

# LOS AGAVES: UN GÉNERO PROMISORIO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MÉDICO-FARMACÉUTICA Y DEL SECTOR AGROPECUARIO

**Roberto Donderiz González<sup>1</sup>, MSc. Conrado Camacho Campos<sup>1</sup>, Dr. C. Leticia Fuentes Alfonso<sup>1</sup>, MSc. Yunel Pérez Hernández<sup>1</sup>**

*Universidad de Matanzas, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.  
yunel.perez@umcc.cu*

## Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar las potencialidades que presentan los extractos de especies de *Agave* para el control de plagas y el desarrollo de las industrias médico-farmacéutica. Se abordan los aspectos generales sobre las características morfofisiológicas de este género y los principales resultados relacionados con las propiedades fitoquímicas de estas plantas que justifican los usos etnobotánicos de las mismas. Además, se describe el empleo de diferentes extractos de hojas en el control de plagas que afectan a cultivos de interés agrícola, así como a otros organismos que constituyen vectores transmisores de enfermedades en el hombre. El uso de extractos vegetales constituye una línea de investigación actual en el campo de la agricultura, ya que su empleo reduce el uso de pesticidas químicos que presentan riesgos para la salud humana y animal.

*Palabras claves: Agave, fitoquímica, plaguicidas botánicos.*

---

## Introducción

Los agaves poseen una importancia económica notable en el continente americano. El desarrollo de numerosos pueblos mesoamericanos está ligados a estas plantas desde tiempos remotos y en la actualidad muchas comunidades indígenas dependen de ellos para la elaboración de múltiples productos domésticos, fibras, material para la construcción y la fabricación de bebidas tradicionales (González *et al.*, 2004).

Además de los disímiles usos que tienen los agaves, estas plantas se consideran fuentes importantes de metabolitos secundarios. Los estudios fitoquímicos con extractos de hojas y raíces de varias especies de agaves muestran una riqueza en compuestos químicos como alcaloides, saponinas, terpenoides, cumarinas, azúcares reductores, inulina, fructanos, fenoles, etc. (Chigodi *et al.*, 2013). Dichas sustancias fueron asociadas con numerosas propiedades como antibactericidas, antifúngicas, medicinales, prebióticas y fitorremediadoras (Reddy *et al.*, 2013).

El uso excesivo durante décadas de plaguicidas químicos en la agricultura ha despertado preocupación en el sector científico y en la población a nivel mundial. Estos productos contaminan el medio ambiente y constituyen un peligro para la salud humana y animal; por lo cual, la búsqueda y la formulación de bioproductos de origen botánico que permitan el control de plagas y enfermedades en los cultivos de interés agrícola, constituye un campo de constante investigación.

## Desarrollo

### Características botánicas de los agaves

El género *Agave* del griego “admirable”, incluye más de 300 especies muy conspicuas que se localizan en las porciones áridas y semiáridas del hemisferio norte (Nobel, 1988). Pertenecen a la familia Agavaceae, la cual abarca ocho géneros con biología reproductiva contrastante ya que algunas especies son policárpicas y los individuos se pueden reproducir cada año, mientras que otras son monocárpicas y producen solo una inflorescencia especular durante su ciclo de vida, para después morir (Eguiarte *et al.*, 2000).

Los miembros del género son plantas monocotiledóneas perennes, suculentas, con raíces duras y fibrosas, de tallos gruesos y muy cortos. Las hojas son gruesas y con abundantes espinas. Poseen reproducción sexual a través de semillas y asexual a través de brotes adventicios basales, brotes del rizoma y bulbillos que surgen en las inflorescencias. Los agaves están adaptados para sobrevivir en climas extremos y soportan una gran variación y fluctuación de temperaturas, así como la falta de agua. Esta capacidad de supervivencia se debe en gran medida a que presentan una vía de fijación de carbono alternativa a las plantas C3, denominado Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés), una alternativa fotosintética auxiliar en la vegetación desértica (González, 2001).

La clasificación taxonómica del género *Agave* es objeto de controversias debido a su gran variación fenotípica y genotípica, incluso dentro de la misma especie y de una misma población. En relación al orden botánico para la familia en cuestión y el género *Agave*, es muy similar a la clasificación propuesta por el sistema Cronquist, donde la familia se divide sólo en siete géneros: *Agave*, *Furcraea*, *Hesperaloë*, *Manfreda*, *Phormium*, *Polianthes* y *Yucca* (Verduzco-Martínez *et al.*, 2008).

La clasificación del género *Agave* según Strasburger *et al.* (1971) es la siguiente:

Reino: Plantae  
Subreino: Traqueófitas  
División: Magnoliophyta  
Subdivisión: Spermatophyta  
Clase: Liliopsida  
Subclase: Lilidae  
Orden: Liliales  
Familia: Agavaceae  
Género: *Agave*

El cuerpo de los agaves usualmente tiene la forma de una roseta por la disposición sus hojas, donde acumulan sustancias que necesitan para crecer y florecer. Estas plantas constituyen hierbas gigantes que crecen y florecen una sola vez, como si fueran anuales y también son parecidas a los árboles que requieren de largo tiempo para madurar en tamaño y para florecer.

Los agaves pueden florecer de varias maneras, algunas florecen una sola vez en el ápice o cogollo llamadas monocárpicas o multianuales. Aquellas plantas que desarrollan las estructuras florales en los meristemos laterales de las hojas y a los lados al eje principal, son llamadas policárpicas o perennes, pues no mueren después de la floración. Otras con tallos ramificados, se reconocen con el nombre de policárpicas o arborescentes perennes (como *Yucca*), las cuales producen varias rosetas monocárpicas, en las cuales las rosetas individuales se secan después de florecer. Algunas plantas son en realidad arborescentes y desarrollan tallos como *A. karwinskyi* Zucc. y *A. goldmaniana* Trel.

La floración se presenta después de años de crecimiento de la roseta, se presenta en dos formas; espigada, “vara” y racemosa “arborescente”, la primera forma es característica del subgénero *Littaea* y la segunda (panícula) del subgénero *Agave*. Los tallos florales más pequeños no alcanzan los dos metros de largo como por ejemplo, *A. parviflora*, mientras que los panículos mayores alcanzan 9 ó 10 metros de altura, los cuales se forman por lo general entre dos y cuatro meses de crecimiento (Verduzco-Martínez *et al.*, 2008).

Anterior a la floración, las hojas de la parte terminal de la roseta se hacen más delgadas y también se forman sin espinas laterales cuando se presentan. Conforme crece el escapo central y sus ramificaciones, se transforman gradualmente a brácteas y bracteolas.

La mayoría de los agaves cultivados son clones genéticamente iguales, que por lo general se reproducen por brotes rizomatosos (hijuelos que surgen alrededor de la base de la planta) y por bulbillos de las inflorescencias, que se pueden considerar ramificaciones de la planta madre. Algunos de estos cultivares son poliploides estériles que raramente o nunca producen semillas viables, como son los casos de *A. fourcroydes* Lem. y *A. tequilana* Weber. Los bulbillos y brotes rizomatosos son formados por arriba del nivel de las raíces en la base de las hojas y en muchas especies son llamados “semillas” por los agricultores, pero en realidad son propágulos.

Las hojas se originan en forma de espiral, generalmente son gruesas y suculentas, aunque algunas especies son de consistencia dura como *A. striata*. El tamaño, la forma y el color varía en dependencia de la especie. Las hojas presentan un grupo de características que permiten a estas plantas evitar una excesiva transpiración como son: una reducción en la superficie que transpira en relación con el volumen total del órgano, la presencia de una cutícula gruesa, la acumulación de cera, la presencia de estomas de naturaleza compleja que aseguran una protección adicional contra la evaporación durante los períodos de sequía, el excesivo calentamiento de la lámina foliar disminuye con el arreglo de las hojas en el espacio (filotaxia) y la orientación favorece la sombra de unas sobre las otras (Mielenz *et al.*, 2015).

En la hoja de la mayoría de las especies se entrelazan hileras de numerosos haces vasculares gruesos, desde la base de la hoja hasta la espina terminal, haciendo contacto con las espinas en los márgenes de las pencas. En algunas especies estas fibras representan importantes recursos económicos como es el caso de las especies *A. fourcroydes* Lem. (Salinas, 2016).

### **Importancia y usos generales de los agaves**

El cultivo y uso integral de los agaves data de la época prehispánica y su mayor desarrollo lo tuvo después del siglo XVII. Se distribuyeron prácticamente por todas las áreas subtropicales del mundo, fundamentalmente con propósitos ornamentales (Miguel Luna *et al.*, 2014; Salinas, 2016). En la actualidad, al menos 74 especies se utilizan para el consumo humano, la fermentación y la destilación de bebidas y para la obtención de fibras y de forrajes. En la elaboración de mezcales se emplean 39 especies (Miguel Luna *et al.*, 2014).

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

En general, los agaves se pueden utilizar como cercas vivas. *Agave sisalana* Perr. y *Agave lechuguilla* Torr., se emplean para la obtención de fibras. Del agave tequilero (*Agave tequilana* Weber. var. Azul) además del tequila, se obtiene la inulina, que puede extraerse de la piña y de la parte aérea. El maguey morado (*T. spathacea* Sw.) es reconocido por sus

diversas aplicaciones medicinales y se emplea principalmente como desinfectante y desinflamatorio (Lobato *et al.*, 2008).

La elaboración de bebidas alcohólicas constituye uno de los usos más importantes que ha tenido este género desde la antigüedad (Ávila *et al.*, 2012). Una de las especies más utilizadas con este propósito es *Agave cocui* Trelease, llamado comúnmente cocui. En la actualidad se realizan investigaciones en esta especie con el objetivo de obtener energía como una fuente alternativa al petróleo, más limpia y que no compita con productos de primera necesidad. Otras especies que se emplean en la fabricación de bebidas son: *A. atrovirens*, *A. mapisaga* Tres, *A. salmiana*, *A. americana* L., (Pulque). *A. potatorum*, *A. dasylyrion* (mezcal bacanora), *A. angustifolia* y *A. fourcroydes* Lem. (mezcal).

El henequén está entre las fuentes más importantes de material fibroso en los países de la región de Centroamericana y del Caribe, junto a otras especies que se cultivan comercialmente como la piña (Díaz-Batista *et al.*, 2015). Las fibras naturales del sisal (*A. sisalana* Perr.), del henequén (*A. fourcroydes* Lem.) y de algunos productos residuales de procesos agrícolas e industriales, son utilizados en una cantidad elevada de aplicaciones. Las fibras tienen la ventaja de que son menos rígidas y quebradizas que las de vidrio y de cerámicas y mucho menos abrasivas para las máquinas que las procesan (Rodríguez *et al.*, 2015).

En el proceso de producción de fibras de henequén se obtiene un jugo que contiene fructanos. Estos compuestos pueden ser hidrolizados a fructosa y glucosa y metabolizados por las levaduras para la obtención de etanol (Villegas-Silva *et al.*, 2014). La fructosa, además de ser un edulcorante bajo en calorías, también se utiliza en la producción de acetona y butanol, ácido glucónico, sorbitol y fructooligosacáridos.

En un estudio sobre la elaboración de composta a partir del bagazo de henequén y otros materiales, se concluyó que el humus de vermicomposta a partir de henequén es más barato que los importados. Además, los materiales empleados para elaborar los sustratos son de fácil disposición y reciclaje y su empleo contribuye a reducir la contaminación y el mal olor en los sitios de almacenaje (Abreu *et al.*, 2009).

### **Composición fitoquímica de los agaves y sus usos potenciales en las industrias médico-farmacéutica y alimentaria**

El uso tradicional y las propiedades medicinales atribuidas a los agaves, los hacen atractivos para estudios relacionados con la obtención de preparados herbolarios caracterizados y estandarizados fisicoquímicamente (Tamilselvan *et al.*, 2014).

Los metabolitos secundarios son compuestos orgánicos producidos por las plantas que parecen no tener una función directa sobre su crecimiento y desarrollo. Estos compuestos no tienen una función reconocida sobre procesos como la fotosíntesis, la asimilación de agua, nutrientes y la respiración celular; sin embargo, tienen una función importante en la

defensa y adaptación de las plantas a su ambiente (Kaur y Das, 2011). Los agaves, en general, presentan numerosos metabolitos de importancia en la industria biofarmacéutica y alimenticia. Los más importantes son las saponinas, los fructanos, los alcaloides y los compuestos polifenólicos, entre estos últimos abundan los taninos, los terpenos y los flavonoides (Kumar *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2014; Widsten *et al.*, 2014).

Las saponinas son importantes para la obtención de sustancias esteroidales llamadas sapogeninas, específicamente hecogeninas y tigogeninas, mediante un proceso de hidrólisis ácida (Zhang *et al.*, 2012). Numerosos investigadores demostraron que las sapogeninas como las hecogeninas, tienen varias aplicaciones como por ejemplo, se emplean en la síntesis de derivados de glucosamina con actividad antiproliferativa y selectiva a diferentes células cancerígenas cérvico-uterinas (Fernández-Herrera *et al.*, 2012); para la obtención de lactonas dinorcolánicas, las cuales son útiles como materiales de partida para la síntesis de esteroides activos (Ruíz-Pérez *et al.*, 2012) y en la obtención de nuevos análogos de brasinoesteroides (Gómez-Calvario *et al.*, 2013).

Los estudios fitoquímicos evidencian las potencialidades de estos compuestos en la medicina por sus propiedades citotóxicas, para el tratamiento de diferentes tipos de cáncer (Liu *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2014; Santos-Zea *et al.*, 2016). Su acción anticancerígena se debe a la interferencia por parte de estas sustancias en la replicación del ADN, lo que evita la proliferación celular (Isil y Turkan, 2015).

Las saponinas también se relacionaron con diversas actividades como por ejemplo: expectorante, antiinflamatoria, estimuladora del sistema inmune, antibacteriana, antifúngica y antiprotozoaria (Zwane *et al.*, 2011; Casillas *et al.*, 2012). Estudios realizados en *A. fourcroydes* Lem. mostraron la presencia de sapogeninas esteroidales con propiedades antiinflamatorias, antiparasitarias y hemolíticas (Espinosa, 2015).

Otros compuestos de naturaleza polifenólica también muestran propiedades notables entre las que se citan: anticancerígena, antioxidante, antidiabética, antiinflamatoria, antiparasitaria, antimicrobial y también como coadyuvantes en la absorción mineral (Salinas, 2016).

Los taninos son fenoles de peso molecular elevado y se encuentran distribuidos ampliamente en el reino de las plantas. Estos compuestos forman complejos con proteínas, carbohidratos y alcaloides, lo que les confiere propiedades antibacterianas, antifúngicas y antiprotozoarias y además, son de naturaleza antioxidante (Widsten *et al.*, 2014). La respuesta antiinflamatoria observada en extractos de *Agave cantala* Roxb, fue relacionada con la presencia de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (Reddy *et al.*, 2013).

Numerosos compuestos fenólicos como los fenoles sencillos, los ácidos fenólicos y los flavonoides se les han atribuido diversas actividades farmacológicas y médicas, relacionadas con la prevención y el tratamiento de ciertas patologías. Entre las principales



propiedades se encuentran las actividades anticancerígenas, antiinflamatorias, estimuladoras de la respuesta inmune, antialérgicas, antivirales y en general, todas las enfermedades asociadas con el estrés oxidativo (Han *et al.*, 2007).

El efecto biológico más importante que tienen los compuestos fenólicos para la salud humana es la capacidad antioxidante que poseen, ya que numerosas patologías están relacionadas con el aumento de las especies reactivas del oxígeno (ERO) y otros radicales libres. Estas especies reactivas constituyen átomos o moléculas que presentan uno o más electrones desapareados, lo cual le confiere la reactividad frente a otros compuestos. Entre las principales ERO se encuentran el anión superóxido ( $O_2^-$ ), el anión hidroxilo ( $OH^-$ ) y el nitrilo ( $NO$ ). Otros radicales libres importantes son los alquilos y los peroxilos (Pastene, 2009).

Las ERO son originadas normalmente en procesos celulares como la respiración celular y tienen un papel importante en la señalización celular. Sin embargo, cuando estas especies se producen en concentraciones elevadas sobreviene el estado de estrés oxidativo, en el cual se origina un desbalance entre las ERO y los mecanismos de defensa antioxidante, que conllevan a trastornos severos en el metabolismo celular y se pueden desarrollar diferentes trastornos como procesos inflamatorios, isquemia, daños hepáticos y enfermedades neurodegenerativas (Nathan y Ding, 2010).

Los daños que provocan estos compuestos derivados del oxígeno están relacionados con la oxidación de diferentes macromoléculas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos que tienen funciones esenciales en las células. Así mismo, ocasionan la destrucción de orgánulos celulares, específicamente debido a la oxidación de los lípidos de membrana que conforman los distintos compartimentos celulares, lo cual provoca cambios en la solubilidad de las mismas. Este fenómeno se conoce como peroxidación lipídica y ha sido bien documentado por numerosos autores (Venero, 2002).

Los polifenoles en general, son capaces de eliminar los radicales libres ya que pueden donar electrones, lo que genera un radical fenoxilo estable. Diversos trabajos demuestran la capacidad antioxidante de los mismos (Reddy *et al.*, 2008). Además de las potencialidades de los polifenoles como agentes antioxidantes, estos compuestos tienen potenciales en la medicina, como por ejemplo la capacidad antitumoral que presentan los flavonoides. Estudios realizados por Gupta *et al.* (2001) y Caltagirone *et al.* (2000) evidenciaron que los flavonoides como la quercitina y la apigenina, tienen un potencial para inhibir el desarrollo de tumores. Estudios similares refirieron que otros flavonoides como la epigallocatequina galato, la luteolina, la apigenina y la genisteina pueden disminuir el desarrollo de la angiogénesis (desarrollo de nuevos vasos sanguíneos) en ensayos *in vitro* y *ex vitro* (Tosetti *et al.*, 2002).

Los flavonoides también son utilizados en la prevención de enfermedades coronarias. La producción endotelial de óxido nítrico inhibe la adhesión y agregación de plaquetas. El aglutinamiento de plaquetas es uno de los primeros eventos que ocurren en la formación de

coágulos y que pueden obstruir a las arterias cerebral y coronaria, lo que resulta en un infarto o un derrame cerebral. La inhibición de la agregación de plaquetas es una estrategia importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Visioli *et al.*, 2000). Los resultados de pruebas clínicas controladas sugieren que la ingesta frecuente de alimentos y bebidas ricas en flavonoides puede mejorar la función vascular endotelial y disminuir la agregación plaquetaria (Polagruto *et al.*, 2003).

El género *Agave* se utiliza actualmente para la extracción de fructanos, los cuales constituyen polímeros de fructosa que son los principales carbohidratos de reserva. Se encuentran entre los compuestos mejor caracterizados localizados en la savia de los agaves. La presencia de estas sustancias está relacionada con una función protectora contra el estrés por frío y sequía en las plantas. Las especies que contienen fructanos se encuentran en un grupo reducido de familias monocotiledóneas y dicotiledóneas y poseen una amplia variedad de aplicaciones. Los compuestos de bajo peso molecular tienen un sabor dulce, mientras que los de mayor tamaño forman emulsiones de sabor neutral. Son considerados ingredientes alimenticios funcionales debido a que influyen en procesos fisiológicos y bioquímicos en humanos y animales, lo cual incide en el mejoramiento de la salud y reduce el riesgo a padecer diversas enfermedades (Alvarado *et al.*, 2014; Zamora-Gasga *et al.*, 2015). Estudios experimentales refieren el efecto terapéutico que tienen los fructanos al estimular el sistema inmunológico, reducir los niveles de bacterias patógenas en el intestino y disminuir el riesgo a la osteoporosis ya que incrementan la absorción mineral (Castro-Zavala *et al.*, 2015; García *et al.*, 2015).

Los agaves como el henequén pueden presentar cantidades notables de inulina, que constituyen un componente de gran valor y es utilizado extensamente en la industria alimenticia como aditivo sustituyente de azúcares y como agente prebiótico (Mielenz *et al.*, 2015). Los fructanos de tipo inulina poseen enlaces tipo  $\beta$  (2-1) entre los monosacáricos que no son atacados por las enzimas digestivas, esto permite que lleguen al intestino delgado sin variaciones y en consecuencia, pueden servir como sustratos fermentativos de los microorganismos. Varios estudios indican que los fructanos estimulan el crecimiento y la actividad de bifidobacterias y lactobacilos en el intestino de manera selectiva, inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas (Velázquez-Martínez *et al.*, 2014; Castro-Zavala *et al.*, 2015).

En estudios realizados con fructanos extraídos de *Agave fourcroydes* Lem. se observó un efecto prebiótico, con una disminución en la concentración de glucosa en el suero, el colesterol y los triglicéridos, por lo cual este cultivo tiene potencialidades para su uso en pacientes con Diabetes mellitus (García-Curbelo *et al.*, 2015). Otras aplicaciones que tienen las inulinas son su uso como adyuvantes en vacunas (Li *et al.*, 2015) y en la preparación de microesferas para la liberación controlada de fármacos (Matthew *et al.*, 2016).

## Potencialidades de los agaves para el control de plagas



El ataque de plagas a los cultivos ocasiona pérdidas económicas anuales elevadas a nivel mundial. En Cuba se almacenan 24 000 t de alimentos como Reserva del Estado y se derogan anualmente más de 2 millones de USD por concepto de importación de alimentos. Debido a las pérdidas económicas que ocasionan las plagas se desarrollan estudios relacionados con la prevención y el control de organismos perjudiciales de almacén o contaminantes, que inhabilitan el alimento para el consumo humano o animal (Báez, 2014).

Los insecticidas botánicos son considerados de bajo riesgo, se han utilizado tradicionalmente por las comunidades humanas y constituyen una alternativa atractiva y segura de desarrollo ambiental, a los insecticidas sintéticos para el control de vectores y plagas (Tennyson *et al.*, 2012).

Los moluscos y los insectos constituyen plagas comunes de numerosos cultivos en países tropicales y subtropicales. En este ámbito se evalúan los efectos molusquicidas e insecticidas de numerosos vegetales, entre los que se encuentran diferentes especies de agaves.

La evaluación *in vitro* de la actividad insecticida de un extracto de *Agave fourcroydes* Lem., evidenció un efecto plaguicida contra coleópteros y dermápteros. El macerado provocó un 50% de mortalidad de las plagas y las muertes ocurrieron transcurridas 96 h (Báez, 2014).

La actividad molusquicida fue referida en varias especies de la familia Agavaceae como *Agave wightii* Drumm, *Agave sisalana* Perrine, *Agave filifera* Salm-Dyck, *Agave lechugilla* Torr., *Agave legrelliana* Jacobi., *Agave fourcroydes* Lem., *Agave beauleriana* Jacobi (Iannacone *et al.*, 2013). Debido a las potencialidades que ofrece el henequén como planta portadora de metabolitos con principios activos plaguicidas, es necesario continuar el estudio a partir de materiales crudos de plantas locales, para evaluar la actividad contra las principales plagas y enfermedades que se presentan en los cultivos de interés agrícola.

Los extractos crudos de hojas de *A. americana* también manifestaron actividad antiesporulante contra *Sclerospora graminicola* (Deepak *et al.*, 2007). Guleria y Kumar (2009) refirieron que los extractos metanólicos de esta especie tienen un efecto potente contra *Alternaria brassicae*. Las sapogeninas tienen una función central en las propiedades antimicrobianas de *A. americana* (Guleria y Kumar, 2009).

## Conclusiones

Los agaves son plantas con características morfofisiológicas idóneas para enfrentar el cambio climático y contiene diversos tipos de metabolitos secundarios y primarios como inulina, saponinas, polifenoles, terpenos, flavonoides, entre otros, que corroboran los usos tradicionales que tienen los agaves. Estos compuestos constituyen una fuente de nuevos productos bioactivos para el desarrollo de las industrias médico-farmacéutica y alimentaria. Además, algunas de estas sustancias tienen actividad antimicrobiana y plaguicida, por lo cual constituyen una alternativa a los plaguicidas químicos, más amigable con el medio ambiente, menos costosa y de mayor accesibilidad al productor.

## Bibliografía

ABOUTALEBI, R. AND MONFARED, A. Saponin Terpenoids; A Brief Review of Mechanisms of Actions and Anti-cancerous Effects. *American Chemical Science Journal*, no. 12 vol. 17, 2016, pp. 1-8.

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

ALVARADO, C., CAMACHO, R.M., CEJAS, R. AND RODRÍGUEZ, J.A. Profiling of commercial agave fructo oligosaccharides using ultrafiltration and high performance thin layer Chromatography. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, no. 13 vol. 2, 2014, pp. 417-427.

ÁVILA, R., RIVAS, B., HERNÁNDEZ, R. AND CHIRINOS, M. Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en *Agave cocui*. *Multiciencias*, no. 12 vol. 2, 2012, pp. 129-135.

BÁEZ, L.M, 2014. Diagnóstico taxonómico, caracterización de daños y manejo de insectos plagas en el almacén de alimentos de la empresa constructora militar (ECM 4). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

CALTAGIRONE, S., ROSSI, C., POGGI, A., RANELLETTI, F.O., NATALI, P.G., BRUNETTI, M., AIELLO, F.B. AND PIANTELLI, M. Flavonoids apigenin and quercetin inhibit melanoma growth and metastatic potential. *International Journal at Cancer*, no. 87 vol. 4, 2000, pp. 595-600.

CASILLAS, F.R., CARDENAS, A.O., RIVAS, C., VERDE, M.J. AND CRUZ-VEGA, D.E. Cytotoxic activity of *Agave lechuguilla* Torr. *African Journal of Biotechnology*, no. 11 vol. 58, 2012, pp. 12229-12231.

CASTRO-ZAVALA, A., JUÁREZ-FLORES, B.I., PINOS-RODRÍGUEZ, J.M., DELGADO-PORTALES, R.E., AGUIRRE-RIVERA, J.R. AND ALCOCER-GOUYONNET, F. Prebiotic Effects o *Agave salmiana* Fructans in *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* Cultures. *Nat Prod Commun*, no. 10 vol. 11, 2015, pp. 1985-1988.

CHIGODI, M.O., SAMOEI, D.K. AND MUTHANGYA, M. Phytochemical screening of *Agave sisalana* Perrine leaves (waste). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, no. 4, vol. 4, 2013, pp. 200-204.

DEEPAK, S.A, OROS, G, SATHYANARAYANA, S.G, SHETTY, H.S, SASHIKANTH, S. Antisporulant activity of watery extracts of plants against *Sclerospora graminicola* causing downy mildew disease of pearl millet. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, no. 2 vol. 1, 2007, pp. 36-42.

DÍAZ-BATISTA, D., DÍAZ-FORCELLEDO, D., MAZORRA-MESTRE, M. Y VALÍN-RIVERA, J.L. Comportamiento mecánico de fibras henequén cubano e interfase con polímeros termoplásticos del tipo poliiolefina. *Ingeniería Mecánica*, no. 3, vol.18, 2015, pp. 148-157.

EGUIARTE, L.E., SILVA, A. Y SOUSA, V. Biología evolutiva de la familia Agavaceae: Biología reproductiva, genética de poblaciones y filogenia. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, no. 166, 2000, pp. 131-150.

ESPINOSA, L.A. Generalidades e importancia de los agaves en México. Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad de Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Desde el Herbario CICY, no. 7, 2015, pp. 161–164.

FERNÁNDEZ-HERRERA, M.A., LÓPEZ-MUÑOZ, H., HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, J.M.V., SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, L., ESCOBAR-SÁNCHEZ, M.L., PINTO, B.M. AND SANDOVAL-RAMÍREZ, J. “Synthesis and selective anticancer activity of steroidal glycoconjugates”. *European Journal of Medicinal Chemistry*, no. 54, 2012, pp. 721-727.

GARCÍA-CURBELO, Y., LÓPEZ, M.G., BOCOURT, R., COLLADO, E., ALBELO, N. Y NUÑEZ, O. Caracterización estructural de los fructanos de *Agave fourcroydes* (Lem.) con potencialidades como prebiótico. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, no. 49, vol. 1, 2015, pp. 75-80.

GÓMEZ-CALVARIO, V., ARENAS-GONZÁLEZ, A., MEZA-REYES, S., MONTIEL-SMITH, S., VEGA-BÁEZ, J.L., SANDOVAL-RAMÍREZ, J. AND HERNÁNDEZ-LINARES, M.G. Synthetic pathway to 22,23-dioxocholestanic chain derivatives and their usefulness for obtaining brassinosteroid analogues. *Steroids*, no. 78, vol. 9, 2013, pp. 902-908.

GONZÁLEZ, G. 2001. Embriogénesis somática en henequén (*Agave fourcroydes* Lem). Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas Universidad de Matanzas. 114p.

GONZÁLEZ, G., ALEMÁN, S., BARREDO, F., KEB, M., ORTIZ, R., ABREU, E., ROBERT, M.L. Una alternativa de la recuperación henequenera de Cuba, mediante el uso de técnicas biotecnológicas y moleculares. *Biotecnología Aplicada*. No 21, vol. 1, 2004, p. 44-49.

GULERIA, S., AND KUMAR, A. Antifungal activity of *Agave americana* leaf extract against *Alternaria brassicae*, causal agent of *Alternaria blight* of Indian mustard (*Brassica juncea*) *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, no. 42, vol. 4, 2009, pp. 370-375.

GUPTA, S., AFAQ, F. Y MUKHTAR, H. Selective growth-inhibitory, cell-cycle regulatory and apoptotic response of apigenin in normal versus human prostate carcinoma cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, no. 287, vol. 4., 2001, pp. 914-920.

HAN, X., SHEN, T. Y LOU, H. Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, no. 8, 2007, pp. 950-988.

IANNACONE, J., LA TORRE, M.I., ALVARIÑO, L., CEPEDA, C., AYALA, H. AND ARGOTA, G. Toxicidad de los bioplaguicidas *Agave americana*, *Furcraea andina* (Asparageaceae) y *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) sobre el caracol invasor *Melanoides tuberculata* (Thiaridae). *Neotrop. Helminthol*, no. 7, vol. 2, 2013, pp. 231-241.

ISIL, Y. AND TURKAN, K. Anticancer Agents: Saponin and Tannin. *International Journal of Biological Chemistry*, no. 9, 2015, pp. 332-340.

KAUR, S. AND DAS, M. Functional foods: an overview. *Food Sci Biotechnol*, no. 20, vol. 4, 2011, 861-875.

KUMAR, R., KUMAR, P., KUMAR, G. AND CHANDRA, R. Evaluation of mosquito larvicidal efficacy of leaf extract of a cactus plant, *Agave sisalana*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, no. 2, vol. 1, 2014, pp. 83-86.

LI, L., HONDA-OKUBO, Y., LI, C., SAJKOV, D., PETROVSKY, N. Delta Inulin Adjuvant Enhances Plasmablast Generation, Expression of Activation-Induced Cytidine Deaminase and B-Cell Affinity Maturation in Human Subjects Receiving Seasonal Influenza Vaccine. *PLoS ONE*, no. 10, vol. 7, 2015, doi:10.1371/journal.pone.0132003.

LIU, Q., CHEN, W., JIAO, Y., HOU, J., WU, O., LIU, Y. AND QI, X. Pulsatilla saponin A, an active molecule from *Pulsatilla chinensis*, induces cancer cell death and inhibits tumor growth in mouse xenograft models. *J. Surg. Res*, vol. 188, 2014, pp. 387-395.

LOBATO, C.E., GÓMEZ, A., ALOR, CH.M., BADAL, M.J., HERNÁNDEZ, V.C., DÍAZ, V.C. Cuantificación de flavonoides, taninos y esteroides en plantas medicinales de uso tradicional en Tabasco. División Académica de Ciencias Básicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 2008.

MATTHEW, D., GALLOVIC, A., DOUGLAS, G., MONTJOY, A., MICHAEL, A., COLLIER, B., CLEMENT DO, C., BARBARA, E., WYSLOUZIL, E., BACHELDERB, M. AND KRISTY, M.A. Chemically modified inulin microparticles serving dual function as a protein antigen delivery vehicle and immunostimulatory adjuvant. *Biomaterials Science*, no. 3, vol. 4, 2016, pp. 483-493.

MIELLENZ, J.R., RODRIGUEZ, M.JR., THOMPSON, O.A., YANG, X. AND YIN, H. Development of Agave as a dedicated biomass source: production of biofuels from whole plants. *Biotechnology for Biofuels*, no. 8, vol. 79, 2015. DOI 10.1186/s13068-015-0261-8.

MIGUEL LUNA, M.E.; ENRÍQUEZ DEL VALLE, J.R.; VELASCO VELASCO, V.A.; YURI VILLEGAS APARICIO, Y., CARRILLO RODRÍGUEZ, J.C. Concentración de benciladenina, tipo y dosis de carbohidratos en el medio de cultivo parapro proliferación de brotes de *Agave americana*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 2014. Versión On-line. ISSN 1853-8665.

NATHAN, C. AND DING, A. Nonresolving inflammation. A discussion of the abnormalities that lead to chronic inflammation. *Cell*, no. 140, vol. 11, 2010, pp. 871-882.

NOBEL, P.S. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press, New York. 1988.

PASTENE, E.R. Estado actual de la búsqueda de plantas con actividad antioxidante. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. No 8, vol. 6, 2009, pp. 449 – 455.

POLAGRUTO, J.A., SCHARAMM, D.D., WANG-POLAGRUTO, J.F., LEE, L. AND KEEN, C.L. Effects of flavonoid-rich beverages on prostacyclin synthesis in humans and human aortic endothelial cell: association with ex vivo platelet function. *Journal of Medicinal Food*, no. 6, vol. 4, 2003, pp. 301-308.

REDDY, B.S., REDDY, B.P., RAGHAVULU, S.V., RAMAKRISHNA, S., VENKATESWARLU, Y. AND DIWAN, P.V. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of *Soymida febrifuga* leaf extracts. *Phytotherapy Research*, no. 22, 2008, pp. 943-947.

RODRÍGUEZ, A.A., SANABIO, L.M., VALÍN, J.L. Y DÍAZ, D. Fabricación de compuesto de matriz epoxi reforzado con fibras largas de henequén orientadas aleatoriamente. *Ingeniería Mecánica*, no. 18, vol. 2, 2015, Versión On-line ISSN1815-5944.

RUIZ-PÉREZ, K.M., ROMERO-ÁVILA, M., TINAJERO-DELGADO, V., FLORES-ALAMO, M. AND IGLESIAS-ARTEAGA, M.A. “BF<sub>3</sub>.Et<sub>2</sub>O-induced stereoselective aldol reaction with benzaldehyde, and steroid saponins and its application to a convenient synthesis of dinorcholanic lactones”. *Steroids*, no. 77, vol. 7, 2012, pp. 819-828.

SALINAS, MJ. La pita, el henequén y el sisal en el sureste ibérico andaluz. Invasoras en peligro de invasión. HUAL. Universidad de Almería. La Cañada de San Urbano. Almería. España. 2016. Disponible en: <http://www2.ual.es/herbario> Consulta: mayo, 2016.

SANTOS-ZEA, L., FAJARDO-RAMÍREZ, O.R., ROMO-LÓPEZ, I. AND GUTIÉRREZ-URIBE, J.A. Fast centrifugal partition chromatography fractionation of concentrated *Agave salmiana* sap to obtain saponins with apoptotic effect on colon cancer cells. *Plant Foods Hum Nutr*, no. 71, vol. 1, 2016, pp. 57-63.

STRASBURGER, E.F., NOLL, H., SCHIMPER, A.F.W. *Tratado de Botánica*. Barcelona: Marin. P. 1971. 582.

TAMILSELVAN, N., THIRUMALAI, T., SHYAMALA, P. AND DAVID, E. A review on some poisonous plants and their medicinal values. Document. *Journal of Acute Disease*. 2014. Disponible en: <http://www.jadweb.org>. Consulta: marzo, 2017.

TENNYSON, S., RAVINDRAN, K.J. AND ARIVOLI, S. Screening of twenty five plant extracts for larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. No. 2, 2012, pp. 1130-1134.

TOSETTI, F., FERRARI, N., DE FLORA, S. AND ALBINI, A. Angioprevention: angiogenesis is a common and key target for cancer chemiopreventive agents. *The FASEB Journal*, no. 16, 2002, pp. 2-14.

VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, J.R., GONZÁLEZ-CERVANTES, R.M., HERNÁNDEZ-GALLEGOS, M.A., MENDIOLA, R.C., APARICIO, A.R. AND OCAMPO, M.L. Prebiotic potential of *Agave angustifolia* Haw fructans with different degrees of polymerization. *Molecules*, no. 19, vol. 8, 2014, pp. 12660-75.

VENERO, G.J.R. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, no. 31, vol. 2, 2002, pp. 126-133.

VERDUZCO, J., PREDO, C., Y MERCADO, R. VII Simposium -Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México” Facultad de Agronomía, UANL y Museo Bernabé de las Casas. Mina, Nuevo León, México. 2008. Octubre 24 y 25.

VILLEGAS-SILVA, P.A., TOLEDANO-THOMPSON, T., CANTO-CANCHÉ, B.B., ALFONSO LARQUÉSAAVEDRA, A. AND BARAHONA-PÉREZ, L.F. Hydrolysis of



*Agave fourcroydes* Lemaire (henequen) leaf juice and fermentation with *Kluyveromyces marxianus* for ethanol production. 2014. *Biotechnology*. 14:14.

VISIOLI, F., BORSANI, L. AND GALLI, C. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*. Vol. 47, 2000, pp. 419-425.

WIDSTEN, P., CRUZ, C.D., FLETCHER, G.C., PAJAK, M.A. AND MCGHIE, T.K. Tannins and extracts of fruit byproducts: Antibacterial activity against foodborne bacteria and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem*. Vol. 62, 2014, pp. 11146-11156.

ZAMORA-GASGA, V.M., LOARCA-PIÑA, G., VÁZQUEZ-LANDAVERDE, P.A., ORTIZ-BASURTO, R.I., TOVAR, J. AND SÁYAGO-AYERDI, S.G. *In vitro* colonic fermentation of food ingredients isolated from *Agave tequilana* Weber var. azul applied on granola bars. *LWT Food Sci. Technol*. Vol. 60, 2015, pp. 766-772.

ZHANG, Y., MA, Z., HU, C., WANG, L., LI, L. AND SONG, S. Cytotoxic triterpene saponins from the leaves of *Aralia elata*. *Fitoterapia*. Vol. 83, 2012, pp. 806-811

ZHAO, R.P., LIN, S.S., YUAN, S.T., YU, B.Y., BAI, X.S., SUN, L. AND ZHANG, L.Y. DT-13, A saponin of dwarf lilyturf tuber, exhibits anti-cancer activity by downregulating C-C chemokine receptor type 5 and vascular endothelial growth factor in MDA-MB-435 cells. *Chin. J. Natural Med*. Vol. 12, 2014, pp. 24-29.

ZWANE, P.E., MASARIRAMBI, M.T., MAGAGULA, N.T., DLAMINI A.M. AND BHEBHE, E. Exploitation of *Agave americana* L plant for food security in Swaziland. *American Journal of Food and Nutrition*, no. 2, vol. 1, 2011, pp. 82-88.