fischer Verlag Jena DDR, __ p. 729.
- TANGANYKA GROWERS ASSOCIATION
1948 Sisal experimentation Tanganyika Department of Agriculture and sisal board. *Annual Report*, 30 pp.
- USTIMENKO-BAKUMOVSKI, G. V.
1982 El cultivo de plantas tropicales y subtropicales. __ Moscú : MIR, __ 430 p.
- VILLASANA, R., H. WOZNIAC, K. VOGEL, P. DÍAZ, D. PÉREZ
1982 Efecto de diversas sustancias en plantaciones de henequén en Cuba. *Ciencia y Técnica de la Agricultura* 11 : 77-84.
- VILLASANA, R. G., G. BÉQUER, M. FELIPE (s/f) Estudio de diferentes herbicidas en el vivero de henequén. Comunicación personal.
- WEBSTER, C. C., P. N. WILSON.
1968 Agriculture in the tropic. __ London : Longmans, __ p. 25.
- WIENK, J. F.
1969 Outlines of perennial crop breeding in the tropic. __ Wageningen, Netherlands : H. Veenman and N. V. Zenen, __ p 1-13.
- WIT DE HCD.
1966 Plantas superiores. __ Barcelona : Seix Barral, __ p. 732-733.
- ZILINSKY, T.
1964 Fiber Science. __ Washington. __ Department of Agriculture. Natural Science Foundation, __ pp. 6, 441, 450.