

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

EVALUACION DE EXTRACTOS VEGETALES A BASE DE MELIACEAS COMO BIOFERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO DE CAÑA DE AZUCAR

**Informe Técnico de Residencia Profesional
que presenta el C.**

Alumno: JOSE ROGELIO GÓMEZ DÍAZ

Número de Control: 12870152

Carrera: Ingeniería en Agronomía

Asesor Interno: Dr. Fernando Casanova Lugo

Juan Sarabia, Quintana Roo Diciembre 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **José Rogelio Gómez Díaz**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno Dr. Fernando Casanova Lugo, el asesor externo el Ing. Benjamín Vela Domínguez, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **EVALUACION DE EXTRACTOS VEGETALES A BASE DE MELIACEAS COMO BIOFERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO DE CAÑA DE AZUCAR**, que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE

Asesor Interno



Dr. Fernando Casanova Lugo

Asesor Externo



Ing. Benjamín Vela Domínguez

Juan Sarabia, Quintana Roo, diciembre, 2016.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO.....	5
IV. OBJETIVOS.....	6
V. MARCO TEORICO.....	7
5.1. El cultivo de la caña de azúcar	7
5.2. Ciclo vegetativo de la caña de azúcar	8
5.2.1. Germinación y emergencia.....	8
5.2.2. Amacollamiento o ahijamiento	8
5.2.3. Rápido crecimiento.....	9
5.2.4. Maduración	9
5.2.5. Cosecha	10
5.3. Importancia de los biofertilizantes	10
5.4. Fertilización nitrogenada.....	11
5.5. Época óptima para la fertilización nitrogenada.....	12
5.6. Descripción de las especies vegetales	13
5.6.1. Nim (<i>Azadirachta indica</i> .)	13
5.6.2. Cedro (<i>Cedrela odorata</i> .).....	15
5.6.3. Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> .).....	17
VI. MATERIALES Y METODOS.....	19
6.1. Sitio experimental.....	19
6.2. Evaluación del ciclo del cultivo	19
6.3. Colecta de especies vegetales.....	20
6.4. Elaboración de extractos.....	20
6.5. Aplicación de extractos en campo	20
VII. RESULTADOS	22
VIII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES.....	26

IX. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS	27
X. CONCLUSIÓN	28
XI. RECOMENDACIONES	29
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	30
XIII. ANEXOS.....	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Crecimiento y diámetro en el cultivo de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 a los 60 días después de las tres aplicaciones de los extractos vegetales en el ejido de Pucté Q. Roo.	23
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio donde se desarrolló el proyecto.....	5
Figura 2. Época óptima para fertilización nitrogenada.....	12
Figura 3. Diferentes partes del árbol de Azadirachta indica.	14
Figura 4. Diferentes partes del árbol de Cedrela odorata.....	16
Figura 5. Diferentes partes del árbol de Cedrela odorata.....	18
Figura 6. Etapas fenológicas de la caña de azúcar.	19
Figura 7. Germinación de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 con la aplicación de los tres extractos vegetales en el ejido de Pucté Q. Roo. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.	22
Figura 8. Densidad de individuos por metro de cada tratamiento en el cultivo de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 en el ejido de Pucté Q. Roo. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.....	24
Figura 9. Contenido de nitrógeno total de extractos vegetales acuosos a base de especies meliáceas. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.	25

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial existe la necesidad de elevar la producción agrícola de una manera sustentable y amigable con el medio ambiente. En las últimas décadas se ha tomado conciencia del agotamiento de los recursos naturales debido a la explotación desmesurada de los mismos. En el ámbito agrícola, el objetivo es lograr altos rendimientos por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos. Para ello uno de los requerimientos más importantes es el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Tradicionalmente, la deficiencia de nutrimentos, especialmente la de N, es corregida a través de la adición de fertilizantes. Sin embargo, los altos costos limitan su uso, sobre todo en los países en desarrollo, donde la necesidad de incrementar la producción de alimentos es más urgente (Gabino de Alba, 2010).

En México la baja rentabilidad de la actividad agrícola impulsa la investigación para desarrollar nuevos insumos, con el fin de proveer innovaciones tecnológicas que tiendan a maximizar el ingreso. Bajo estas condiciones, se presenta la alternativa de utilizar tecnologías compatibles con la actividad microbiológica para favorecer la nutrición de las plantas. Es por ello que surge la necesidad de evaluar biofertilizantes a base de extractos vegetales que estimulen el desarrollo y crecimiento de las plantas y de esta forma obtener mayores rendimientos por hectárea en los cultivos agrícolas (Vessey, 2003).

En los extractos de las plantas se han evidenciado estimuladores del desarrollo fisiológico de la planta o activando mecanismos de defensa contra plagas y enfermedades, propiedades antifúngicas y antibacterianas (Kagale 2004). Además, algunos estudios sostienen que los extractos vegetales a base de algas marinas aplicados por vía foliar pueden incrementar la nutrición de las plantas y en consecuencia se vuelven más vigorosas debido al contenido de nitrógeno que

estas contienen. Asimismo, las enzimas que éstas contienen refuerzan el sistema inmunitario y promueven las funciones fisiológicas (Fox y Cameron 1999). Sin embargo, los estudios relacionados con el efecto biofertilizante de los extractos vegetales han sido escasos, más aún para especies tropicales como las pertenecientes a la familia de Las meliáceas, como el cedro (*Cedrela odorata* L.), caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y nim (*Azadirachta indica* A. Juss.).

Por lo tanto, el propósito del presente trabajo fue comparar la germinación y crecimiento inicial de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con la aplicación de extractos de vegetales de cedro (*Cedrela odorata* L.), nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King.), como biofertilizantes foliares en el ejido de Pucté, Quintana Roo.

II. JUSTIFICACIÓN

El uso de biofertilizantes en Agricultura tiene dos ventajas principales, una ecológica y otra económica. Los fertilizantes químicos se usan en muchos casos en forma excesiva de modo que la parte no aprovechada por las plantas termina contaminando el suelo, aguas subterráneas, ríos, lagos y océanos. Aun cuando se apliquen en forma moderada, solamente un porcentaje de los fertilizantes químicos será absorbido. Las plantas tienen un porcentaje de asimilación y lo que se agregue de mas no será utilizado y se volatizara ocasionando una contaminación al medio ambiente y los residuos afectaran el manto freático.

Por lo cual se realizará una investigación con el propósito de encontrar un biofertilizante foliar a base de meliáceas para llevar a cabo una fertilización orgánica para evaluar el crecimiento de caña de azúcar. Así no contaminaremos al medio ambiente y será más accesible para el productor.

La idea central de elaborar extractos vegetales como biofertilizantes a base de meliáceas es derivado de la escasa importancia que se les ha dado a estas especies como fertilizantes orgánicos ya que científicamente se sabe que poseen grandes propiedades metabólicas que aportan beneficios para el control de plagas, como medicamentos y porque no como biofertilizantes.

En la mayoría de los cultivos, la demanda de nutrientes tiene su pico durante la fase máxima de desarrollo vegetativo en los cultivos anuales y durante el desarrollo de los frutos y semillas en los arbóreos. Durante estas fases tanto como el 40% de la acumulación total anual de nutrientes puede ser adquirida en un período de 10 días (Jones 2009).

La importancia de elaborar biofertilizantes no es solo por el bajo impacto ambiental sino por la viabilidad de consumo y absorción por vía estomática, ya que las plantas en general asimilan los nutrientes por esta vía.

Debido que existen pocas investigaciones sobre biofertilizantes con extractos de hojas de plantas de la especie meliáceas surgió la idea de elaborar extractos vegetales de hojas de meliáceas como biofertilizantes en el cultivo de caña de azúcar, ya que son de bajo costo y se asimilan más fácilmente en las plantas, también pueden causar efecto de repelencia contra plagas, además no dañan al medio ambiente, son de fácil elaboración y cabe mencionar que las especies meliáceas son disponibles en la región.

III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

El proyecto de residencia se realizó en una parcela de media hectárea en el Ejido de Pucté de la Ribera del Rio Hondo del Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. Con coordenadas geográficas de 18°13'49.53" Norte 88°39'58.79" Oeste

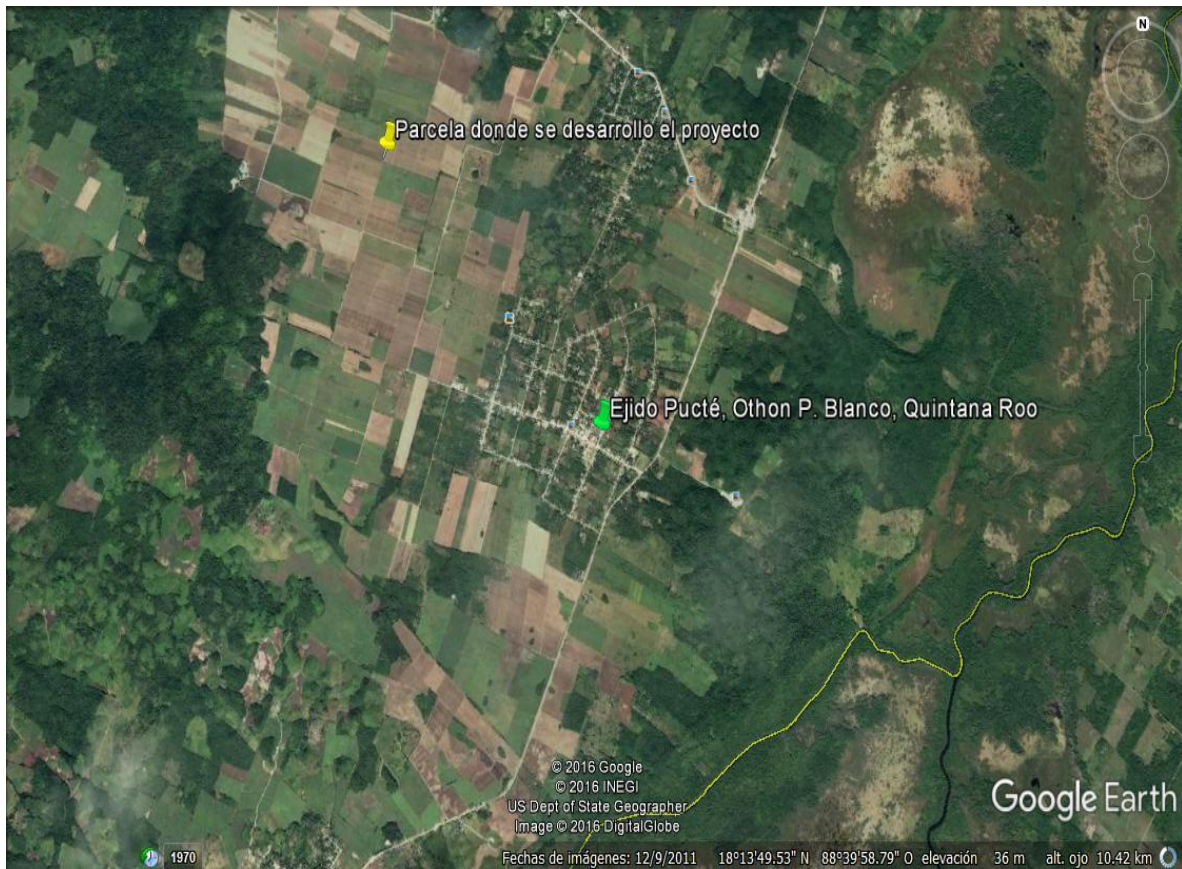


Figura 1. Sitio donde se desarrolló el proyecto.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar y comparar diferentes extractos de vegetales a base de meliáceas como cedro (*Cedrela odorata* L.), nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King.) como biofertilizantes foliares en la germinación y crecimiento inicial de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en el ejido de Pucté, Quintana Roo.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la germinación del cultivo de caña de azúcar con la aplicación de extractos vegetales.
- Cuantificar la densidad de individuos de caña de azúcar por metro con la aplicación de extractos vegetales.
- Determinar la altura total y el diámetro del tallo del cultivo de caña de azúcar
- Cuantificar el contenido de nitrógeno total de los diferentes extractos vegetales.

V. MARCO TEORICO

5.1. El cultivo de la caña de azúcar

La caña de azúcar constituye el cultivo sacarífero más importante del mundo, responsable del 70% de la producción total de azúcar (Romero *et al.*, 2009). La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, de donde se distribuyó a toda Asia. Los árabes la trasladaron a Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por África. Colon la llevo a las islas del caribe y de ahí pasó a América tropical. A México llegó con la conquista instalándose las primeras industrias azucareras en las partes cálidas del país como parte de la colonización (Romero, 2009).

La historia de la caña de azúcar en México y América Latina data de la mitad del siglo XVI, donde su cultivo comenzó a difundirse bajo un sistema de haciendas, con un proceso que abarcaba desde la producción agrícola hasta la elaboración de piloncillo y azúcar mascabada, además de la destilación de aguardiente. La caña de azúcar se trajo al América española desde 1493 cuando colon realizo su segundo viaje plantando en santo domingo las primeras cañas que pronto se multiplicaron. Antes de difundir du cultivo en la nueva España, la caña de azúcar se propago en puerto rico, Jamaica y cuba, y fue hasta alrededor de 1523 cuando se introdujo por primera vez a México atribuyéndosele gran mérito a Hernán Cortes quien fue además el fundador de los primeros ingenios del país (Banko 2005).

Las principales explotaciones cañeras surgieron en Morelos, Michoacán, Veracruz y la principal mano de obra para este cultivo eran los indios. En México la superficie cultivada de caña es de 677 mil ha con un rendimiento promedio de 67.99 t/ha. Solo en Quintana Roo cuenta con 33 mil ha cultivadas de caña de azúcar (Romero, 2009).

5.2. Ciclo vegetativo de la caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 y hasta 17 meses. En este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento y maduración. En tanto, el desarrollo de las socas (segundo corte de la caña) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amacollamiento, rápido crecimiento y maduración. A continuación, se describe cada una de estas etapas de crecimiento del cultivo (FIRA, 2010):

5.2.1. Germinación y emergencia

La germinación es el proceso que da paso de los órganos primordiales¹ latentes en la yema al estado activo de crecimiento y desarrollo. Aunque la duración de esta etapa puede variar, inicia entre los 7 a 10 días después de la siembra. El crecimiento inicial se prolonga hasta los 35 días. Las temperaturas óptimas para la brotación oscilan entre los 24 a 37°C con disponibilidad de buena humedad en el suelo. (Ibid, 15) El éxito de esta fase radica en la magnitud, ritmo y uniformidad de la emergencia (desarrollo inicial de la plántula), como también en el logro de una adecuada distribución espacial de los tallos primarios en el surco. Emergencias pobres y prolongadas afectarán el cumplimiento efectivo de las siguientes fases y finalmente la producción del cañaveral. (Romero 2012).

5.2.2. Amacollamiento o ahijamiento

Esta etapa comienza alrededor de los 35 a 40 días después de la plantación y se caracteriza por el brote de varios tallos a partir de las articulaciones nodales que se encuentran en la base de los tallos primarios. Los factores que favorecen el ahijamiento son: la variedad, los días de larga duración y alta intensidad luminosa, una temperatura cercana a los 30°C es la óptima, buenas condiciones de humedad en el suelo y buen nivel de nitrógeno. (FIRA, 2010).

Esta es una fase de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables. Además, durante esta fase ocurre la generación del sistema radicular adventicio y definitivo del cañaveral (Romero 2012).

5.2.3. Rápido crecimiento

En esta etapa se da la formación y elongación de la caña con rapidez. Así mismo, en esta fase también se presenta una gran acumulación de materia seca y la planta alcanza su máxima área foliar (hojas). Esta etapa puede prolongarse de acuerdo a la variedad, la temperatura y la humedad. Sin embargo, como referencia puede citarse que comienza alrededor de los 120 días después de la plantación y es a los 180 días aproximadamente queda definido la población de tallos (sólo sobreviven entre el 40 y el 50% de los hijuelos o retoños). En esta fase el cultivo requiere temperaturas sobre los 30°C, disponibilidad de nutrientes y buena condición de humedad. (FIRA, 2010).

Como se mencionó, durante esta etapa se define la producción de caña al determinarse la población final de tallos a moler y, en gran medida, el peso fresco por tallo. Además, se inicia el almacenamiento de azúcar en los entrenudos que van completando su desarrollo. En esta fase el cultivo expresa la máxima respuesta a los factores ambientales y de manejo. (Romero 2012).

5.2.4. Maduración

En esta etapa de desarrollo de la planta de caña se da el proceso de síntesis y acumulación de sacarosa en los tallos de la caña. La maduración de la caña es de la base al ápice (extremo superior) de la planta. Esta parte del desarrollo tiene una duración de unos 2 a 3 meses. Los factores que favorecen el almacenamiento de sacarosa son aquellos que inhiben el crecimiento de la planta, entre ellos la presencia de noches frescas (temperaturas de 18°C), días calurosos y secos. Aplicaciones elevadas o extemporáneas de nitrógeno tiene un efecto negativo porque retarda la maduración. (FIRA, 2010). Los cultivares (variedades)

constituyen un factor intrínseco de gran importancia en la maduración, registrándose entre ellos diferencias en la modalidad y en la producción de azúcar por hectárea. (Romero 2012)

5.2.5. Cosecha

La faena (actividad) de la recolección se lleva a cabo entre los once y los dieciséis meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la caña se vuelve quebradiza. Se quema la plantación para eliminar las malezas que impiden el corte de la Caña, así como posibles plagas (ratas de campo, víboras, tuzas, etc.) que pudiesen causar daño a los cortadores. Actualmente existe maquinaria para realizar el corte de la caña, sin embargo, la mayor parte de la zafra o recolección sigue haciéndose manualmente. El instrumento usado para cortarla suele ser un machete grande de acero con hoja de unos 50 cm de longitud y 13 cm de anchura, un pequeño gancho en la parte posterior y empuñadura de madera. La caña se corta cerca del suelo al igual que por el extremo superior, cerca del último nudo maduro, ya cortadas se apilan a lo largo del campo, de donde se recogen a mano o a máquina para su transporte al Ingenio.

5.3. Importancia de los biofertilizantes

La caña de azúcar es un cultivo altamente extractor de nutrientes del suelo y requiere considerables dosis de fertilización de macro y micronutrientes para suplir sus necesidades, debido a su elevada capacidad de producción de biomasa¹, que en peso fresco alcanza un valor cercano o superior a 100 t/ha (que significa entre 20 y 35 t/ha de materia seca), lo cual, asociado a la prolongada duración de su ciclo, implica una extracción de nutrientes del suelo de entre 800 a 1,500 kg/ha por año, sobresaliendo el potasio y silicio, seguidos de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (Velasco, 2014).

Los fertilizantes orgánicos naturales que promueven la disponibilidad de nutrientes y contribuyen a proporcionárselos a las plantas y a mejorar la calidad del suelo

creando un entorno microbiológico natural (FAO, 2009). De manera similar, se menciona también que son una base de microorganismos que se desarrollan naturalmente en el suelo, se aíslan de él y, al inocularlos nuevamente en la rizósfera de la planta, incrementan sus poblaciones; asimismo, mediante su actividad biológica ponen a disposición de las plantas importantes nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo, así como sustancias promotoras de crecimiento, y contribuyen a la mineralización de la materia orgánica del suelo.

La interpretación del término biofertilizante es muy amplia, representando desde microorganismos, abonos verdes y/o extractos de plantas. De manera sintetizada, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003).

5.4. Fertilización nitrogenada

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, forma parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos. Se absorbe por las raíces, principalmente en forma de ión NO_3 y en menor medida como NH_4 . Es un elemento móvil. Los principales efectos derivados de la aplicación del nitrógeno en el cañaveral, se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite obtener un mayor rendimiento en caña y azúcar por hectárea (Romero 2009).

Los productores deben asumir que la fertilización con nitrógeno es una tecnología a la que no pueden renunciar si aspiran a obtener producciones económicamente aceptables, en el caso específicamente del cultivo de caña (FAO, 2003.).

Los requerimientos y el aporte de nitrógeno al cañaveral dependen de la edad de la cepa, de los rendimientos esperados, del suelo, del clima y de la presencia de

limitaciones como mal drenaje, compactación y salinidad, entre otras (Romero 2009.).

5.5. Época óptima para la fertilización nitrogenada

El momento de fertilizar con nitrógeno se relaciona con el ritmo de absorción que tiene la caña de azúcar, que es máximo en los primeros meses desde la brotación (fin de la emergencia y durante el pleno macollaje), periodo durante el cual el cultivo absorbe más nitrógeno del que utiliza para su desarrollo y crecimiento, almacenando el exceso como sustancias orgánicas en sus tejidos (especialmente en vainas y láminas foliares). Luego ese nitrógeno es removilizado hacia las zonas de activo crecimiento para atender, junto al nitrógeno aportado desde el suelo, los elevados requerimientos de la fase de gran crecimiento. Este comportamiento representa una estrategia de administración biológica de nitrógeno que le garantiza no comprometer el crecimiento (FAO, 2003.).

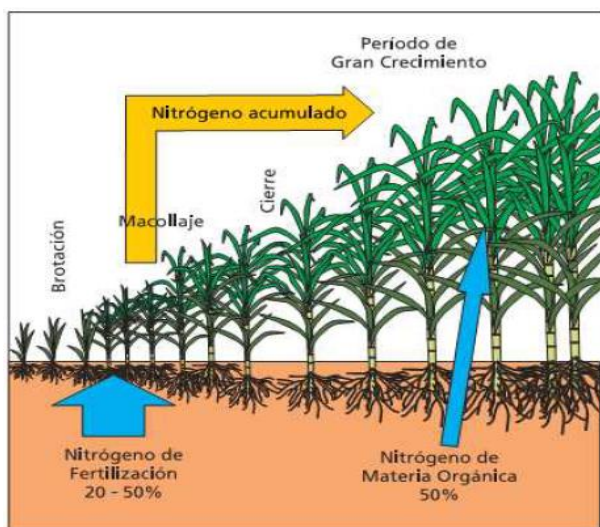


Figura 2. Época óptima para fertilización nitrogenada.

5.6. Descripción de las especies vegetales

5.6.1. Nim (*Azadirachta indica*.)

El árbol de *A. indica* es de la familia Meliáceas, es una especie tropical y subtropical de la India y Sudeste de Asia. Varias partes del árbol del *A. indica* han sido utilizadas por indígenas en la cocina, medicina tradicional y como pesticida natural. Los frutos maduros y semillas de *A. indica* presentan un aceite que emiten un fuerte aroma a ajo, algunos atribuyen eficacia y reputación medicinal del aceite de *A. indica* a los compuestos sulfurosos que contiene (Kurose y Yatagai, 2005).

Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal.

División: Spermatophyta.

Subdivisión: Angiospermae.

Clase: Geraniales.

Familia: Meliaceae.

Género: *Azadirachta*.

Especie: *Azadirachta indica* A. Juss.



Figura 3. Diferentes partes del árbol de *Azadirachta indica*.

El árbol de *A. indica* es originario de la india. El empleo de los extractos de hojas y frutos de esta especie se dan desde el año 1900 y a partir de ese entonces se aprovecha para el control de diferentes plagas agrícolas, repelentes de insectos entre otros usos (Gutiérrez 2010).

Cabe mencionar el efecto insecticida es atribuido de una sustancia que se llama Azadiractina que detiene la alimentación del insecto y no lo deja reproducirse o desarrollar metamorfosis completa, los extractos de *A. indica* actúan en los insectos como efecto antialimentario, inhibidor de crecimiento, prolonga las etapas inmaduras ocasionando la muerte, disminuye la fecundidad y la oviposición, disminuye los niveles de proteínas y aminoácidos en la hemolinfa e interfiere en la síntesis de quitina (Mordue, 2004).

5.6.2. Cedro (*Cedrela odorata*).

El cedro americano *C. odorata* es un árbol de la familia de las Meliáceas de la zona intertropical americana. Sus nombres comunes son: cedro español, cedro de las barbares, cedro de Guayana o cedro amargo.

Se encuentra en la vertiente del Golfo, desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Guerrero y en la Depresión Central y la costa de Chiapas. Altitud: 0 a 1,000 (1,700) m.

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Fanerógama / Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Cedrela*

Especie: *C. odorata* L.



Figura 4. Diferentes partes del árbol de *Cedrela odorata*.

5.6.3. Caoba (*Swietenia macrophylla*)

Nombres comunes en México. Caoba, Caobo, Cóbano (Tabasco.); Kanak-ché, Punab (l. maya, Yucatán.); Rosadillo, Tsulsul, Tutzul (l. tzeltal, Chiapas.); Tzopilocuáhuatl (l. náhuatl); Tzulzul (Chiapas.); Zopílotl, Macchochuc-quiui (l. totonaca, Veracruz.). Forma. Árbol exótico, perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m (hasta 70 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 1 a 1.8 m (hasta 3.5 m). Se extiende del norte de Veracruz a Yucatán en México y a lo largo de la costa Atlántica de Centroamérica a Venezuela. También en Colombia, Perú y Bolivia y el extremo occidental del Brasil. Ha sido introducida al sur de Florida, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, La India y otros países tropicales. Altitud: 200 a 1,500 m. (Parraguirre Lezama, 1993).

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Clase. Magnoliophytina

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Swietenia*

Especie: *Swietenia macrophylla* King



Figura 5. Diferentes partes del árbol de *Cedrela odorata*.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1. Sitio experimental

El proyecto se realizó en una parcela de media hectárea en el ejido de Pucté.

La ubicación geográfica es de 18°13'49.53" Norte 88°39'58.79" Oeste

Se delimitó el área a trabajar que consistió en una parcela de 9 m x 12 m, donde se dividió en 12 parcelitas de 3x4 m, y para cada tratamiento se le asignaron 3 parcelitas

6.2. Evaluación del ciclo del cultivo

Para el presente estudio se evaluó la fase de germinación y/o emergencia, y amacollamiento o ahijamiento, Son fases de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables. Además, durante esta fase ocurre la generación del sistema radicular adventicio y definitivo del cañaveral, tal como lo sugiere (Romero 2012).

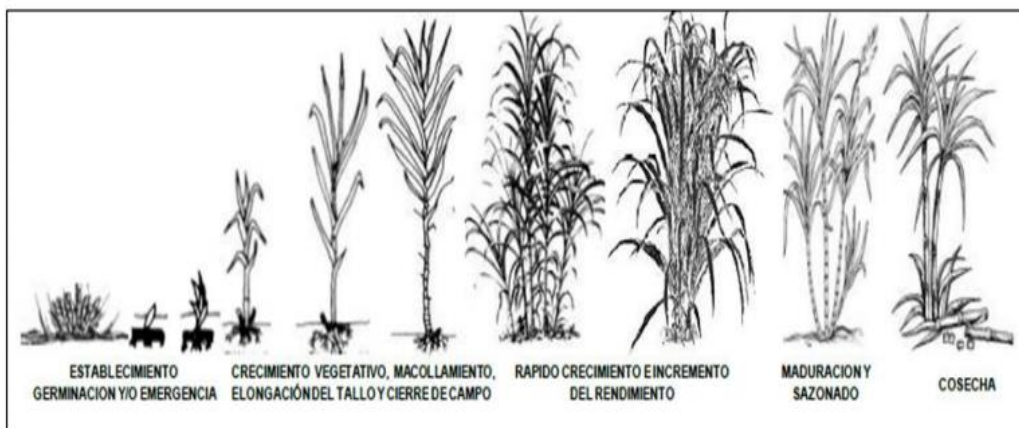


Figura 6. Etapas fenológicas de la caña de azúcar.

6.3. Colecta de especies vegetales

La colecta de material vegetativo (hojas) se realizó en la zona verde del ITZM donde se colectaron hojas de, *A. indica*, *C. odorata* y *S. macrophylla*, se colectaron 10 kg por cada especie donde fueron secadas a temperatura ambiente por 24 horas para luego ser trasladadas en charolas hacia el laboratorio de control biológico del ITZM donde iban a ser introducidas en estufas eléctricas para terminar el proceso de secado.

6.4. Elaboración de extractos

Las hojas recolectadas de *A. indica*, *C. odorata* y *S. macrophylla* fueron sometidas a un proceso de secado, primero fueron puestas a secar a temperatura ambiente con los rayos del sol por 24 horas después fueron trasladadas en charolas a una estufa eléctrica del laboratorio de control biológico del ITZM donde se estuvieron secando por 48 horas para así terminar con el proceso de secado.

Las hojas secas de cada especie fueron procesadas en molino eléctrico ubicado en el ITZM, a un tamaño aproximado de 3mm, que dió como resultado 2 kg de material vegetal molido por cada especie.

Posteriormente se pesaron 100 gr de material vegetal de cada especie en una balanza electrónica Pioneer TM, seguidamente el material pesado fue puesto por separado de acuerdo a la especie en recipientes con 1 litro de agua, y se dejó reposar por 24 horas. Finalmente, el extracto obtenido fue filtrado con tela de algodón y papel filtro en un recipiente de cristal previamente esterilizado y se guardó para ser aplicado.

6.5. Aplicación de extractos en campo

Los extractos ya elaborados fueron aplicados vía foliar con bomba de mochila Jacto a 9 parcelas de 4 x 3 m la dosis aplicada fue de 1 litro de extracto vegetal

como biofertilizante por tratamiento donde se le dió prioridad al surco de en medio de cada parcela.

El bioensayo constó de 3 aplicaciones cada 20 días, la primera aplicación se realizó a los 25 días después de la siembra la segunda aplicación a los 20 días y la tercera aplicación después de 20 días

VII. RESULTADOS

La figura 7 representa el efecto de los diferentes extractos vegetales acuosos en la germinación de la caña de azúcar. La grafica muestra que los extractos vegetales acuosos no afectan en la germinación de la caña de azúcar, como se puede observar el extracto de *A. indica*. Afecta ligeramente, el extracto de *C. odorata*. juntamente con el extracto de *S. macrophylla*. No afectaron en la germinación, entonces se puede decir que los extractos vegetales no afectan la germinación de la caña de azúcar

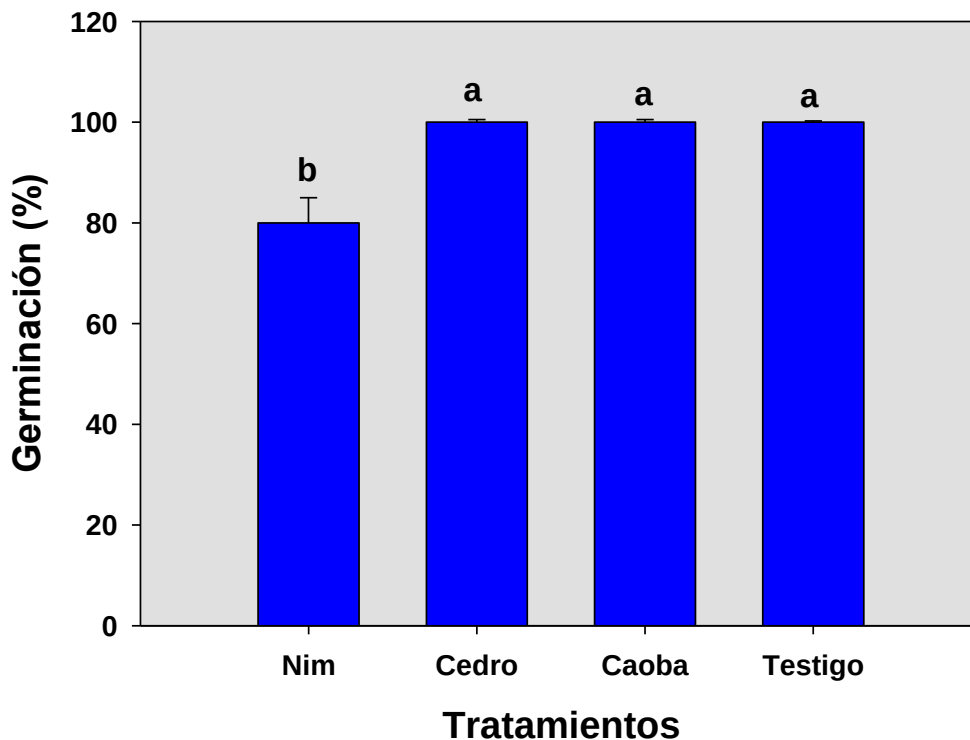


Figura 7. Germinación de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 con la aplicación de los tres extractos vegetales en el ejido de Pucté Q. Roo. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.

El cuadro 1 presenta la efectividad promedio de los extractos vegetales acuosos a base de meliáceas en crecimiento sobre la caña de azúcar (*S. officinarum*) después de la aplicación de los extractos vegetales a base de meliáceas en periodos de 20 días. Los resultados indican que el extracto vegetal de *C. odorata* fue el más efectivo de los demás tratamientos después de cada muestreo tanto en diámetro del tallo como en la altura total.

Cuadro 1. Crecimiento y diámetro en el cultivo de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 a los 60 días después de las tres aplicaciones de los extractos vegetales en el ejido de Pucté Q. Roo.

Tratamientos	Periodo de muestreo		
	20 días	40 días	60 días
Diámetro del tallo (cm)			
Nim	0.78 b	1.14 b	1.50 b
Cedro	1.03 a	1.38 a	1.74 a
Caoba	0.69 b	1.12 b	1.55 b
Testigo	0.53 c	0.77 c	1.35 c
E.E.M.	0.05	0.04	0.06
Valor de <i>P</i>	0.004	0.001	0.016
Altura total (cm)			
Nim	19.47 a	42.90 b	82.13 a
Cedro	20.27 a	46.26 a	87.28 a
Caoba	20.01 a	41.17 b	81.53 a
Testigo	18.34 a	36.24 c	78.19 a
E.E.M.	0.64	1.14	1.95
Valor de <i>P</i>	0.244	0.004	0.112

Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey

En la figura 8 muestra la densidad de población de plantas por cada tratamiento, donde el tratamiento *C. odorata* tuvo mayor población de plantas de caña de azúcar, la *S. macrophylla* fue el segundo en tener más población de individuos y el tercero fue el tratamiento *A. indica*. A pesar de lo anterior, el análisis no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos para la densidad de población.

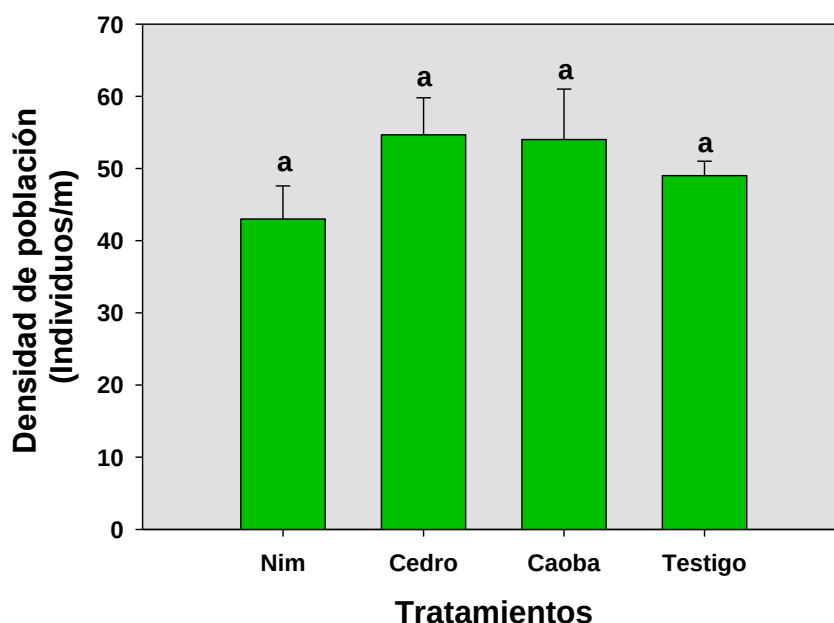


Figura 8. Densidad de individuos por metro de cada tratamiento en el cultivo de caña de azúcar variedad CP-72-20-86 en el ejido de Pucté Q. Roo. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.

En la figura 9 nos muestra el contenido de nitrógeno total de extractos vegetales acuosos a base de meliáceas, donde el extracto de *C. odorata* tuvo mayor concentración de nitrógeno.

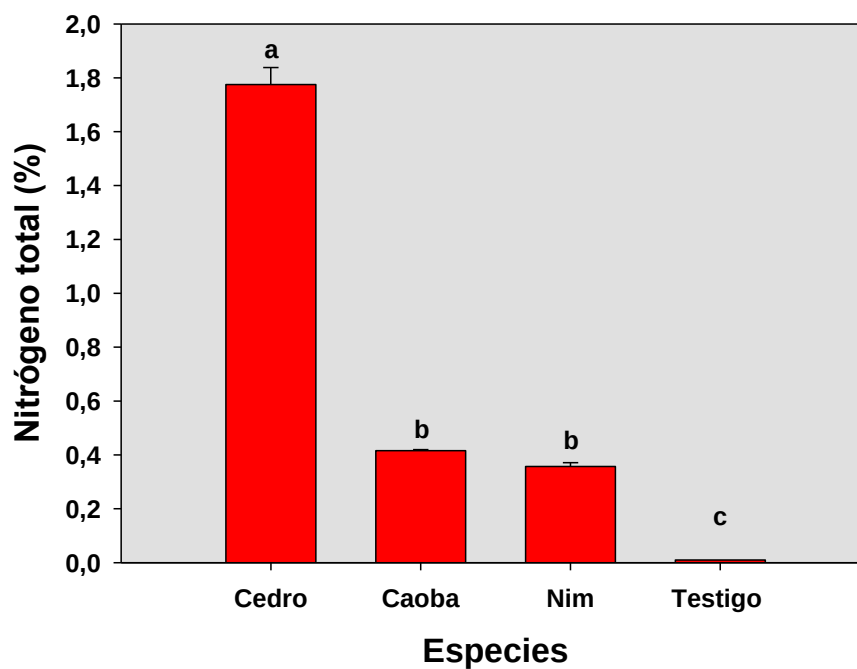


Figura 9. Contenido de nitrógeno total de extractos vegetales acuosos a base de especies meliáceas. Medias seguidas de literales distintas indican que son diferentes en cada columna de acuerdo a la prueba de Tukey.

VIII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES

Los problemas resueltos fueron comprobar que las especies meliáceas utilizadas para este bioensayo promueven el crecimiento, desarrollo y germinación del cultivo de caña de azúcar por lo tanto poseen un potencial importante como biofertilizantes esto será de gran utilidad para la actividad agrícola de la zona ya que su elaboración es de bajo costo, las especies son abundantes en la región y mejor aún que es amigable con el medio ambiente.

La principal limitante para realizar este proyecto fue la falta de información bibliográfica ya que esto impidió profundizar más en el tema, todo esto debido a la falta de investigación sobre los biofertilizantes a base de extractos vegetales

IX. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS

Dentro de las competencias aplicadas nos fueron de gran utilidad las asignaturas tomadas durante nuestro proceso de formación.

Nutrición vegetal. Donde se llevó a cabo la evaluación de la etapa fenológica del cultivo de caña y su nutrición.

Estadística y diseños experimentales. Mediante estas asignaturas tuve conocimiento para realizar mi proyecto de investigación de una forma técnica y obtener los resultados esperados de acuerdo a los datos recolectados y analizados en programas estadísticos como Sigmaplot.

Taller de Investigación. Esta asignatura fue de vital importancia para desarrollar mi proyecto de investigación ya que me dio las herramientas necesarias para estructurar metodológicamente todo el proyecto.

El desarrollo de este proyecto fue de gran aprendizaje ya que conocí la etapa fenológica del cultivo de caña y el método de elaboración de un extracto vegetal implementado como biofertilizante en el cual tuve resultados favorables.

X. CONCLUSIÓN

La aplicación de extractos vegetales a base de meliáceas es una alternativa viable para la fertilización del cultivo de caña de azúcar en su etapa inicial, dado que el cedro y la caoba no mostraron efectos deletéreos en la germinación y la densidad de población. Sin embargo, favorecieron el crecimiento en el diámetro de las plantas a los 60 días de evaluación. Asimismo, los extractos vegetales muestran concentraciones de nitrógeno aceptables, en las que destaca *C. odorata* L.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios sobre biofertilizantes a base de extractos vegetales acuosos ya que existe poca información al respecto lo cual limita el desarrollo de los proyectos de agricultura orgánica.

Se recomienda hacer más investigaciones sobre extractos vegetales con los frutos y/o semillas de las meliáceas ya que estos concentran una gran parte de contenido de nitrógeno, y no solo con las meliáceas sino con otras especies más.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abou-Jawdah Y, H Sobh, A Salameh 2002. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Vol. 30 (2): P 119.

Banko, C. 2005. Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. Vol.6 Núm.6 P 1346.

Bashan, Y. 2008. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la Agricultura. Primera edición INIFAP/SAGARPA. MÉXICO P 17

Bautista S. 2002. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Vol. 30 (2): P 119.

Bautista S. 2003. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Vol. 30 (2): P 119.

FAO 2003. Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.) en un predio de Mahuixtlán, Veracruz, estudio de caso. Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Agrícolas. P 18 - 20

FIRA, 2010. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) P 1 – 6.

Fox, B.A. y A.G. Cameron. 1999. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra volumen 17 número 3, P 272.

Gabino de Alba, 2010. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura Vol.3 Núm.6 P 1263.

Guerrero 2000. Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.) en un predio de Mahuixtlán, Veracruz, estudio de caso. Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Agrícolas. P 18 – 20.

Jones C. 2009. Fertilización Foliar Principios Científicos y Práctica de Campo. Primera edición, versión revisada, IFA, Paris, Francia. P 95.

Kagale, S. 2004. Evaluación de la actividad antifúngica del extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) contra *Botrytis cinérea*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum* Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. P 13.

Kannan, S. 2010. Fertilización Foliar Principios Científicos y Práctica de Campo. Primera edición, versión revisada, IFA, Paris, Francia. P 10-11

Kurose, K.; Yatagai, M. 2005. Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azadirachta indica*, *Piper auritum* Y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* Universidad Autónoma Chapingo departamento de fitotecnia posgrado en biotecnología agrícola. P 18.

Parraguirre Lezama, Conrado. 1993. Sistema nacional de información forestal. *Swietenia macrophylla* King. Publicado en: Icones Plantarum Indiae Orientalis ser. 3, 6: P 1 - 6.

Ramos R. R. 2000. Efecto de un extracto vegetal en la germinación de semillas de chile (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones salinas. BIOTecnia, VOL. X, NO. 3, P 13.

Romero E. 2009. Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.) en un predio de Mahuixtlán, Veracruz, estudio de caso. Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Agrícolas. P 4 – 20.

Romero, E. R. 2012. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) P 5 – 6.

Smidova, N. 1962. Efecto de un extracto vegetal en la germinación de semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones salinas. *BIOTecnia*, VOL. X, NO. 3, P 13.

Velasco-Velasco, J. 2014. Boletín técnico informativo octubre 2015. Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes. P 2.

Vessey, J. K. 2003. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Vol.3 Núm.6. P 1264.

Arista LifeScience, 2014. Oferta de “bio-soluciones” para los agricultores www.arystalifescience.com.ar P 2

<http://www.yara.com.co/crop-nutrition/crops/cana-de-azucar/rendimiento/incrementar-rendimiento-en-cana-de-azucar/>

XIII. ANEXOS



Recolección de hojas de especies meliáceas



Secado de hojas de especies meliáceas



Hojas secas listas para moler



Molida de hojas de meliáceas a 3 mm.



Extracto molido de las hojas secas de meliáceas



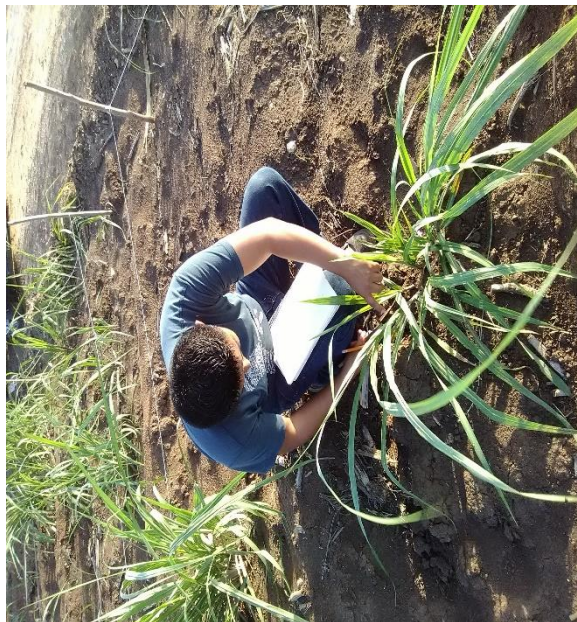
Peso de los tres extractos de las meliáceas a 100 gramos



Extractos preparados y preparación de la parcela para la aplicación de los extractos vegetales de meliáceas



Aplicaciones de los extractos de las meliáceas como biofertilizantes



Recolección de datos