



El Colegio de la Frontera Sur

Efecto de abono orgánico e inorgánico en el crecimiento de la Palma de Jipi (*Carludovica palmata* Ruiz & Pavón) en el norte de Campeche, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Gestión de Ecosistemas y Territorios

por

Juan José Ortega Haas

2016



El Colegio de la Frontera Sur

San Francisco de Campeche, Campeche, _____.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de: **Juan José Ortega Haas.**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada: **“Efecto de abono orgánico e inorgánico en el crecimiento de la palma de Jipi (*Carludovica palmata* Ruiz & Pavón) en el norte de Campeche, México”** para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Nombre

Firma

Director Dr. Juan Manuel Pat Fernández

Asesor Dr. Regino Gómez Álvarez

Asesor M. en C. Luis Ariel Manzanero Acevedo

Sinodal adicional Dr. Pedro Antonio Macario Mendoza

Sinodal adicional Dr. Carlos Alejandro Tucuch Cauich

Sinodal suplente M. en C. Aarón Jarquín Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida y salud para realizar este proyecto

A mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han proporcionado

Al colegio de la frontera sur (ECOSUR) Unidad Campeche y Villahermosa por todas las atenciones brindadas, así como su apoyo durante toda la maestría

Al director de la Unidad Villahermosa Dr. Johannes Cornelis Van der Wal por permitirme realizar una estancia en las instalaciones de ECOSUR Villahermosa

A la Lic. Yolanda Renaud por permitirme la estancia en la casita "El refugio" de la Unidad Villahermosa durante mis cursos y mi análisis de laboratorio

A Jesús Chi por su ayuda con el trabajo de dióxido de carbono

A Iván Méndez y Yuriko por su apoyo en los análisis estadísticos

A Moisés y Yuriko por sus excelentes y oportunas observaciones en el artículo

Al M. en C. Aarón y Juan David por sus consejos y apoyo durante mi estancia en el laboratorio de ECOSUR Villahermosa

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo financiero, sin su apoyo no se lograrían este tipo de trabajos

A Jaime Rendón de EPOMEX por el apoyo para análisis de suelo

A Don Gilberto, Doña Rosario, Justina que me abrieron las puertas de su hogar, sin su apoyo no se hubiera logrado este trabajo

A Don Isidro por permitir trabajar en su parcela

A Don Reynaldo y los productores de Santa Cruz Ex Hacienda por compartirme sus conocimientos

A Teresa por ayudarme a medir las palmas

A mis amigos de la maestría y doctorado Wilbert, Jorge, Yuriko, María, Moisés, Ninon, Cristina, María Meléndez, Ricardo, José Fernando, Mónica, Tamy, Nelly, Iván Méndez, Iván Uriostegui, Lulú, Gisela, Hugo, Janina, Gabo, por su apoyo, compañía así como las experiencias

A mis amigos de la Unidad Villahermosa Juan David, Fernando Iriarte, Andrea, Prisma, Ximena, Ilse, Gissell, Rubén, José Alberto, Romeo, Sofía, Berenice, Karla, Grecia, Rosa, Alejandra, Alex, Benjamín, Lilia, Bosch, Alberto, Luis, José, Federico, Laura, Javier, compartir su tiempo, viajes y experiencias

A Mirna, Yanina y Hugo por apoyarme con las muestras de hojas y suelo

A Malena por su apoyo con la búsqueda de bibliografía

A Yamile por su apoyo en los trámites administrativos de la maestría

A todos los maestros que han compartido sus conocimientos en diferentes áreas durante los cursos de la maestría

A Pablo, Mauricio, Dr. Pat por ayudarme a trasladar mis plantas desde Santa Cruz Ex Hacienda hasta la Unidad Campeche

A Don Carlos, Leonardo y todas las personas que me ayudaron a establecer mi experimento en la Unidad Campeche

A M. en C. Luciano por sus sugerencias al trabajo de investigación

A mi comité titular:

A mi tutor, Dr. Juan Manuel Pat Fernández por su apoyo incondicional en las revisiones, redacción, así como sus comentarios acertados en el documento de tesis.

A mi asesor Dr. Regino Gómez Álvarez de ECOSUR Unidad Villahermosa por su consejos en la realización del documento, elaboración del experimento, análisis de resultados y redacción

A mi asesor M. en C. Luis Ariel Manzanero Acevedo del CEDESU por su pronta atención con las observaciones de la tesis, así como sus comentarios para mejorar el documento.

A mis sinodales por su pronta revisión y sugerencias para corregir la tesis

DEDICATORIA

A mi madre Susana Haas Naal y tía Margarita Haas Naal por su apoyo y dedicación

ÍNDICE

RESUMEN	1
CAPÍTULO I. Introducción General.....	3
1.1. Justificación.....	3
1.2. Preguntas de investigación.....	5
1.3. Objetivo general y específicos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Antecedentes	7
1.5.1. Suelo.....	7
1.5.2. Absorción de nutrimentos.....	8
1.5.3. Fertilizantes.....	9
1.5.4. Fertilizantes sintéticos o inorgánicos	10
1.5.5. Fertilizantes orgánicos	11
1.5.6. Vermicomposta	11
1.5.7. Efectos de la Vermicomposta en el suelo.....	12
1.5.8. Efecto de la Vermicomposta en el crecimiento y desarrollo de las plantas	12
1.6 Características de la Palma de Jipi.....	12
1.6.1 Clasificación taxonómica (de acuerdo con Cronquist, 1988).	14
1.6.2 Distribución geográfica	14
1.6.3 Planta y suelo.....	15
1.6.4 Manejo agronómico.....	15
1.6.5 Sistema de plantación	15
1.6.6 Preparación de las pocetas	16
1.6.7 Tipos de reproducción.....	16
1.6.8 Selección de las semillas	16
1.6.9 Siembra.....	17
1.6.10 Riego	17
1.6.11 Fertilización.....	17
1.6.12 Control de plagas y enfermedades.....	18
1.6.13 Control de malezas	18
1.6.14 Poda	19
1.6.15 Cosecha.....	19

1.6.16 Rendimiento.....	20
1.7 El uso de la escala BBCH para registrar el desarrollo de la palma de Jipi.....	21
capítulo 2. Artículo: Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en el crecimiento (<i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pavón) en el norte de Campeche, México.....	24
capítulo 3. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadios principales de crecimiento.....	22
Tabla 2. Estadios principales y secundarios de la palma de Jipi.....	23
Tabla 3. Tratamientos utilizados Vermicomposta y Triple 17.....	29
Tabla 4. Análisis Físico-químico del suelo y Vermicomposta.....	30
Tabla 5. Promedio de variables de plantación madre.....	30
Tabla 6. Sub-estadios de la hoja de <i>C. palmata</i> de acuerdo a la escala BBCH modificada.....	32
Tabla 7. Efecto de dosis de Vermicomposta, Triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta con Triple 17 EM sobre número de hijuelos, hojas, cogollos, diámetro de peciolo y cogollo, altura de hojas, peciolo y limbo de <i>C. palmata</i>	33
Tabla 8. Contenido de nitrógeno y potasio en hojas de <i>C. palmata</i>	34
Tabla 9. Efecto de dosis de Vermicomposta, Triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta con Triple 17 EM sobre los sub-estadios de la hoja de <i>C. palmata</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras de la Palma de Jipi.....	13
Figura 2. Sub-estadio 5.....	35
Figura 3. Sub-estadio 1000.....	35
Figura 4. Sub-estadio 1001.....	35
Figura 5. Sub-estadio 1002.....	36
Figura 6. Sub-estadio 1003.....	36
Figura 7. Sub-estadio 1002 sp.....	36
Figura 8. Sub-estadio 1002 sps.....	36
Figura 9. Sub-estadio 1003 sp.....	36
Figura 10. Sub-estadio 1003 sdo.....	37
Figura 11. Sub-estadio 1003 s.....	37

RESUMEN

Los fertilizantes son sustancias que proporcionan elementos indispensables para las plantas, su uso incrementa el rendimiento de los cultivos. De acuerdo a su origen los fertilizantes se dividen en dos grupos, orgánicos e inorgánicos. Los fertilizantes orgánicos son de origen animal, vegetal o ambos, mientras que los químicos pueden ser naturales o sintéticos. Los fertilizantes químicos por lo general modifican positivamente la propiedad química del suelo a diferencia de los orgánicos que afecta las propiedades física, química y biológica. La Vermicomposta es un fertilizante orgánico de bajo costo que permite reciclar residuos agrícolas tales como el estiércol de animales y residuos vegetales. La adición de este fertilizante al suelo incrementa las cualidades del mismo. En los cultivos actúa de varias maneras, disminuye el estrés de las plantas, incrementa la cantidad de nutrimentos en los tejidos, mejora el crecimiento, acelera el desarrollo, entre otros beneficios. La palma de Jipi es una planta que se emplea para la extracción de fibra con la cual se elaboran los sombreros de Jipijapa o Panamá. La producción de sombreros es una actividad importante para las localidades mayas del norte de Campeche, ya que permite el ingreso económico a productores, artesanos y comerciantes. La escasez de cogollos (fibras), así como el desconocimiento del efecto de la Vermicomposta sobre el crecimiento y desarrollo de la palma de Jipi en los suelos de Santa Cruz Ex-Hacienda, fueron motivos para realizar el presente estudio. El uso de las observaciones en experimentos de campo para mejoramiento del manejo agronómico es una práctica común que permite hacer más eficiente el uso de los recursos, así como, promover el óptimo desarrollo de las plantas. La escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie por sus siglas en alemán) es una herramienta que permite registrar con facilidad etapas del desarrollo, compararlas y compartir la información. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres dosis de Vermicomposta, Triple 17 enriquecido con micro nutrimentos (EM) y mezcla Vermicomposta más Triple 17 EM, en el crecimiento y sub-estadios (05-1003 escala BBCH) de la hoja de palma de Jipi (*Carludovica palmata* Ruiz & Pavón) en una parcela

experimental de la localidad de Santa Cruz Ex–Hacienda Calkiní, Campeche. Para cumplir con el objetivo se realizó un experimento con un testigo, cinco tratamientos y seis repeticiones distribuidos en un diseño de Cuadrado Latino. El crecimiento se evaluó a través del diámetro y altura de la hoja, los estadios fueron registrados conforme a la escala BBCH. Las observaciones de campo se realizaron cada 15 días. Los resultados mostraron que al adicionar Vermicomposta al suelo se incrementa la materia orgánica, así como el nitrógeno y fósforo. Los tratamientos no manifestaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en número de hijuelos, hojas y cogollos. En la altura de la hoja, los tratamientos 15.9 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta (T4), 5.3 Mg ha⁻¹ Vermicomposta (T2) y testigo absoluto (T1) mostraron diferencia significativa en el diámetro de peciolo, altura de peciolo y limbo. El contenido de nutrimentos en hojas no presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), sin embargo, el contenido de Nitrógeno total fue más elevado en los tratamientos T4, T2, Triple 17 EM (T6) y T1, en contraste con los tratamientos 10.6 Mg ha⁻¹ Vermicomposta (T3) y 10.6 Mg ha⁻¹ Vermicomposta + 0.22 Mg ha⁻¹ Triple 17 EM (T5). La concentración de Potasio tampoco fue significativamente diferente, pero todos los tratamientos presentaron más concentración de potasio que el control. En el desarrollo de las hojas del Jipi el tratamiento T4 incrementó el número de cogollos (1001), asimismo, el tratamiento T5 tuvo más hojas 100% abiertas (1003) y el tratamiento T2 presentó más hojas secas (1003 s).

Palabras clave: Nutrimentos, BBCH, Vermicomposta, Triple 17, Palma de Jipi

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Justificación

La demanda de cantidades cada vez mayores de productos agrícolas, provocado por la creciente población y la globalización genera un uso inadecuado del suelo (Scherr y Institute, 1999). El suelo es la base de la agricultura y la civilización (Parikh y James, 2012). La expansión de la frontera agrícola, así como, la demanda de recursos para la producción son las principales causas de la degradación del suelo (Farshad y Barrera-Bassols, 2003).

La degradación del suelo es la pérdida de cualidades físicas, químicas o biológicas, lo cual provoca disminución de la productividad con la subsecuente pérdida de capacidad productiva (Benton Jones Jr., 2012a). La degradación se ha convertido en un problema para los productores en el mundo (Eswaran *et al.*).

En México la degradación química es la principal causa de pérdida de fertilidad del suelo, aproximadamente 34.04 millones de hectáreas tienen problemas de fertilidad. La actividad agrícola es la principal causa de degradación de suelo en México (Ceja Mena, 2008; SEMARNAT, 2014) .

El suelo en la Península de Yucatán al igual que en otras zonas tropicales se caracteriza por la degradación a causa del clima, otros factores que aceleran este proceso son: la deforestación, el cambio de uso de suelo y la pobreza (Ceja Mena, 2008). El paisaje Kárstico en el norte de Campeche está acompañado de diversos tipos de suelo, en algunos casos caracterizados por porcentajes altos de arcilla, matriz lixiviada y concentraciones medias a muy bajas de materia orgánica (Sedov *et al.*, 2008; Cabadas-Báez *et al.*, 2010; Borges-Gómez *et al.*, 2014). La degradación del suelo para los productores en el norte de Campeche representa una pérdida económica continua de la cual no pueden salir sin el apoyo técnico, tecnológico y económico (Pascual, 2001; Eche, 2013).

La Palma de Jipi es una especie que se emplea para la extracción de fibras (Fadiman, 2001; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009). Las fibras del Jipi son apreciadas por su durabilidad,

flexibilidad, color y la capacidad para biodegradarse (López *et al.*, 2013). Estas fibras se utilizan en artesanías y elaboración de sombreros conocidos a nivel mundial como Panamá o Jipijapa (Regalado, 2010).

Por lo general en los países donde las plantas se desarrollan de manera natural no existe la necesidad de cultivar, por ejemplo, Ecuador, Perú, Panamá y Colombia. En estos países el uso de fertilizantes no se contempla dentro del manejo debido a que la planta se desarrolla en suelos aluviales y volcánicos profundos, ricos en materia orgánica y micronutrientes (Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009). Sin embargo, el mal manejo del recurso ha obligado a establecer nuevas plantaciones. Estas nuevas plantaciones van acompañadas de datos tecnológicos. En Colombia se emplea 1.6 Mg ha^{-1} de Vermicomposta durante el establecimiento de las plantaciones (Córdoba y Portilla, 2005) y en Perú se ha observado que con el uso de la fórmula 12-4-2 la producción aumenta 21.1 % y con guano de islas 151.7% (Rengifo y Zanabria Vizcarra, 2001).

En el norte de Campeche la Palma de Jipi se siembra en etno-agro ecosistemas denominados solares (Perea Mercado *et al.*, 2012). El manejo del Jipi se basa en el empirismo debido a la falta de información técnica y tecnológica. La escasa información sobre el manejo del cultivo, la pérdida de la fertilidad del suelo, el clima, la genética de la especie, el ciclo de vida, la edad de los cultivos y la sobreexplotación entre otros, pueden ser causas de la baja productividad o escasez de cogollos (Retallack, 1991; Uc Dzul, 1995; Torre Pinzón y Chablé Can, 2012; Ortega Haas, 2013).

La escasez puede evaluarse a través de parámetros de crecimiento y desarrollo de la Palma de Jipi. El desarrollo es considerado como la interacción de los procesos de crecimiento, división y la diferenciación celular, puede evaluarse realizando observaciones de cada etapa o de todas las etapas del ciclo de la planta. La escala BBCH es una herramienta que permite el registro y comparación entre las etapas del desarrollo, manejo agronómico y el ambiente (Meier *et al.*, 2009).

El suelo en el norte de Campeche sufre de degradación química, esta degradación puede deberse a la constante pérdida de materia orgánica provocada por el clima, la falta de manejo del suelo, así como, la pérdida de vegetación (Eni, 2012). El uso de Vermicomposta en los cultivos de Palma de Jipi puede ser una opción amigable con el ambiente y al mismo tiempo permitir el aprovechamiento de los residuos agrícolas (Adhikary, 2012).

1.2. Preguntas de investigación

¿El uso de Vermicomposta tendrá el mismo que efecto que el Triple 17 en el crecimiento y sub-estadios 05 - 1003 (BBCH) de la hoja de Palma de Jipi, en cultivo de traspatio establecido en la localidad de Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche, México?

1.3. Objetivo general y específicos

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres dosis de Vermicomposta y triple 17 EM en el crecimiento y sub-estadios (05-1003, BBCH) de la hoja de palma de Jipi (*C. palmata*) durante los meses marzo-junio del 2015 para incrementar la producción de cogollos de Palma de Jipi en la localidad de Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche.

Objetivos específicos

- Determinar las principales propiedades físico-químicas del suelo de la parcela experimental y Vermicomposta.
- Evaluar el efecto de las dosis de Vermicomposta, triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta más triple 17 EM, en el número de hijuelos, hojas y cogollos, así como, el crecimiento del diámetro y altura de la hoja de *C. palmata*.

- Evaluar el efecto de las dosis de Vermicomposta, triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta más triple 17 EM, en la concentración de Nitrógeno total y Potasio en hojas (1003, BBCH) de *C. palmata*.
- Evaluar el efecto de las dosis de Vermicomposta, triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta más triple 17 EM, en la frecuencia de hojas en sub-estadios (05-1003, BBCH) de *C. palmata*.

1.4. Hipótesis

La dosis más elevada de Vermicomposta incrementará el crecimiento y la frecuencia de sub-estadios (05-1003 BBCH) más óptimos de la hoja de Palma de Jipi (*C. palmata*) en una parcela experimental en la localidad de Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche.

1.5. Antecedentes

1.5.1. Suelo

El suelo es una mezcla de sólidos, líquidos y gases, que se encuentra en la superficie de la tierra, caracterizado por contener en sus horizontes o capas, material parental como resultado de procesos físicos, químicos y biológicos, además, tiene la capacidad de soportar las raíces de las plantas (Staff, 2014). El intemperismo es el principal proceso físico de formación del suelo, mientras que los procesos químicos más importantes son: la oxidación, reducción, hidratación, disolución e hidrólisis; por último, en los biológicos se encuentran la mineralización, inmovilización, asimilación, fijación, desnitrificación, nitrificación, así como, formación y descomposición de la materia orgánica (Buol *et al.*, 1981; Condrón *et al.*, 2010; Hopkins y Dungait, 2010).

De acuerdo a Carating *et al.* (2014) las principales funciones del suelo son: producción de biomasa, plataforma para actividades humanas y regulación del ambiente. La producción de biomasa consiste en la obtención de productos derivados de las plantas (Sudaryanto *et al.*, 2013). Los nutrientes del suelo, la estructura, la capacidad de retención de agua, los microorganismos, la capacidad de intercambio catiónico, entre otros, son algunas características del suelo que influyen en la producción de biomasa (Benton Jones Jr., 2012b).

La producción de biomasa vegetal puede observarse a través del crecimiento y desarrollo de las plantas (Boonjung y Fukai, 1996; Barrera *et al.*, 2010). El crecimiento se define como la elongación y aumento del número de células (Taiz y Zeiger, 2002); mientras que el desarrollo, es el crecimiento más la diferenciación y especialización de las células de las plantas (Pimienta Barrios *et al.*, 2006).

El suelo afecta directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo de las plantas al proporcionar recursos como agua, materia orgánica, ácidos húmicos, fúlvicos y nutrientes (Nortcliff y Gregory, 2013). La nutrición de la planta es una limitante del crecimiento y desarrollo de los cultivos (Fageria, 2009a). Existen 17 elementos esenciales para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas (Troeh,

2005). Los elementos se dividen en macro y micro nutrientes de acuerdo a la proporción que emplea la planta de cada uno de ellos (Kumar Fageria *et al.*, 2010). Los macro nutrientes son Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre; mientras que los micro nutrientes son hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno, cloro y níquel (Parikh y James, 2012). Cada nutriente es empleado en diferentes funciones de la planta (Jones y Jacobsen, 2005).

El carbono es necesario para la fotosíntesis, constituye a los carbohidratos además de la materia fresca de la planta. El hidrogeno mantiene el balance osmótico, constituye carbohidratos además de participar en reacciones bioquímicas. El oxígeno constituye a los carbohidratos y es un receptor de electrones (Jones y Jacobsen, 2005).

El nitrógeno es el componente estructural de las plantas así como de las proteínas; se sabe que este elemento en forma de nitrato es indispensable para el óptimo crecimiento de las plantas, así como la eficiencia fotosintética (Navarro Blaya y Navarro Garcia, 2003b; Fageria, 2009b).

El fosforo es esencial para el crecimiento, almacenamiento y transporte de energía, respiración y fotosíntesis, se ha observado que promueve la producción de semillas y compone ácidos nucleicos (Navarro Blaya y Navarro Garcia, 2003a; Fageria, 2009c).

El potasio es indispensable para mantener el rendimiento de los cultivos, la deficiencia de este elemento no es fácilmente observable, sin embargo, se sabe que influye como amortiguador del pH de la planta, así como en la fotosíntesis, en la regulación hídrica y en la actividad enzimática (Navarro Blaya y Navarro Garcia, 2003c; Fageria, 2009d).

1.5.2. Absorción de nutrientes

La absorción de nutrientes está relacionado con varios factores como: química y composición del suelo, microorganismos en rizósfera, edad y tamaño de la raíz, materia orgánica y ácidos húmicos, (Clarkson, 1985; Nikbakht *et al.*, 2008; Fageria, 2009a; Morgan y Connolly, 2013). Hogue y Neilsen

(1986) observaron un incremento en la concentración de Ca, K y Mn en hojas de manzano a 12 y 20°C. La pérdida de humedad del suelo disminuye la tasa de difusión de nutrientes del suelo a la raíz (Manzoor Alam, 1999). La concentración de N, P, K, Ca, Mg y Mn incrementan al aumentar el pH en la planta de arroz (Manzoor Alam *et al.*, 1999). Las bacterias pueden alterar la absorción de nutrientes de las plantas al transformar los elementos nutritivos que se encuentran en el ambiente a formas asimilables por la planta como: el fósforo orgánico a inorgánico y el nitrógeno atmosférico a amonio (Tinker, 1984). Las raíces más jóvenes tienden a tomar más nutrientes del suelo, mientras que las raíces de edad más avanzada almacenan y traslocan nutrientes, asimismo, la densidad de raíces también es importante, a mayor superficie de contacto mayor es la cantidad de nutrientes absorbidos (Clarkson *et al.*, 1968; Clarkson, 1985). La materia orgánica puede permitir la absorción de macro-micro elementos al aumentar la superficie de contacto de las raíces con las sustancias coloidales, así como elementos pesados por proceso de disolución e inhibir la absorción de nutrientes como el Boro (Eriksson, 1988; Samar *et al.*, 2001; Yermiyahu *et al.*, 2001). Çelîk *et al.* (2010) observaron incremento de macro y micronutrientes en maíz con la adición de humus.

1.5.3. Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias que proporcionan uno o más elementos necesarios para promover el óptimo crecimiento y desarrollo de la planta (IFDC/UNIDO, 1979); por su origen los fertilizantes se clasifican en químicos y orgánicos. Los fertilizantes químicos se dividen en naturales (Roca Fosfórica) y sintéticos (elaborados por el hombre). Los fertilizantes sintéticos pueden ser nitrogenados, fosfatados, potásicos o mixtos, de acuerdo al número y tipo de elementos que lo componen (IFDC/UNIDO, 1998). Los fertilizantes orgánicos se producen a partir de materiales de origen animal, vegetal o ambos, algunos ejemplos son el compost, vermicomposta, abonos verdes, entre otros. Los principales motivos para emplear fertilizantes son: incrementar el rendimiento de los cultivos, regresar

los nutrientes perdidos al suelo, así como, restablecer las propiedades física, química y biológica del suelo (Stewart *et al.*, 2005; Girard, 2014; Carlson *et al.*, 2015).

1.5.4. Fertilizantes sintéticos o inorgánicos

Salgado García *et al.* (2006) mencionan que los fertilizantes sintéticos pueden ser simples (Ureas) o compuestos (Triple 17) dependiendo del número de elementos nutritivos que contengan. En el mundo los principales fertilizantes sintéticos que se consumen son los nitrogenados, fosfatados y potásicos (USDA, 2015). Entre 2002 a 2009 el consumo mundial de fertilizantes nitrogenados y fosfatados creció 1.9% y 0.64% respectivamente, mientras que los potásicos decrecieron 0.24 % (FAO, 2016). Los fertilizantes nitrogenados se emplean más que los fosfatados y potásicos debido a que las nuevas variedades de plantas consumen más nitrógeno USDA (2015). Existen varios estudios que demuestran que el uso de fertilizantes incrementa el rendimiento de los cultivos. Stewart *et al.* (2005) observaron que el rendimiento de los cultivos puede incrementar de 30 a 50% con el uso de fertilizantes sintéticos. Fageria y Baligar (1997) encontraron que el uso de nitrógeno y micronutrientes puede aumentar hasta un 90% el rendimiento del frijol. Fageria y Baligar (2001) obtuvieron un incremento en el rendimiento del arroz con 209 kg de Nitrógeno por hectárea. El uso eficiente de nutrientes incrementa la calidad y el rendimiento de los cultivos, además de reducir los costos de fertilización (Baligar *et al.*, 2001). A pesar de que los fertilizantes sintéticos incrementan el rendimiento de los cultivos estos ocasionan graves daños al ambiente (Smith y Siciliano, 2015). Los fertilizantes nitrogenados son el principal contaminante de acuíferos, ríos y océanos (Savci, 2012); además contamina el suelo con metales pesados, disminuyen el pH del suelo (Cui *et al.*, 2014), deterioran la estructura del suelo, disminuyen la eficiencia de los cultivos, la actividad microbiana es afectada negativamente (Savci, 2012), en algunos cultivos no hay incremento de rendimiento (Smith y Siciliano, 2015), además de que en la producción de los fertilizantes sintéticos se liberan gases de efecto invernadero (Liu *et al.*, 2011).

1.5.5. Fertilizantes orgánicos

El uso de residuos vegetales y animales en el desarrollo de plantas ha sido documentado desde la antigüedad (López-Mtz. *et al.*, 2001; Pérez Luna *et al.*, 2012). Los fertilizantes orgánicos son sustancias que se producen a partir de la descomposición de materiales vegetales y animales (Cruz, 1986). Algunas materiales empleados como fertilizantes o en la elaboración de ellos son: estiércol, orines, huesos, residuos frescos y secos de plantas, aserrín, cenizas, aguas negras, efluentes de biodigestores, entre otros (Salgado García *et al.*, 2006; Nieto-Garibay *et al.*, 2010; Pérez Luna *et al.*, 2012). Los fertilizantes orgánicos se caracterizan por tener coloides, mayor efecto residual, porosidad, capacidad de retener humedad, fuerte estructura, ácidos húmicos y fúlvicos, cantidad elevada de materia orgánica, contenidos elevados de macro y micro nutrientes (López-Mtz. *et al.*, 2001) (Salgado García *et al.*, 2006). El estiércol, purín, biol, composta, Vermicomposta y abonos verdes son ejemplos de fertilizantes orgánicos (Fuentes Yagüe, 1999; Salgado García *et al.*, 2006).

1.5.6. Vermicomposta

La Vermicomposta es el resultado de la descomposición de restos animales o plantas por el tracto digestivo de la lombriz (Adhikary, 2012). La concentración de Nitrógeno, Potasio y Fósforo son mucho más elevados en la Vermicomposta que en cualquier suelo, es cuatro y siete veces mayor que el estiércol de ganado y la composta convencional, respectivamente (Sinha *et al.*, 2010; Adhikary, 2012). La conductividad eléctrica es mayor debido a la concentración de cationes en la Vermicomposta (Rani Vijaya, 2011). La Vermicomposta es más porosa (Suhane, 2007), tiene diferentes tamaños de partículas, incluyendo sustancias coloidales (Maria de Aquino *et al.*, 2005), ácidos húmicos y fúlvicos (García *et al.*, 2014); Además de contener gran diversidad de microorganismos (Pathma y Sakthivel, 2014).

1.5.7. Efectos de la Vermicomposta en el suelo

En el suelo la Vermicomposta incrementa la materia orgánica, la cantidad de nutrimentos, la capacidad de intercambio catiónico (Parthasarathi *et al.*, 2008), la conductividad eléctrica, la porosidad (Parthasarathi *et al.*, 2008), disminución de la densidad del suelo (Parthasarathi *et al.*, 2008), la capacidad de retención de agua, la diversidad de microorganismos (Huerta *et al.*, 2010), disminuye el pH, estimula la actividad microbiana, mejora la estructura, drenaje y la circulación del aire.

1.5.8. Efecto de la Vermicomposta en el crecimiento y desarrollo de las plantas

La Vermicomposta mejora la nutrición, crecimiento, desarrollo, calidad y rendimiento de los cultivos (Joshi *et al.*, 2015). Gutiérrez-Miceli *et al.* (2007) observaron un incremento en la concentración de sólidos solubles y carbohidratos en tomate. Hatamzadeh y Shafyii Masouleh (2011) registraron una aceleración de la fase vegetativa, el aumento del crecimiento y el número de flores en una orquídea. Manh y Wang (2014) encontraron un incremento en el crecimiento de melón. Méndez Moreno *et al.* (2012) demostraron que estimula la acumulación de biomasa y el rendimiento de grano en maíz. Hayawin Zainal *et al.* (2013) observaron aumento en el crecimiento vegetativo de palma de aceite; Yermiyahu *et al.* (2001) registraron una relación entre la reducción en la absorción de Boro y el aumento de materia orgánica; Wang *et al.* (2010) encontraron un incremento de nutrimentos y calidad del repollo. Roberts *et al.* (2007) constataron un aumento en el porcentaje de germinación y el crecimiento de asteráceas. Sarma y Gogoi (2015) visualizaron el aumento del crecimiento de aji conocido como chile e induce el crecimiento de la papaya (Acevedo y Pire, 2004).

1.6 Características de la Palma de Jipi.

La Palma de Jipi es una planta terrestre, acaulescente que forma colonias, sus pecíolos son verdes en la base, cilíndricos y acanalados, además, tienen de 1 a 2 metros de altura. La lámina foliar presenta

forma de abanico, tiene de 3 a 4 partidas, alcanza un ancho menor a un metro. A la hoja tierna y compacta se le llama cogollos. Presenta rizoma, que favorece la producción de nuevos individuos por reproducción asexual, las raíces son fasciculadas. La especie es monoica y su inflorescencia es un espádice de 10 a 20 centímetros de largo, con raquis más o menos carnoso rodeadas por espatas que posteriormente se caen. Los estaminodios son muy conspicuos en antesis, mayor de 15 centímetros de largo con pelos largos y blancos, cuando maduran los espádices son de color verde fuerte con grietas rojas, un solo hijuelo puede presentar de 6 a 8 espádices. El fruto producto de la reproducción sexual es una baya de color rojo con semillas de color amarillo, Figura 1 (Standley y Steyermark, 1958; Bennett *et al.*, 1992; Uc Dzul, 1995; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009).

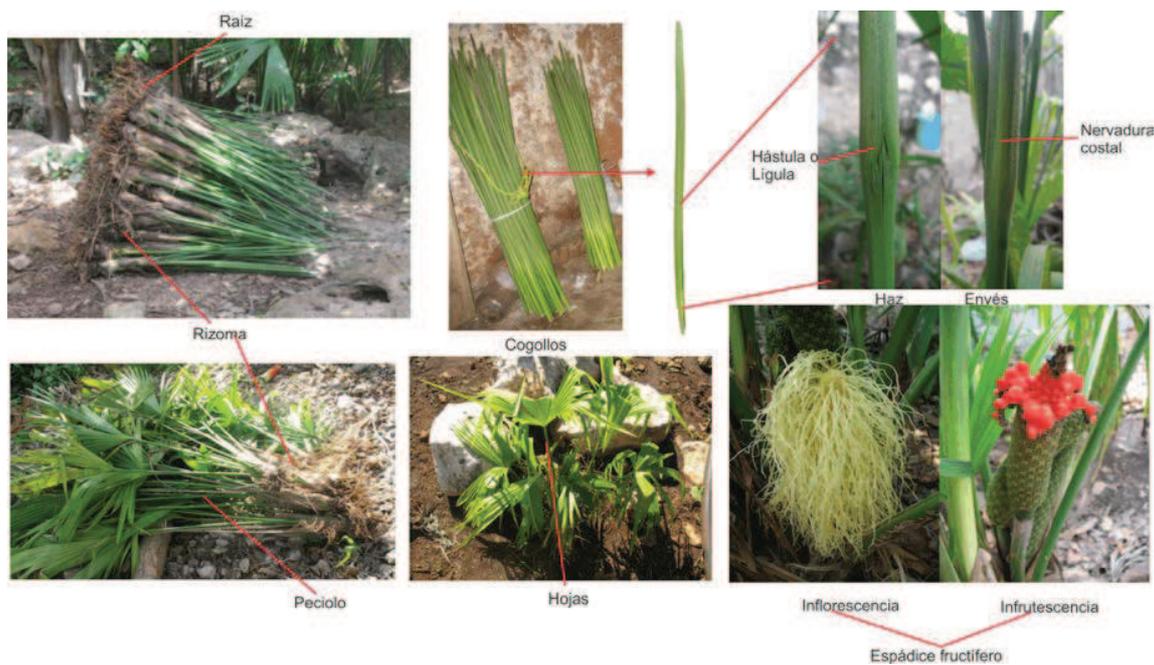


Figura 1. Estructuras de la Palma de Jipi. Fuente: Ortega Haas, J.J. 2013. Fenología y manejo de la Palma de Jipi en la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche

1.6.1 Clasificación taxonómica (de acuerdo con Cronquist, 1988).

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Arecidae

Orden: Cyclanthales

Familia: Cyclanthaceae

Especie: *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón

1.6.2 Distribución geográfica

La especie *C. palmata* se distribuye desde el sureste de México hasta Bolivia Central en zonas tropicales y subtropicales, en un rango de altitud que va desde 0 a 2,000 msnm, donde las temperaturas oscila entre 22 °C a 26 °C, y la precipitación media anual entre menos de 300 mm y más de 6,000 mm. Se relaciona con suelos húmedos o inundados, arcillosos o franco arcillosos (Histosoles, Inceptisoles, Entisoles). La planta puede encontrarse asociada con colonias de la misma especie u otras especies (asociación Higrófila) (Standley y Steyermark, 1958; Bennett *et al.*, 1992; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009).

En México se encuentran tres especies del genero *Carludovica*, las cuales son similares morfológicamente; sin embargo, estas pueden diferenciarse por textura de la hoja, altura, floración así como por la textura y coloración de las fibras que se obtienen de cada una de ellas. Las especies *Carludovica chiapensis* Matuda y *Carludovica tabascanana* Matuda crecen de forma natural en las selvas de los estados de Chiapas y Tabasco, respectivamente, mientras que *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón se considera una planta domesticada, esta especie se encuentra en el norte de Campeche especialmente en las comunidades mayas como Becal, Nunkiní, Santa Cruz Ex-Hacienda, San Nicolás, Tankuché, Cuch Holoch, Santa María, entre otras, (Uc Dzul, 1995; UNAM, 2015).

1.6.3 Planta y suelo

La Palma de Jipi muestra su mejor desarrollo en suelos con contenidos altos en nutrimentos, textura arcillosa o franco arcillosa y profundos (Bennett *et al.*, 1992; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009). En el norte de Campeche, se cultiva en Luvisoles y Leptosoles que corresponde a la clasificación maya llamada Kan kab y Tze'kel, respectivamente, generalmente de baja fertilidad (SARH, 1988). El suelo de la localidad es pobre, pedregoso y deficiente de un macronutriente importante, el Fósforo (Dabin, 1980); Sin embargo, el cultivo se ha mantenido gracias al bajo costo del acceso de agua para riego de las plantaciones.

1.6.4 Manejo agronómico.

El manejo agronómico de la palma de Jipi que realizan los productores en Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche se basa en los trabajos de cuatro autores (Uc Dzul, 1995; Fadiman, 2001; Centeno Erguera, 2009; Ortega Haas, 2013).

Después de la limpieza los terrenos con vegetación secundaria son adecuados para la siembra de Palma de Jipi. La limpieza consiste en el corte de las ramas, el corte a nivel de tronco de los árboles y la posterior quema de los residuos; se despiedra si el suelo es pedregoso y se construye un pozo; si el área tiene demasiada laja no se recomienda sacar las piedras por el costo que representa, en este caso es recomendable poner una cama de tierra sobre la laja y posteriormente sembrar sobre la tierra, una semana antes de sembrar se recomienda hacer un deshierbe.

1.6.5 Sistema de plantación

Existe dos sistemas de plantación: a) Cuando la planta se siembra sola y se expone directamente a la luz solar, se le denomina sistema cielo abierto y, b) cuando el cultivo tiene 50% de sombra o más se le denomina sistema bajo sombra (Uc Dzul, 1995). La palma de jipi puede sembrarse en asociación con plantas como chile, maíz, árboles frutales y maderables. Cuando el cultivo está en asociación primero se trasplantan la palma de jipi y luego se siembran las plántulas de los árboles maderables entre los surcos de la palma de jipi (Centeno Erguera, 2008).

1.6.6 Preparación de las pocetas

Las pocetas son agujeros donde se establecen los rizomas de las plantas, la profundidad y el diámetro de las pocetas varia de 20 a 40 cm; la distancia entre pocetas y entre surcos varia 1 a 2 m. Las distancias entre pocetas se miden con diferentes herramientas, tales como: vara de madera, flexómetro, hilo, entre otros. El tamaño de las pocetas tiene el objetivo de mantener a las plantas en pie y que no las acame el viento, promover el proceso de ahijamiento y el hundimiento en la base del tallo que permite mantener la humedad (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.7 Tipos de reproducción

La palma de Jipi tiene reproducción sexual y asexual. La reproducción sexual requiere de la obtención de las semillas, los productores no emplean este tipo de propagación debido al tiempo que le lleva a la planta comenzar su producción que es a los 3 años a partir de la germinación. Los productores han observado que hay un alto éxito de germinación cuando los pájaros comen los frutos y deyectan las semillas, hay personas que recomiendan un escarificado con agua tibia. La reproducción sexual es importante desde el punto de vista del mejoramiento genético. Los productores solo emplean la propagación asexual, el motivo radica en que la plantación se vuelve productiva al año y medio, este tipo de propagación consiste en el trasplante de hijuelos de una colonia ya establecida (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.8 Selección de las semillas

Las plantas que se utilizaran para la siembra deben cumplir ciertos criterios: a) La planta debe estar en producción, b) el cogollo de la planta debe ser largo y grueso, c) la planta debe tener entre 3 a 9 hojas con altura entre 0.5 a 2.5 m de longitud, d) las hojas desarrolladas debe tener estípulas en la base del limbo. Las plántulas se sacan de la tierra con la ayuda de una barreta o un pico, se separan los individuos de la colonia y el limbo de del tallo. Las plantas se extraen por lo general un día después de la elaboración de las pocetas, sin embargo, las plantas pueden almacenarse hasta un mes en

condiciones de sombra o dentro de cuevas y humedecerlas con cierta frecuencia (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.9 Siembra

Los productores no tienen una temporada de siembra establecida. Se puede establecer en cualquier momento siempre que tenga suministro de agua. La densidad de plantación varía dependiendo de la distancia de siembra que puede ser de 0.5 a 2 m, se recomienda a dos metros para que el cogollo tenga buena calidad y se desarrollen bien los hijuelos; a una distancia de dos metros se tiene una densidad de 100 plantas por mecate o 100 plantas en 0.04 de hectárea (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.10 Riego

El sistema de riego que utilizan los productores es por inundación y varía con respecto al tipo de suelo, la estación y área cultivada. La frecuencia de riego varía, puede ser diario o hasta cada cuatro días. Lo ideal es que el riego sea cada dos días en suelos rojos y cada tres días en suelos negros. En temporada de sequía el riego se realiza diario. En temporada de lluvias la frecuencia de riego se reduce y se realiza por las mañanas debido a que llueve en las tardes. Los productores dejan que el terreno se inunde mientras se dedican a otras actividades. Por lo general los productores tienen motores de 1 a 2 HP (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.11 Fertilización

En algunas ocasiones el productor emplea la tierra de poceta mezclada con estiércol de caballo, vaca, cerdo o gallina, lo aplica a razón de 0.5 kg por mata, otros aplican algún estiércol antes de la temporada de lluvias (Uc Dzul, 1995). Algunos productores han tenido la iniciativa de experimentar con el uso de abonos químicos empleados en el maíz cuya fórmula es 18-46-00 (Uc Dzul, 1995), se aplica después de 15 días de haberse sembrado las plantas y de ahí cada año, Centeno Erguera (2009) recomienda 50 gramos de abono sintético cada seis meses a partir de la primera aplicación durante el establecimiento de la plantación.

1.6.12 Control de plagas y enfermedades

Los productores han observado algunos problemas fitosanitarios en sus cultivos, destacando: garrapata roja, chicharritas, hormigas, moscas y enfermedades provocadas por hongos y bacterias, aún no identificadas, además, daños por animales caseros, gallinas y tuzas silvestres (Ortega Haas, 2013).

Los productores han creado sus métodos para el combate de las plagas, tales como, las tuzas que atacan el rizoma de la planta son controladas con trampas mecánicas o con azufre quemado, las plantas enfermas o dañadas por insectos, bacterias u hongos son arrancadas y quemadas fuera del cultivo. Otros productores aplican cal en polvo a los tallos de las matas para disminuir el ataque de insectos, mencionan que la cal no debe mezclarse con agua debido a que afecta a las palmas. Las hormigas atacan el rizoma principalmente y se observan en las temporadas de lluvia. La mayor incidencia de plagas se presenta en los meses de febrero, junio y agosto. Durante la temporada de huracanes las parcelas pueden sufrir encharcamientos, lo cual provoca pudrición de las raíces, se recomienda cortar todas las hojas a unos cinco centímetros del suelo para promover el desarrollo de nuevos hijuelos (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.13 Control de malezas

Las malezas compiten por recursos necesarios para el cultivo de jipi, por ello el control de malezas se debe realizar previo al trasplante y cuando la maleza tenga 15 cm de altura en los primeros dos años del cultivo, el deshierbe debe ser más frecuente en temporada de lluvias, el control se realiza manualmente, se pueden emplear herramienta como lima, coa, machete o azadón. El control químico para las malezas no es recomendable debido a que dañan a la planta. A partir de los dos años las plantas ya aumentaron de altura y tienen más hijuelos lo que incide en la ausencia de malezas (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.14 Poda

La poda consiste en la eliminación de las hojas que van muriendo, así como los remanentes del peciolo que se quedan en la base de las plantas después del corte durante la cosecha. Algunos productores prefieren dejar el rastrojo en el terreno a manera de abono y para mantener la humedad. La mayoría de los productores retira el rastrojo fuera del cultivo y lo quema. La frecuencia de la poda varía de 15 días a 3 meses (Uc Dzul, 1995; Ortega Haas, 2013).

1.6.15 Cosecha

El cogollo, hoja compacta y tierna, es la parte de la planta que se cosecha y sirve como materia prima en la elaboración de sombreros. Existen varios criterios de selección del cogollo. Se considera que el cogollo comercial debe tener una longitud igual o mayor a 65 cm, el grosor del limbo compacto debe de tener de 1.3 a 1.7 cm, la coloración del tallo debe ser verde y no blanca. El promedio de cogollos cosechados a la quincena en 0.04 ha⁻¹ es de 135. El inicio de la producción de una plantación es al año y medio después del trasplante, sin embargo, la literatura recomienda comenzar a los dos años y medio. El proceso de la cosecha se da de forma escalonada. La cosecha se realiza cada 15, 21 y 30 días, algunos productores intercalan de 15 a 21 días, de 15 a 30 días y de 21 a 30 días. La temporada de mayor producción de cogollos de palma de jipi es en los meses de marzo a septiembre, los productores lo relacionan con la temporada de lluvias. La disminución en la producción de cogollos ocurre en los meses de octubre a febrero, sin embargo, algunas veces se alarga a los meses de marzo, abril y mayo. La cosecha se realiza de manera manual con machete, coa, cuchillo y lima, de preferencia se emplea el cuchillo por comodidad del productor, el tallo se corta a 15 cm a partir de la base del tallo (Uc Dzul, 1995; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009; Ortega Haas, 2013).

1.6.16 Rendimiento

El rendimiento podemos definirlo como la cantidad de producto por área en un lapso de tiempo determinado, para el caso de la Palma de Jipi el rendimiento se define por el número de cogollos, rollos, bultos o cargas por mecate, hectárea o cuadras (otros países) producidos en una semana, mes o año. El rendimiento depende de varios factores como la densidad de siembra, la frecuencia de cosecha, etapa de desarrollo de las planta (número de hijuelos), además del manejo agronómico principalmente la fertilización (Uc Dzul, 1995; Pérez Rodríguez, 2001; Aguilar de Tamariz, 2009; Ortega Haas, 2013).

El rendimiento se puede estimar con la densidad de plantas por unidad de superficie en hectárea o la producción de sombreros y el número de cogollos por sombrero, etc. El promedio de cogollos cosechados a la quincena en un mecate o 0.04 de ha es de 71 o 21300 cog/ha/año por ello es necesario convertir las unidades locales a unidades internacionales, este es el caso de carga, ocho, bulto, rollo a número de cogollos, el mecate a hectárea. Para Uc Dzul (1995) el término empleado es rollo, un rollo puede variar de 50, 60 hasta 200 cogollos y de longitud de 65 a 90 cm, en Ecuador los rollos de Palma de Jipi se denomina ochos, al conjunto de ochos se le llama bulto, un ocho para el productor puede contener de 96 a 112 cogollos, y para el artesano 42 cogollos, un bulto puede contener de 31 a 34 ochos (Aguilar de Tamariz, 2009 #195).

Los valores del rendimiento estimados en la región norte de Campeche son superiores a los mencionados por Pérez Rodríguez (2001) en Perú, la razón de esta diferencia puede ser la distancia de siembra, en Perú y Ecuador la densidad de siembra es de 4 m², mientras que en la región norte de Campeche varía de 0.5 a 2.5 m. Las condiciones que mejoran el rendimiento son: humedad, condición de claro y el manejo agronómico, especialmente la fertilización y la distancia de siembra (Uc Dzul, 1995; Rengifo y Zanabria Vizcarra, 2001; Alarcón *et al.*, 2009).

1.7 El uso de la escala BBCH para registrar el desarrollo de la palma de Jipi

La escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie, por sus siglas en alemán) es un sistema de codificación de etapas o estadios de la planta, es decir, que se emplean símbolos para representar características de etapas del desarrollo de la planta, este sistema se basa en el sistema de codificación de Zadoks *et al.* (1974) propuesto para registrar estadios de desarrollo en cereales. La escala BBCH permite unificar las principales etapas de desarrollo de plantas mono y dicotiledóneas a través de símbolos universalmente conocidos para posteriormente realizar comparaciones entre estudios con diferentes condiciones ambientales, en momentos diferentes, etc. así como permitir la fácil interpretación de estudios referentes al desarrollo de las plantas elaborados en cualquier parte del mundo.

En la escala BBCH el ciclo de vida de cualquier planta está comprendida de manera ascendente por los valores del 0 a 9, a estos se denominan estadios principales, Tabla 1. Los estadios principales muestran etapas generales del desarrollo, por ejemplo, el estadio 0 comprende diferentes tipos de propagación, puede ser reproducción sexual por semilla o asexual por brotación como es el caso de la palma de Jipi.

Tabla 1. Estadios principales de crecimiento

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Nota. Fuente: Meier, U., ed. 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotiledóneas: BBCH Monografía.

Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (Alemania).

Además de los estadios principales la BBCH ha determinado que pueden existir etapas muy específicas para cada planta, por ello, además de los estadios principales se emplean estadios secundarios o sub-estadios. Los estadios secundarios también se encuentran comprendidos entre 0 a 9 de manera ascendente. La unión de ambos estadios genera un código de dos cifras. Estas dos cifras pueden representar el desarrollo de la mayoría de las plantas, sin embargo, en el caso de que una especie requiera de tener más detalles es posible incrementar el código a tres cifras (Meier, 2001).

De acuerdo a Ortega Haas (2013) la palma de jipi a partir del establecimiento por propagación asexual hasta el primer año de la plantación se presentan los estadios: brotación, desarrollo foliar, ahijamiento y desarrollo foliar del hijuelo. Además observó el desarrollo completo de la hoja diferenciando cada sub-estadio de acuerdo a la estructura y coloración, Tabla 2. La comparación de los sub-estadios observados en experimentos puede ayudar a determinar si la modificación del manejo afecta el desarrollo de la palma de Jipi.

Tabla 2. Estadios principales y secundarios de la palma de Jipi

Estadio principal	Estadio secundario	Descripción
0	0	Hijuelo recién sembrado
0	5	Aparición del primer cogollo en planta recién sembrada
1	0	Cogollo visible
1	1	Cogollo con peciolo visible
1	2	Hoja con 1% a 99% de apertura
1	3	Hoja 100% abierta
1	4	Hoja con manchas amarillas
1	5	Hoja con manchas cafés y bordes amarillos
1	6	Hoja con porcentaje de células muertas
1	7	Hoja muerta
2	0	Hijuelo visible
4	0	Hijuelo con cogollo visible
4	1	Hijuelo con peciolo visible en el cogollo
4	2	Hoja del hijuelo con 1% a 99% de apertura
4	3	Hoja del hijuelo 100% abierta
4	4	Hoja del hijuelo con manchas amarillas
4	5	Hoja del hijuelo con manchas cafés y bordes amarillos
4	6	Hoja del hijuelo con porcentaje de células muertas
4	7	Hoja del hijuelo muerta

Nota. Fuente: Ortega Haas, J.J. 2013. Fenología y manejo de la Palma de Jipi en la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche

En la agricultura y horticultura el uso de la escala BBCH permite mejorar el manejo agronómico de los cultivos a partir de la comparación del registro de las observaciones de las etapas de desarrollo de las plantas; estos resultados son útiles en la elaboración de calendarios de siembra, riego, fertilización, cosecha. Además ayudan a determinar si la modificación del manejo agronómico mejora el rendimiento de los cultivos o no (Chmielewski, 2003; Estrella *et al.*, 2007; Chmielewski, 2013).

CAPÍTULO 2. ARTÍCULO: EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO (*CARLUDOVICA PALMATA* RUIZ & PAVÓN) EN EL NORTE DE CAMPECHE, MÉXICO.

Juan José Ortega Haas¹, Dr. Juan Manuel Pat Fernández¹, Dr. Regino Gómez², M. en C. Luis Ariel Manzanero Acevedo³

¹Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av. Rancho Polígono 2-A, Col. Ciudad Industrial, Lerma C.P. 24500, Campeche, Campeche

²Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa. Carretera Villahermosa-Reforma km 15.5 s/n, Ranchería Guineo, Segunda Sección, CP 86280, Villahermosa, Tabasco.

³Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre. Universidad Autónoma de Campeche.

*Autor para correspondencia: jpat@ecosur.mx

Abstract

Vermicompost is an organic fertilizer that increase soil fertility and crops productivity. Is alternative low-cost and environmentally friendly in fiber production. The study assess Vermicompost effect on leave growth and growth stages (05-1003 BBCH) of Jipi Palm for 120 days in an experimental plot located in Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche. The experiment based on Latin Square Design with 6 treatments and 3 replications. Applied treatment were: 0 Mg ha⁻¹, 5.3 Mg ha⁻¹, 10.6 Mg ha⁻¹, 15.9 Mg ha⁻¹ de Vermicompost, mixture of 10.6 Mg ha⁻¹ Vermicompost + 0.22 Mg ha⁻¹ of Triple 17 EM, y 0.22 Mg ha⁻¹ de Triple 17 EM. The obtained results from the present research indicated that applied Vermicompost no significant differences ($p \leq 0.05$) on total number of leaves per hole, number of daughter palms and number of shoot. Significant differences were observed in the petiole diameter, leaf length, petiole length and blade length at the T4 15.9 Mg ha⁻¹ from Vermicompost. The

higher concentration of total nitrogen in T2 and T4. The growth stages 1001 (shoot) Significant differences were observed in T4, and 1003 (100% open leaf) in T5.

Resumen

La Vermicomposta es un abono que al aplicarlo mejora la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. El uso de Vermicomposta en la producción de fibra es una alternativa económica y amigable con el medio ambiente. El presente estudio evaluó el efecto de la Vermicomposta en el crecimiento y sub-estadios de la hoja (5-1003 BBCH) de Palma de Jipi durante 120 días en una parcela experimental localizada en Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche. Se utilizó un diseño experimental con un testigo, cinco tratamientos y seis repeticiones en diseño de Cuadrado Latino. Los tratamientos fueron: 0 Mg ha⁻¹ (T1), 5.3 Mg ha⁻¹ (T2), 10.6 Mg ha⁻¹ (T3), 15.9 Mg ha⁻¹ (T4) de Vermicomposta, mezcla de 10.6 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta + 0.22 Mg ha⁻¹ de Triple 17 EM (T5), y 0.22 Mg ha⁻¹ (T6) de Triple 17 EM. Los resultados obtenidos reflejaron que todos los tratamientos mostraron un aumento del número de hijuelos y hojas. El tratamiento T4 de 15.9 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta incremento significativamente el diámetro de peciolo, la altura del peciolo, limbo y hoja. Los tratamientos T2 y T4 mostraron mayor concentración de Nitrógeno total. En cuanto al desarrollo, el tratamiento T4 presentó más estructuras en sub-estadio 1001 (cogollos), el tratamiento T5 más estructuras en sub-estadio 1003 (hojas 100% abiertas).

Palabras clave: Vermicomposta, Palma de Jipi, Crecimiento, BBCH

Key words: Vermicompost, palm of Jipi, growth, BBCH

Introducción

El suelo es un recurso no renovable que provee diversos servicios y productos al hombre, funciona como hábitat de organismos, interviene en los ciclos de los nutrientes, así como en el ciclo del agua. Además, proporciona alimentos, medicinas, fibras, entre otros (Lal, 2014). En agricultura la fertilidad del suelo se considera un indicador de la productividad de los cultivos (Benton Jones Jr., 2012b). La degradación o disminución de fertilidad del suelo es una de las principales causas de la baja producción agrícola (Beinroth *et al.*, 1994). El clima en el trópico es un factor relacionado con la degradación del suelo (Hartemink, 2003). Al año la degradación del suelo cuesta billones de dólares a los productores a nivel global (Nkonya *et al.*, 2016). La pérdida de fertilidad del suelo puede evitarse con prácticas ecológicas como el uso de abonos orgánicos (Gebhardt, 2015).

La Vermicomposta es un abono orgánico de bajo costo que influye en la fertilidad del suelo al modificar las propiedades física, química y biológica (Lim *et al.*, 2015). En las propiedades físicas incrementa la porosidad, la capacidad de retención de agua, la circulación del aire, la estabilidad de los agregados, mejora la estructura y disminuye la erosión (Lakhdar *et al.*, 2009). En las propiedades químicas, estabiliza el pH, incrementa la cantidad de materia orgánica, la capacidad de saturación de bases, la concentración y efecto residual de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y disminuye la acidez hidrolítica (Weber *et al.*, 2003) y finalmente en las propiedades biológicas, aumenta la superficie de acción de los microorganismos, diversifica e incrementa las poblaciones de bacterias como las actinobacterias y rizobacterias (Sinha *et al.*, 2010). Los microorganismos aceleran la descomposición de materia orgánica, solubilizan nutrientes, producen hormonas, incrementan la actividad enzimática, disminuyen patógenos y enfermedades en las plantas (Domínguez *et al.*, 2010).

En los cultivos la Vermicomposta modifica directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. Diversos trabajos han mostrado incremento en estructuras de propagación, número de hojas, aumento del diámetro del tallo, altura del tallo y tamaño de la hoja (Ladan Moghadam *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2012). Además aceleran o retardan las etapas de desarrollo de la planta. Se ha observado la disminución de tiempo e incremento en el porcentaje de germinación de semillas, aceleración de la emergencia y desarrollo de plántulas, así como, el

desarrollo de las hojas, el tiempo de poda, el crecimiento, el proceso de la madurez y la floración (Butani y Chovatia, 2014; Kazemi Moghadam *et al.*, 2014). También promueve respuestas favorables ante el estrés ambiental; actúa como amortiguador de factores abióticos; las plantas son más eficientes en el proceso de transpiración, atenúa los efectos oxidativos, estimula la producción de anti oxidantes y las plantas son más tolerantes a la salinidad y déficit hídrico (Atik, 2013).

En algunos trabajos se ha observado una correlación directa entre el aumento de la dosis de Vermicomposta y la concentración de nutrimentos en tejidos de la planta, en asteráceas incrementa el Ca, K, Fe y Zn en tallo y raíz, en *Coleus forskohlii* al aumentar la dosis de Vermicomposta se elevó la concentración de NPK en tallos y raíz, en plántulas de Chickpea se obtuvieron concentraciones más altas de macro y micro nutrimentos (Ladan Moghadam *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2012).

Las hojas son órganos que proporcionan información del estado de la planta como la edad, la capacidad fotosintética, enfermedad, vigor, estrés, deficiencias en nutrimentos, herbivoría, entre otros, esta capacidad de la hoja se debe a que en ella se realizan diversos procesos bioquímicos (Curran *et al.*, 2001). La concentración de nutrimentos y el desarrollo son algunos procesos que pueden observarse a través de las hojas (Ashton y Berlyn, 1994). El estado nutricional y desarrollo de la hoja pueden ser observados con el registro de parámetros como: diámetro del peciolo, altura de la hoja, coloración y visibilidad de estructuras de la hoja (Pelayo Benavides *et al.*, 2009).

El Centro Federal de Investigaciones Biológicas y la Industria Química Alemana ha creado una escala para registrar y comparar las señales que muestran las plantas mono y dicotiledóneas, denominado (BBCH, por sus siglas en alemán del Centro de Investigaciones) (Koch *et al.*). La escala BBCH en agricultura se emplea para definir el ciclo de vida de los cultivos, diseñar planes de manejo que involucran, época de siembra, riego, fertilización, poda, cosecha, así como estudios experimentales (Meier, 2001).

Son numerosos los beneficios de la Vermicomposta en los cultivos es por ello que en el presente trabajo se evalúa el efecto en el crecimiento y desarrollo de la Palma de Jipi en condiciones de campo en el norte de Campeche. La

Palma de Jipi es una planta perenne que pertenece a la familia Cyclanthaceae, se distribuye desde México hasta Bolivia Central; en selvas inundables, de submontaña, lluviosas, en transición o vegetación secundaria (Bennett *et al.*, 1992); sus tallos acanalados brotan del suelo, las hojas son anchas en forma de abanico y los frutos son bayas rojas (Pérez Rodríguez, 2001). La Palma de Jipi es conocida a nivel mundial por los renombrados sombreros de Panamá o Jipijapa (Regalado, 2010). Estos sombreros son elaborados a partir de las fibras que se obtienen de las hojas tiernas y compactas (cogollos) de *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón (Pérez Rodríguez, 2001). El cultivo de Jipi en el norte de Campeche representa una fuente de empleo para productores, artesanos y comerciantes de las localidades de Santa Cruz Ex-Hacienda, Cuch Holoch, Tankuché, Becal, entre otras, con pobladores de ascendencia maya (Manzanero Acevedo, 2005). El principal problema del cultivo es la escases de cogollos debida a la degradación y poca fertilidad del suelo (Moo Chablé, 2011). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dosis de Vermicomposta, Triple 17 enriquecido con micro nutrientes (EM) y mezcla Vermicomposta más Triple 17 EM, en el crecimiento y sub-estadios (05-1003 escala BBCH) de la hoja de Palma de Jipi (*C. palmata*) durante 120 días (febrero-julio) a partir del establecimiento de una nueva plantación en una parcela de la localidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en una parcela experimental en la localidad de Santa Cruz Ex Hacienda, Calkiní, Campeche, en las coordenadas 20° 23' 46" N, 90° 14' 11" W a 10 msnm. El clima de la región es Aw0 (Cálido subhúmedo), con sequía de marzo a mayo; lluvias en verano y otoño (Pech Bautista *et al.*, 2001). La temperatura media anual fue de 28.1°C y la precipitación anual de 945 mm (CONAGUA, 2015). En la localidad predomina la selva mediana caducifolia, seguida de selva baja espinosa subperennifolia y sabana (Flores y Espejel, 1994). En la península de Yucatán, el paisaje kárstico está conformado por Leptosol, Cambisol y Luvisol (INEGI, 2013).

Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo durante los meses de febrero-julio de 2015 con una duración de 120 días, consistió en un testigo, cinco tratamientos y seis repeticiones en diseño de Cuadrado Latino. La poceta fue la unidad experimental. Al inicio del experimento se colocaron dos hijuelos por poceta a una densidad de tres metros cuadrados. Los tratamientos fueron: testigo (T1), 5.3 Mg ha⁻¹ (T2), 10.6 Mg ha⁻¹ (T3), 15.9 Mg ha⁻¹ (T4) de Vermicomposta, mezcla de 10.6 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta + 0.22 Mg de Triple 17 EM (T5), y 0.22 Mg ha⁻¹ de Triple 17 EM (T6), como se observa en la Tabla 3. La aplicación de los fertilizantes se realizó durante el establecimiento del experimento en el mes de febrero.

Tabla 3. Tratamientos utilizados Vermicomposta y Triple 17

Tratamiento	Fertilizante	Dosis por poceta	Dosis por planta	Dosis por hectárea
T1	Sin fertilizante	0 kg	0 kg	0 Mg ha ⁻¹
T2	Vermicomposta	1.2 kg	0.6 kg	5.3 Mg ha ⁻¹
T3	Vermicomposta	2.4 kg	1.2 kg	10.6 Mg ha ⁻¹
T4	Vermicomposta	3.6 kg	1.8 kg	15.9 Mg ha ⁻¹
T5	Vermicomposta + Triple 17 EM	2.4 kg+ 0.05 kg	1.2 kg + 0.025 kg	10.6 Mg ha ⁻¹ + 0.22 Mg ha ⁻¹
T6	Triple 17 EM	0.05 kg	0.025 kg	0.22 Mg ha ⁻¹

Muestreos de suelo y Vermicomposta

Antes del experimento se tomó una muestra compuesta de suelo a 20 cm de profundidad y una muestra de Vermicomposta para realizar los análisis físico-químico de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2003) y Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas Pecuarios y Forestales (2007), respectivamente Tabla 4.

Tabla 4. Análisis Físico-químico del suelo y Vermicomposta

Características	Método	Luvisol	Vermicomposta
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	R:32 L:24 A:44	R:14 L:17 A:69
Densidad aparente	método del cilindro	1.215 g cm ³	
pH	Relación 1:2 con H ₂ O	7.41	6.90
Materia orgánica	Ignición	14.11%	32.69%
Nitrógeno total	Semi-microkjeldhal	0.03%	0.14%
Fósforo	Olsen	13.74 mg kg ⁻¹	57.83 mg kg ⁻¹
CIC	Acetato de amonio 1N pH 7	28.58 cmol kg ⁻¹	37.60 cmol kg ⁻¹

R= arcilla, L= limo, A= arena

Selección de hijuelos

Los hijuelos son estructuras de propagación asexual de *C. palmata*, estos fueron obtenidos de una plantación bajo sombra de tres años, el color del suelo es rojo con una profundidad media de 32 cm; el promedio de las variables de la plantación madre se presentan en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Promedio de variables de plantación madre

Número de hojas	Altura hoja	Altura peciolo	Altura limbo
2.73	113.15 cm	85.86 cm	44.84 cm

Riego

El riego fue por inundación, se emplearon mangueras de una pulgada de diámetro, la frecuencia de riego fue de tres horas cada tres días con un caudal de 11400 l /día estimado (Ortega Haas *et al.*, 2010).

Nutrientes en hojas

Al final el experimento se seleccionaron tres hojas 100% abiertas (1003 BBCH), del mismo tamaño por cada tratamiento para determinar la concentración nitrógeno total y potasio (Castellanos Martínez, 2010).

Crecimiento y fenología

El crecimiento se evaluó a través de la altura de las hojas, peciolo, limbo, diámetro de peciolo y cogollo, para ello se empleó flexómetro y vernier respectivamente, además se contó el número de hojas e hijuelos. La fenología de la hoja fue registrada de acuerdo a la escala BBCH, considerando los estadios, Tabla 6. Las observaciones fueron registradas quincenalmente (Meier, 2001; Ortega Haas, 2013). Se empleó el programa Microsoft EXCEL 2013 para crear la base de datos de las variables registradas (crecimiento, concentración de nutrientes y fenología de la hoja), el análisis estadístico del crecimiento consistió en ANOVA y Prueba de Tukey, Kruskal-Wallis para la concentración de nutrientes en hojas. Por último se crearon tablas de contingencia y Chi cuadrada (X^2) para analizar los estadios de la hoja, se utilizó el software XLSTAT versión 2014 (Triola, 2009).

Tabla 6. Sub-estadios de la hoja de *C. palmata* de acuerdo a la escala BBCH modificada

Códigos	Descripción
05	1er rebrote
1000	Cogollo
1001	Cogollo con peciolo visible
1002	Hoja 1-99 % de apertura
1003	Hoja 100 % abierta
Códigos para registrar estrés	
1002 sp	Hoja 1-99 % de apertura sin peciolo visible
1002 sps	Hoja 1-99 % de apertura sin peciolo visible sin peciolo visible en proceso de secado
1003 sp	Hoja 100 % abierta sin peciolo
1003 sdo	Hoja 100 % abierta en proceso de secado
1003 s	Hoja 100 % abierta seca

Resultados

Crecimiento de la Palma de Jipi

Los tratamientos no mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el número de hijuelos, hojas y cogollos, sin embargo, todos los tratamientos mostraron un aumento constante del número de hijuelos y hojas a partir del día 15 hasta el 120. En cuanto a los parámetros morfométricos: diámetro y altura del peciolo, altura del limbo y altura de la hoja, si se observó diferencia significativa en los tratamientos T4, T2 y T1 Tabla 7.

Concentración de nutrimentos en hoja

Las concentraciones de nutrimentos en hojas no mostraron diferencia significativa entre sí ($P \leq 0.05$), sin embargo el tratamiento T4 mostró la mayor concentración de Nitrógeno total en comparación a los demás tratamientos. En

las concentraciones de Potasio los tratamientos T2, T3, T4, y T5 mostraron valores muy parecidos entre si y diferentes de los tratamientos T1 y T6 Tabla 8.

Tabla 7. Efecto de dosis de Vermicomposta, Triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta con Triple 17 EM sobre número de hijuelos, hojas, cogollos, diámetro de peciolo y cogollo, altura de hojas, peciolo y limbo de *C. palmata*

Tratamiento	NHI	NH	NC	DP (cm)	DC (cm)	AH (cm)	AP (cm)	AL (cm)
T1	1.94 a	1.65 a	1.25 a	0.52 ab	0.99 a	32.62 bc	16.18 bc	27.02 abc
T2	1.81 a	1.52 a	1.15 a	0.57 a	0.80 a	35.67 ab	17.42 ab	28.43 ab
T3	1.79 a	1.53 a	1.21 a	0.42 bc	0.5 a	25.44 c	9.33 c	20.33 c
T4	1.85 a	1.43 a	1.30 a	0.60 a	0.88 a	38.73 a	19.77 a	28.65 a
T5	1.92 a	1.58 a	1.16 a	0.42 c	0.85 a	26.51 c	10.61 c	21.45 bc
T6	1.75 a	1.50 a	1.21 a	0.47 bc	0.63 a	29.39 bc	12.41 bc	25.66 abc

Los valores con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). NHI= Número de hijuelos, NH= Número de hojas, NC= Número de cogollos, DP= Diámetro de peciolo, DC= Diámetro de cogollo, AH= Altura de hojas, AP= Altura de peciolo y AL= Altura de Limbo.

Tabla 8. Contenido de nitrógeno y potasio en hojas de *C. palmata*

Tratamiento	Nt hojas cmol/kg	K hojas cmol/kg
T1	69.88 a	17.90 a
T2	99.19 a	46.67 a
T3	40.58 a	43.90 a
T4	105.96 a	44.75 a
T5	38.32 a	48.16 a
T6	88.67 a	35.37 a

Los valores con letras similares no presentan diferencia significativa ($P \leq 0.05$). Nt= nitrógeno total; K= potasio.

Fenología

En cuanto al desarrollo se observaron dos estadios principales el 05 y 1000, cuatro sub-estadios de la hoja, además se registraron cinco sub-estadios diferentes a los observados comúnmente en el desarrollo de la hoja (estadios de estrés) Tabla 9. El tratamiento T4 mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en presencia de cogollos (1001) Tabla 9. Los brotes (05) fueron observados desde el día 0 hasta el 30 (Figura 2). Los cogollos (1000), cogollos con peciolo visible (1001) y hojas con algún porcentaje de apertura (1002), se vieron desde el día 15 hasta el 120 (Figura 3-Figura 5); a partir del día 60 hasta el día 120 las hojas 100% abiertas (1003) fueron las más representativas con el mayor número de estructuras para todos los tratamientos (Figura 6). En todos los tratamientos no se logró completar el estadio de la hoja observado por Ortega Haas (2013), llegando hasta la hoja 100% abierta (1003) como el máximo sub-estadio observado. Así mismo en todos los tratamientos la muerte de la hoja fue causada por el factor climático que modificó la fisiología de las hojas. Las hojas con algún grado de apertura y sin peciolo visible (1002 sp) fueron observadas desde el día 60 hasta el 120 (Figura 7). Las hojas con algún grado de apertura, secas y sin peciolo visible (1002 sps) se vieron desde el día 30 hasta el 75 (Figura 8). Las hojas 100% abiertas y sin peciolo visible (1003 sp) se divisaron desde el día 75 hasta el 120 (Figura 9). Las

hojas 100% abiertas y con algún porcentaje de desecación en el limbo (1003 sdo) fueron registradas hasta el día 120 y, las hojas 100% abiertas (Figura 10) y secas (1003 s) se observaron desde el día 75 hasta el 90 (Figura 11).

Tabla 9. Efecto de dosis de Vermicomposta, Triple 17 EM y mezcla de Vermicomposta con Triple 17 EM sobre los sub-estadios de la hoja de *C. palmata*

Tratamiento	Sub estadios de la hoja de <i>C. palmata</i>									
	Sub-estadios del desarrollo de la hoja					Sub-estadios de la hoja con estrés				
	5	1000	1001	1002	1003	1002 sp	1002 sps	1003 sdo	1003 sp	1003 s
T1	6	42	12	23	75	27	23	8	6	4
T2	6	45	14	23	73	20	27	7	13	11 >
T3	5	33	6 <	15	77	26	23	9	8	7
T4	10	42	22 >	22	63 <	25	16	5	6	5
T5	5	43	10	23	92 >	24	17	6	3 <	2 <
T6	5	36	7	10 <	69	29	16	4	5	2

Los números representan el número de estructuras foliares agrupadas por estadio y tratamiento; Valores con símbolo > < son significativamente diferentes al nivel de Alpha=0.05



Figura 2. Sub-estadio 5



Figura 3. Sub-estadio 1000



Figura 4. Sub-estadio 1001



Figura 5. Sub-estadio 1002



Figura 6. Sub-estadio 1003



Figura 7. Sub-estadio 1002 sp



Figura 8. Sub-estadio 1002 sps



Figura 9. Sub-estadio 1003 sp



Figura 10. Sub-estadio 1003 sdo



Figura 11. Sub-estadio 1003 s

Discusión

El número de hijuelos donde se aplicó la Vermicomposta y fertilizante sintético no tuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al testigo, este resultado es similar al que obtuvo Nicholls (2011) con una herbácea a la que se le aplicó 250 ml de 24-8-16 en solución, cada cuatro veces por intervalos de dos semanas. You *et al.* (2014) obtuvieron diferencias significativas en el número de hijuelos cuando experimentaron con *Alternanthera philoxeroides* aplicaron 5 g de 16-8-12 en una sola ocasión. El aumento en el número de hijuelos puede deberse a diversos factores ambientales e intrínsecos como la luz y la translocación de nutrientes respectivamente (Wang *et al.*, 2004). Se sabe que las plantas presentan reproducción asexual cuando hay condiciones óptimas de nutrientes, sin embargo, no todas siguen el mismo patrón, para algunas plantas su respuesta es diferente a la reproducción (Nicholls, 2011).

El número de hojas de Palma de Jipi en el experimento no fue significativamente diferente ($P \leq 0.05$) para los tratamientos, el resultado difiere de los estudios de otros autores, tales como, Rangarajan *et al.* (2008) encontraron

diferencias significativas con 19.7 Mg ha⁻¹; Ladan Moghadam *et al.* (2012) con 7.8 y 11.7 kg por maceta de 60 l; Amanolahi-Baharvand *et al.* (2014) con 10 Mg ha⁻¹, y Joshi *et al.* (2013) con 5, 10 y 20 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta. Sin embargo, el resultado encontrado en el presente estudio es similar a lo observado por Gupta *et al.* (2008) en la que no encontró diferencia significativa con 2.5 kg m². Aún faltan estudios sobre el efecto directo e indirecto de la Vermicomposta sobre el crecimiento y desarrollo de las hojas de la Palma de Jipí, así como el estrés por pérdida de agua, el balance de nutrimentos que la planta utiliza para su desarrollo (Lim *et al.*, 2015).

En referencia a los cogollos de la Palma de Jipi representan un estado joven de las hojas, el agua y los nutrimentos son importantes para su desarrollo (Duca, 2015). El número de cogollos que presentaron las plantas en el experimento no fue significativamente diferente ($P \leq 0.05$) para todos los tratamientos, en contraste con los resultados obtenidos por Rengifo y Zanabria Vizcarra (2001) cuando aplicaron la fórmula 24-8-4 y un Mg de guano por hectárea.

Otro de los aspectos importantes en la morfometría de la planta es el diámetro del peciolo. En los resultados observados, la altura del peciolo si presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los tratamientos T2 y T4. Estudios similares han mostrado que la Vermicomposta tiene efectos significativos en el diámetro del peciolo como lo mencionan los siguientes autores: Borji *et al.* (2014) cuando aplicaron 0.51 y 0.76 kg; Joshi y Pal Vig (2010) con 0.585, 1.17 y 1.755 kg; Joshi *et al.* (2013) con 5, 10, 20 Mg y una fórmula de NPK; por último, Zeighami *et al.* (2015) observaron diferencias con 12.5 y 25 g m². El aumento en la altura del peciolo puede deberse a que la Vermicomposta permite la retención de humedad en el suelo (Weber *et al.*, 2007).

El incremento del diámetro así como la altura es promovida por el agua, carbono, nitrógeno, entre otras sustancias que proporciona la Vermicomposta (Weber *et al.*, 2003), sin embargo, en el presente estudio el diámetro de cogollo no presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para ninguno de los tratamientos.

La altura de la Palma de Jipi es determinada por altura de la hoja que es la suma de la altura del peciolo y el limbo, estas variables mostraron diferencia significativa con los tratamientos de T2 y T3; resultados similares han sido encontrados por los siguientes autores: Jadhav *et al.* (2014) con 1.2 kg m²; Bhandari y Kanti Roy (2014) con 15 g por planta; Indrakumar Singh y Chauhan (2009) con 4 kg; Singh *et al.* (2012) con 5 Mg Ha⁻¹; y Ahmad Wani Khursheed y Rao (2012) solo con el uso de Vermicomposta. El resultado obtenido puede deberse a los bioestimulantes producidos por los microorganismos, la capacidad de retención de humedad, así como el uso eficiente de los nutrientes aportados por la Vermicomposta (Deblonde y Ledent, 2001).

El análisis del contenido de nutrientes en tejido de la planta es un método empleado en experimentos para determinar la cantidad adecuada de fertilizante necesario para el óptimo crecimiento y desarrollo de la planta. En el presente experimento la concentración de nutrientes en hojas no mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el aumento de dosis de Vermicomposta, este resultado difiere de lo reportado por varios autores que observaron una correlación directa entre la concentración de micro y macronutrientes al aumentar la dosis de Vermicomposta, tales como: Ladan Moghadam *et al.* (2012) encontraron la máxima concentración de nutrientes en tallos y raíz de *Lilium* Navonacon con 11.7 Kg; Singh *et al.* (2012) con 4 y 5 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta; Karmegam y Thilagavathy (2008) encontraron un aumento en la absorción de nutrientes en *Lablab purpureus* (L.) con una combinación de 2.5, 5 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta y hojarasca; Preetha *et al.* (2005) con una mezcla de fertilizante sintético más 2.5 y 5 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta; y Thirunavukkarasu y Vinoth (2013) con 2.5 Mg ha⁻¹ de Vermicomposta. Los resultados obtenidos demostraron que la adición de menos de 3.6 kilos de Vermicomposta por poceta no fue suficiente para aumentar la concentración de nutrientes de manera significativa. Aun es necesario completar la curva de eficiencia de fertilizante por lo que es recomendable hacer experimentos con cantidades mayores a tres punto seis kilos de Vermicomposta, así como determinar la relación entre el clima de la región y la humedad del suelo. El uso de Vermicomposta es fundamental para permitir el aprovechamiento de los nutrientes en forma iónica así como el incremento de la actividad microbiana (Hawkesford *et al.*, 2014).

Fenología

El desarrollo es un indicador de la relación de la planta con el clima y factores del suelo. Los sub-estadios de la hoja mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. El sub-estadio 1001 fue significativo para los tratamientos T3 y T4; el 1002 fue significativo para el tratamiento T6; el 1003 fue significativo con los tratamientos T5 y T4; el 1003 sp fue significativo para el tratamiento T5, el 1003 s fue significativo para los tratamientos T2 y T5. La presencia de estructuras en sub-estadio 1001 puede ser un mecanismo de defensa contra el estrés prolongado (Farooq *et al.*, 2009). De acuerdo con diferentes estudios, no hay un patrón único como respuesta entre el uso de Vermicomposta y la fenología de la planta, Kazemi Moghadam *et al.* (2014) registraron que el uso de 24.7 Mg ha^{-1} de Vermicomposta retrasa el tiempo de floración y madurez en la soya, esto puede deberse a que se crea un microclima que provoca la necesidad de acumular más grados de calor para poder manifestar los estadios; Butani y Chovatia (2014) encontró que con 8 Mg ha^{-1} acelera la floración y el tiempo de cosecha en plátano; Asgharipour (2012) observó que en isabgol la floración se prolonga; Altamirano y Aparicio (2002) registraron que el tiempo de germinación de pino disminuye y el porcentaje de germinación aumenta.

Conclusión

El tratamiento T4 que representa 15.9 Mg ha^{-1} de Vermicomposta mostró resultados significativos en altura de la hoja en comparación de los demás tratamientos, además presentó el mayor número de hojas en sub-estadio 1001, sin embargo, la relación entre los tratamientos, sub-estadios normales de la hoja y los sub-estadios de estrés no fueron consistentes con el aumento de la dosis de Vermicomposta. El uso de Vermicomposta es recomendable para las condiciones edafo-climáticas de Santa Cruz Ex-Hacienda por la capacidad de disminuir el estrés, proporcionar nutrimentos, promover el crecimiento y desarrollo de la Palma de Jipi.

Bibliografía

- Ahmad Wani Khursheed, M. and Rao, R.J. 2012. Effect of vermicompost on growth of brinjal plant (*Solanum melongena*) under field conditions. *Journal on New Biological Reports* 1(1): 25-28.
- Altamirano, Q.M. and Aparicio, R.A. 2002. Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. y *Pinus rudis* Endl. *Foresta Veracruzana* 4(1): 35-40.
- Amanolahi-Baharvand, Z., Zahedi, H. and Rafiee, M. 2014. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth parameters of three corn cultivars. *Journal of Applied Science and Agriculture* 9(9): 22-26.
- Asgharipour, M.R. 2012. Effect of vermicompost produced from municipal solid waste on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) and cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Medicinal Plants Research* 6(9): 1612-1618.
- Ashton, P.M.S. and Berlyn, G.P. 1994. A Comparison of Leaf Physiology and Anatomy of *Quercus* (Section *Erythrobalanus*-Fagaceae) Species in Different Light Environments. *American Journal of Botany* 81(5): 589-597.
- Atik, A. 2013. Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). *Compost Science & Utilization* 21(2): 87-98.
- Beinroth, F.H., Eswaran, H., Reich, P.F. and Van Den Berg, E. 1994. Land related stresses in agroecosystems. In S. M. Virmani et al. eds. *Stressed ecosystems and sustainable agriculture*. New Delhi, Oxford and IBH.
- Bennett, B.C., Alarcón, R. and Cerón, C. 1992. The Ethnobotany of *Carludovica palmata* Ruiz & Pavon (Cyclanthaceae) in Amazonian Ecuador. *Economic Botany* 46(3): 233-240.
- Benton Jones Jr., J. 2012. Soil fertility principles. *Plant nutrition and soil fertility manual*. New York, CRC Press. pp. 5-13.
- Bhandari, M. and Kanti Roy, S. 2014. Effect of vermicompost on the growth of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) plant and standardization of micro propagation of elite germplasm. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* 3(6): 442-448.
- Borji, S., Khodadadi, M. and Reza Mobasser, H. 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth characteristics and flowering geranium. *Journal of Novel Applied Sciences* 3(3): 307-309.
- Butani, A.M. and Chovatia, R.S. 2014. Effect of chemical fertilizer and vermicompost on days to flowering, harvesting and maturity of banana (*Musa paradisiaca* L.) cv. GRAND NAINÉ. *The Asian Journal of Horticulture* 9(2): 305-308.
- Castellanos Martínez, G.G. 2010. Técnicas de muestreo para el análisis nutricional y la fertilización del cultivo. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. 68.

Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas Pecuarios y Forestales 2007. NMX-FF-109-SCFI-2007-Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. 24.

CONAGUA 2015. Resumen anual de datos climatológicos. Comisión Nacional del Agua (Campeche).

Curran, P.J., Dungan, J.L. and Peterson, D.L. 2001. Estimating the foliar biochemical concentration of leaves with reflectance spectrometry: Testing the Kokaly and Clark methodologies. *Remote Sensing of Environment* 76(3): 349-359.

Deblonde, P.M.K. and Ledent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *European Journal of Agronomy* 14(1): 31-41.

DOF 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003.

Domínguez, J., Aira, M. and Gómez-Brandón, M. 2010. Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. In H. Insam, I. Franke-Whittle and M. Goberna eds. *Microbes at work: From wastes to resources*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. pp. 93-114.

Duca, M. 2015. Water Regime. *Plant Physiology*. Springer. pp. 39-63.

Farooq, M. et al. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29(1): 185-212.

Flores, J.S. and Espejel, I. 1994. *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Gebhardt, M.M. 2015. *Soil amendment effects on degraded soils and consequences for plant growth and soil microbial communities*. Thesis Master degree. The University of Arizona. 41 p.

Gupta, P., Rajwal, N., Kumar Dhaka, V. and Rajwal, D. 2008. Effect of different levels of vermicompost, NPK and FYM on performance of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) cv. HAPPY END. *The Asian Journal of Horticulture* 3(1): 142-143.

Hartemink, A.E. 2003. Soil fertility decline - theoretical considerations. In A. E. Hartemink ed. *Soil fertility decline in the tropics with case studies on plantations*. British Library, London, UK, CAB International. pp. 79-138.

Hawkesford, M.J., Kopriva, S. and De Kok, L.J., eds. 2014. Nutrient use efficiency in plants, Springer International Publishing.

Indrakumar Singh, N. and Chauhan, J.S. 2009. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic manures and inorganic fertilizer on growth & yield parameters under irrigated condition. *Nature and Science* 7(5): 52-54.

INEGI 2013. Cartas de uso del suelo y vegetación Calkini: F15-12. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- Jadhav, P.B. et al. 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth and yield of radish cv. Local variety. *International Journal of Information Research and Review* 1(2): 029-031.
- Joshi, R., Adarsh, P.V. and Singh, J. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: a field study. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 2(16): 1-7.
- Joshi, R. and Pal Vig, A. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L). *African Journal of Basic & Applied Sciences* 2(3-4): 117-123.
- Karmegam, N. and Thilagavathy, D. 2008. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth and yield of hyacinth bean, *Lablab purpureus* (L.) Sweet. *Dynamic Soil, Dynamic Plant* 2(2): 77-81.
- Kazemi Moghadam, M., Hassanpour Darvishi, H. and Javaheri, M. 2014. Effect of bacteria and vermicompost on phenology and growth of soybean (*Glycine Max* L.) in sustainable agricultural systems. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(9): 2534-2539.
- Koch, E. et al. 2007. Guidelines for plant phenological observations. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Austria); Deutscher Wetterdienst (Germany); HU Berlin (Germany); MeteoSwiss (Switzerland) and TU München (Germany). 39.
- Ladan Moghadam, A.R., Oraghi Ardebili, Z. and Saidi, F. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium Asiatic hybrid* var. Navona. *African Journal of Agricultural Research* 7(17): 2609-2621.
- Lakhdar, A. et al. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials* 171(1-3): 29-37.
- Lal, R. 2014. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research* 2(3): 36-47.
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N. and Shak, K.P.Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95(6): 1143-1156.
- Manzanero Acevedo, L.A. 2005. *La artesanía estrategia de vida familiar en la región de Calkiní, Campeche, México*. Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. 42 p.
- Meier, U., ed. 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas: BBCH Monografía. Alemania, Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (Alemania).
- Moo Chablé, R.A. 2011. *Surgimiento y perspectiva de la sociedad cooperativa "Loól Xaán" (flor de jipi), en el área de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, México*. Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. 156 p.
- Nicholls, A.M. 2011. Size-dependent analysis of allocation to sexual and clonal reproduction in *Penthorum sedoides* under contrasting nutrient levels. *International Journal of Plant Sciences* 172(9): 1077-1086.
- Nkonya, E., Mirzabaev, A. and von Braun, J., eds. 2016. Economics of land degradation and improvement: An introduction and overview. Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development. Cham, Springer International Publishing.

- Ortega Haas, J.J. 2013. *Fenología y manejo de la palma de jipi en la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. 127 p.
- Ortega Haas, J.J., Pat Fernández, J.M., Hernández Bahena, P. and Manzanero Acevedo, L.A. 2010. Productores de palma de jipi (*Carludovica palmata*) de la comunidad de Santa Cruz Ex-hacienda aledaña a la Reserva de la Biosfera Los Petenes. *II Congreso Internacional Patrimonio y Desarrollo Sustentable*. San Francisco de Campeche, Campeche, México, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Universidad Autónoma de Campeche. p. 201-207.
- Pech Bautista, H.d.C. et al. 2001. *Monografía del Municipio de Calkiní*. Campeche, México: Gobierno del Estado de Campeche, Instituto de Desarrollo y Formación Social & H. Ayuntamiento de Calkiní.
- Pelayo Benavides, H.R., Lizárraga Escobar, M. and Vargas Requena, C. 2009. Manual de prácticas fisiología vegetal. Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 164.
- Pérez Rodríguez, L. 2001. *Manejo tradicional de bombonaje o paja toquilla (Carludovica palmata)*. Lima, Perú: Intermediate Technology Development Group, ITDG-Perú.
- Preetha, D., Sushama, P.K. and Marykutty, K.C. 2005. Vermicompost+inorganic fertilizers promote yield and nutrient uptake of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *Journal of Tropical Agriculture* 43(1-2): 87-89.
- Rangarajan, A., Leonard, B. and Jack, A. 2008. Vermicompost amendment to field soil for bare root grape production. 1-7.
- Regalado, L. 2010. *Las hebras que tejieron nuestra historia*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.
- Rengifo, G. and Zanabria Vizcarra, P. 2001. *Experiencias de manejo de bombonaje o paja toquilla (Carludovica palmata)*. Lima: Intermediate Technology Development Group, ITDG-Perú.
- Singh, R., Soni, S.K., Awasthi, A. and Kalra, A. 2012. Evaluation of vermicompost doses for management of root-rot disease complex in *Coleus forskohlii* under organic field conditions. *Australasian Plant Pathology* 41(4): 397-403.
- Sinha, R.K., Agarwal, S., Chauhan, K. and Valani, D. 2010. The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agricultural Sciences* 1(2): 76-94.
- Thirunavukkarasu, M. and Vinoth, R. 2013. Influence of vermicompost application along with nitrogen on growth, nutrients uptake, yield attributes and economics of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology* 6(4): 599-604.
- Triola, M.F. 2009. *Estadística: Pearson*.
- Wang, Z., Li, L., Han, X. and Dong, M. 2004. Do rhizome severing and shoot defoliation affect clonal growth of *Leymus chinensis* at ramet population level? *Acta Oecologica* 26(3): 255-260.
- Weber, J. et al. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry* 39(6): 1294-1302.

Weber, J., Licznar, M. and Drozd, J. 2003. Changes in physical and physico-chemical properties of sandy soil amended with composted municipal solid wastes. In J. M. Lynch, J. S. Schepers and I. Ünver eds. *Innovative Soil-Plant Systems for Sustainable Agricultural Practices*. University of Ankara / O.E.C.D. pp. 530.

You, W. et al. 2014. An invasive clonal plant benefits from clonal integration more than a co-occurring native plant in nutrient-patchy and competitive environments. *PLoS ONE* 9(5): 1-11.

Zeighami, M., Asgharzadeh, A. and Dadar, A. 2015. Effects of the biofertilizers vermicompost and azotobacter on qualitative and quantitative characteristics of *Petunia hybrida*. *Biological Forum-An International Journal* 7(1): 586-592.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

- La adición de Vermicomposta incrementó la cantidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo.
- El aumento de Vermicomposta no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el número de hijuelos, hojas y cogollos.
- En el tratamiento de 15.9 Mg ha^{-1} de Vermicomposta se observó un incremento total del diámetro y la altura de peciolo, limbo y hoja en comparación con los tratamientos.
- La concentración de nutrimentos en hojas no mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el incremento de la dosis de Vermicomposta. Sin embargo, la concentración más alta de Nitrógeno total se presentó en las plantas con el tratamiento de 15.9 Mg ha^{-1} de Vermicomposta.
- Los tratamientos mostraron diferencias significativas en la frecuencia de sub-estadios. Se presentaron más estructuras foliares en sub-estadio 1001 (cogollos) con el tratamiento 15.9 Mg ha^{-1} de Vermicomposta; en sub-estadio 1003 (hojas 100% abiertas) con 10.6 Mg ha^{-1} Vermicomposta + 0.22 Mg ha^{-1} Triple 17 EM, y en sub-estadio 1003 s (hojas 100% abiertas y secas) con 5.3 Mg ha^{-1} de Vermicomposta. En general la relación entre los tratamientos, las frecuencias de las hojas en los sub-estadios normales y los sub-estadios de estrés, no fueron los resultados esperados con el aumento de Vermicomposta en la disminución del estrés.

Recomendaciones

El uso de Vermicomposta es recomendable para el cultivo de Jipi en el norte de Campeche, sobre todo por las características edafo-climáticas de la región, a pesar de que el suelo es arcilloso este pierde la humedad con rapidez, en parte por la poca profundidad y la degradación química que presenta el suelo.

Con respecto a la dosis de Vermicomposta se recomienda realizar más experimentos para determinar la dosis óptima, debido a que en el presente estudio solo se demostró que la adición de 10.6 Mg ha^{-1} o menos de Vermicomposta no es suficiente para generar un aumento en el tamaño de hoja, mientras que el uso de 15.9 Mg ha^{-1} mostró un incremento significativo en el tamaño de la hoja, sin embargo, es posible que la dosis óptima se encuentre más allá de 15.9 Mg ha^{-1} . Encontrar la dosis adecuada permitiría disminuir el costo de fertilización y mantener una producción óptima de la Palma de Jipi.

Durante el experimento se observó que el agua juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los cultivos de Palma de Jipi, es recomendable hacer experimentos que determinen las necesidades hídricas del cultivo, así como, trabajos que permitan la eficiencia del riego, por ejemplo, la creación de calendarios de riego, el uso de riego por goteo, entre otros.

Algunos indicadores que se deberían considerar en futuros trabajos en suelo y hojas son: el Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS por sus siglas en inglés) que permite determinar a partir de índices el estado nutricional de los cultivos pero de una forma más integral a diferencia de la comparación individual de cada elemento, y la proporción de agua absorbida por las raíces que podría ser un indicador importante en la producción de Palma de Jipi debido a la poca capacidad del suelo para retener humedad.

Otro aspecto importante es la relación de microorganismo de las raíces y su interacción con los cultivos de Palma de Jipi, estos son retos para futuros estudios.

Capítulo 4. Bibliografía

- Acevedo, I. and Pire, R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia* 29(5) 274-279.
- Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences* 3(7) 905-917.
- Aguilar de Tamariz, M.L. 2009. *Tejiendo la vida... los sombreros de paja toquilla en el Ecuador*. Segunda edición ed. Cuenca, Ecuador: Centro Interamericano de Artesanías y Artes Populares - CIDAP.
- Ahmad Wani Khursheed, M. and Rao, R.J. 2012. Effect of vermicompost on growth of brinjal plant (*Solanum melongena*) under field conditions. *Journal on New Biological Reports* 1(1) 25-28.
- Alarcón, R., Burbano, M. and Trujillo, L. 2009. Manejo de la rampira en la comunidad Chachi de Loma Linda. Zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, Ecuador., SICA. 8.
- Altamirano, Q.M. and Aparicio, R.A. 2002. Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. y *Pinus rudis* Endl. *Foresta Veracruzana* 4(1) 35-40.
- Amanolahi-Baharvand, Z., Zahedi, H. and Rafiee, M. 2014. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth parameters of three corn cultivars. *Journal of Applied Science and Agriculture* 9(9) 22-26.
- Asgharipour, M.R. 2012. Effect of vermicompost produced from municipal solid waste on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) and cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Medicinal Plants Research* 6(9) 1612-1618.
- Ashton, P.M.S. and Berlyn, G.P. 1994. A Comparison of Leaf Physiology and Anatomy of *Quercus* (Section *Erythrobalanus*-Fagaceae) Species in Different Light Environments. *American Journal of Botany* 81(5) 589-597.
- Atik, A. 2013. Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). *Compost Science & Utilization* 21(2) 87-98.
- Baligar, V.C., Fageria, N.K. and He, Z.L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7-8) 921-950.
- Barrera, J., Suárez, D. and Melgarejo, L.M. 2010. II. Análisis de crecimiento en plantas. In L. M. Melgarejo ed. *Experimentos en fisiología vegetal*. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. pp. 25-38.
- Beinroth, F.H., Eswaran, H., Reich, P.F. and Van Den Berg, E. 1994. Land related stresses in agroecosystems. In S. M. Virmani et al. eds. *Stressed ecosystems and sustainable agriculture*. New Delhi, Oxford and IBH. pp. 131-148.

- Bennett, B.C., Alarcón, R. and Cerón, C. 1992. The Ethnobotany of *Carludovica palmata* Ruiz & Pavon (Cyclanthaceae) in Amazonian Ecuador. *Economic Botany* 46(3) 233-240.
- Benton Jones Jr., J. 2012a. Soil fertility principles. In J. Benton Jones Jr. ed. *Plant nutrition and soil fertility manual*. New York, CRC Press. pp. 5-13.
- Benton Jones Jr., J. 2012b. Soil fertility principles. In J. Benton Jones Jr. ed. *Plant nutrition and soil fertility manual*. New York, CRC Press. pp. 5-13.
- Bhandari, M. and Kanti Roy, S. 2014. Effect of vermicompost on the growth of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) plant and standardization of micro propagation of elite germplasm. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* 3(6) 442-448.
- Boonjung, H. and Fukai, S. 1996. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield. *Field Crops Research* 48(1) 47-55.
- Borges-Gómez, L. et al. 2014. Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: Características físicas y químicas predominantes. *Agrociencia*(48) 347-359.
- Borji, S., Khodadadi, M. and Reza Mobasser, H. 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth characteristics and flowering geranium. *Journal of Novel Applied Sciences* 3(3) 307-309.
- Buol, S.W., Hole, F.D. and McCracken, R.J. 1981. Intemperización y formación de suelos. In S. W. Buol, F. D. Hole and R. J. McCracken eds. *Génesis y clasificación de suelos*. México, Trillas. pp. 97-110.
- Butani, A.M. and Chovatia, R.S. 2014. Effect of chemical fertilizer and vermicompost on days to flowering, harvesting and maturity of banana (*Musa paradisiaca* L.) cv. GRAND NAINÉ. *The Asian Journal of Horticulture* 9(2) 305-308.
- Cabadas-Báez, H. et al. 2010. Pedosediments of karstic sinkholes in the eolianites of NE Yucatán: A record of Late Quaternary soil development, geomorphic processes and landscape stability. *Geomorphology* 122(3-4) 323-337.
- Carating, R.B., Galanta, R.G. and Bacatio, C.D. 2014. Soils and the Philippine economy. In B. R. Carating, G. R. Galanta and D. C. Bacatio eds. *The Soils of the Philippines*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 187-271.
- Carlson, J. et al. 2015. Application of organic amendments to restore degraded soil: effects on soil microbial properties. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(3) 1-15.
- Castellanos Martínez, G.G. 2010. Técnicas de muestreo para el análisis nutricional y la fertilización del cultivo. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 68.
- Ceja Mena, M.C. 2008. Degradación de los suelos y pobreza en México. *economía informa*(350) 89-93.
- Çelîk, H., Katkat, A.V., Aşık, B.B. and Turan, M.A. 2010. Effects of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous soil conditions. *ŽEMDIRBYSTĖ* 97(4) 15-22.

- Centeno Erguera, L.R. 2008. Establecimiento de palma jipi (*Carludovica palmata*), en asociación con especies forestales maderables. *REPORTE ANUAL 2008. Ciencia y tecnología para enfrentar la crisis alimentaria*. México, D.F., INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. pp. 69, 70.
- Centeno Erguera, L.R. 2009. Establecimiento de palma jipi (*Carludovica palmata*), en asociación con especies forestales maderables. *Tecnologías generadas por el INIFAP durante el periodo 2004-2009 para el Subsector Forestal*. SAGARPA & INIFAP. pp. 46, 47.
- Clarkson, D.T. 1985. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. *Annual Review of Plant Physiology* 36(1) 77-115.
- Clarkson, D.T., Sanderson, J. and Russell, R.S. 1968. Ion Uptake and Root Age. *Nature* 220(5169) 805-806.
- Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas Pecuarios y Forestales 2007. NMX-FF-109-SCFI-2007-Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. 24.
- CONAGUA 2015. Resumen anual de datos climatológicos. Comisión Nacional del Agua (Campeche).
- Condrón, L. et al. 2010. The role of microbial communities in the formation and decomposition of soil organic matter. In G. R. Dixon and E. L. Tilton eds. *Soil microbiology and sustainable crop production*. Springer Science y Business Media B. V. pp. 81-118.
- Córdoba, F.J. and Portilla, J.C. 2005. Orientaciones para el manejo técnico del cultivo de la palma de iraca. Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Artesanías de Colombia, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 12.
- Cruz, m.S. 1986. *Abonos orgánicos*. Chapingo, México: UACH.
- Cui, Z. et al. 2014. Managing agricultural nutrients for food security in China: Past, present, and future. *Agronomy Journal* 106(1) 191-198.
- Curran, P.J., Dungan, J.L. and Peterson, D.L. 2001. Estimating the foliar biochemical concentration of leaves with reflectance spectrometry: Testing the Kokaly and Clark methodologies. *Remote Sensing of Environment* 76(3) 349-359.
- Chmielewski, F.-M. 2003. Phenology and agriculture. In M. D. Schwartz ed. *Phenology: An integrative environmental science*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 505-522.
- Chmielewski, F.-M. 2013. Phenology in agriculture and horticulture. In D. M. Schwartz ed. *Phenology: An integrative environmental science*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 539-561.
- Dabin, B. 1980. Phosphorus deficiency in tropical soils as a constraint on agricultural output. In International Rice Institute ed. *Soil-related constraints to food production in the Tropics*. Manila, Philippines, The international rice research institute and the new york state college of agriculture and life sciences, Cornell University. pp. 217-232.
- Deblonde, P.M.K. and Ledent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *European Journal of Agronomy* 14(1) 31-41.

DOF 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003.

Domínguez, J., Aira, M. and Gómez-Brandón, M. 2010. Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. In H. Insam, I. Franke-Whittle and M. Goberna eds. *Microbes at work: From wastes to resources*. Berlin, Heidelberg, Springer. pp. 93-114.

Duca, M. 2015. Water Regime. In M. Duca ed. *Plant Physiology*. Springer. pp. 39-63.

Eche, D.M. 2013. *Land degradation, small-scale farms' development, and migratory flows in Chiapas: Case study: Tapachula*: Kassel University Press.

Eni, I. 2012. Effects of land degradation on soil fertility: A case study of Calabar South, Nigeria. In S. Appiah-Opoku ed. *Environmental land use planning*. InTech. pp. 244.

Eriksson, J.E. 1988. The effects of clay, organic matter and time on adsorption and plant uptake of cadmium added to the soil. *Water, Air, and Soil Pollution* 40(3) 359-373.

Estrella, N., Sparks, T.H. and Menzel, A. 2007. Trends and temperature response in the phenology of crops in Germany. *Global Change Biology* 13(8) 1737-1747.

Eswaran, H., Lal, R. and Reich, P.F. 2001. Land degradation: An overview. In E. M. Bridges et al. eds. *Responses to land degradation. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand*. New Delhi, India, Oxford Press.

Fadiman, M. 2001. Hat weaving with Jipi, *Carludovica palmata* (Cyclanthaceae) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Economic Botany* 55(4) 539-544.

Fageria, N.K. 2009a. Mineral nutrition versus yield of field crops. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. pp. 1-29.

Fageria, N.K. 2009b. Nitrogen. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. pp. 31-90.

Fageria, N.K. 2009c. Phosphorus. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. pp. 91-130.

Fageria, N.K. 2009d. Potassium. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. pp. 131-163.

Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 1997. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol. *Journal of Plant Nutrition* 20(10) 1279-1289.

Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2001. Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(9-10) 1405-1429.

FAO. 2016. *Insumos/Fertilizantes - FAOSTAT* [en línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/R/RF/S> [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2016].

Farooq, M. et al. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29(1) 185-212.

- Farshad, A. and Barrera-Bassols, N. 2003. Historical anthropogenic land degradation related to agricultural systems: Case studies from Iran and Mexico. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 85(3-4) 277-286.
- Flores, J.S. and Espejel, I. 1994. *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Fuentes Yagüe, J.L. 1999. *Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes*. Mundi-Prensa ed: Ministerio de agricultura pesca y alimentación.
- García, A.C. et al. 2014. Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Journal of Geochemical Exploration* 136 48-54.
- Gebhardt, M.M. 2015. *Soil amendment effects on degraded soils and consequences for plant growth and soil microbial communities*. Thesis Master degree. The University of Arizona. 41 p.
- Girard, J.E. 2014. Earth's soil and agriculture Feeding the Earth's people. *Principles of environmental chemistry*. Jones & Bartlett Learning. pp. 40-69.
- Gupta, P., Rajwal, N., Kumar Dhaka, V. and Rajwal, D. 2008. Effect of different levels of vermicompost, NPK and FYM on performance of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) cv. HAPPY END. *The Asian Journal of Horticulture* 3(1) 142-143.
- Gutiérrez-Miceli, F.A. et al. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98 2781-2786.
- Hartemink, A.E. 2003. Soil fertility decline - theoretical considerations. In A. E. Hartemink ed. *Soil fertility decline in the tropics with case studies on plantations*. British Library, London, UK, CAB International. pp. 79-138.
- Hatamzadeh, A. and Shafyii Masouleh, S.S. 2011. The influence of vermicompost on the growth and productivity of cymbidiums. *Caspian J. Env. Sci.* 9(2) 125-132.
- Hawkesford, M.J., Kopriva, S. and De Kok, L.J., eds. 2014. Nutrient use efficiency in plants. Plant Ecophysiology, Springer International Publishing.
- Hayawin Zainal, N., Abdul Aziz, A., Haron, K. and Hashim, Z. 2013. Vermicompost for enhanced vegetative growth of oil palm seedlings. *Malaysian Palm Oil Board* 4.
- Hogue, E.J. and Neilsen, G.H. 1986. Effect of root temperature and varying cation ratios on growth and leaf cation concentration of apple seedlings grown in nutrient solution. *Can. J. Plant Sci.* 66 637-645.
- Hopkins, D.W. and Dungait, J.A.J. 2010. Soil microbiology and nutrient cycling. In G. R. Dixon and E. L. Tilston eds. *Soil microbiology and sustainable crop production*. Springer Science y Business Media B. V. pp. 59-80.
- Huerta, E. et al. 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of Amashito pepper, interactions with Earthworms and Rhizobacteria. *Compost Science and Utilization* 18(4) sp-vol. 18, no. 14 (2010), 2282.

IFDC/UNIDO, ed. 1979. Fertilizer manual. Alabama, U.S.A., United Nations Industrial Development Organization & International Fertilizer Development Center.

IFDC/UNIDO, ed. 1998. Fertilizer manual. Alabama, U.S.A., Kluwer Academic.

Indrakumar Singh, N. and Chauhan, J.S. 2009. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic manures and inorganic fertilizer on growth & yield parameters under irrigated condition. *Nature and Science* 7(5) 52-54.

INEGI 2013. Cartas de uso del suelo y vegetación Calkini: F15-12. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Jadhav, P.B. et al. 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth and yield of radish cv. Local variety. *International Journal of Information Research and Review* 1(2) 029-031.

Jones, C. and Jacobsen, J. 2005. Plant nutrition and soil fertility. *Nutrient management module No. 2*. Montana State University. 11.

Joshi, R., Adarsh, P.V. and Singh, J. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: a field study. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 2(16) 1-7.

Joshi, R. and Pal Vig, A. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L). *African Journal of Basic & Applied Sciences* 2(3-4) 117-123.

Joshi, R., Singh, J. and Vig, A. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14(1) 137-159.

Karmegam, N. and Thilagavathy, D. 2008. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth and yield of hyacinth bean, *Lablab purpureus* (L.) Sweet. *Dynamic Soil, Dynamic Plant* 2(2) 77-81.

Kazemi Moghadam, M., Hassanpour Darvishi, H. and Javaheri, M. 2014. Effect of bacteria and vermicompost on phenology and growth of soybean (*Glycine Max* L.) in sustainable agricultural systems. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(9) 2534-2539.

Koch, E. et al. 2007. Guidelines for plant phenological observations. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Austria); Deutscher Wetterdienst (Germany); HU Berlin (Germany); MeteoSwiss (Switzerland) and TU München (Germany). 39.

Kumar Fageria, N., Baligar, V.C. and Jones, C.A. 2010. Field crops and mineral nutrition. *Growth and mineral nutrition of field crops*. CRC Press. pp. 1-12.

Ladan Moghadam, A.R., Oraghi Ardebili, Z. and Saidi, F. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium Asiatic hybrid* var. Navona. *African Journal of Agricultural Research* 7(17) 2609-2621.

Lakhdar, A. et al. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials* 171(1-3) 29-37.

Lal, R. 2014. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research* 2(3) 36-47.

Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N. and Shak, K.P.Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95(6) 1143-1156.

Liu, X. et al. 2011. Nitrogen deposition and its ecological impact in China: An overview. *Environmental Pollution* 159(10) 2251-2264.

López-Mtz., J.D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E. and Valdez Cepeda, R., D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana* 19 293-299.

López, L.M. et al. 2013. Determinación del porcentaje de humedad, solubles e insolubles en agua de la fibra de *Carludovica palmata* (paja toquilla). *Ingenius*(9) 23-27.

Manh, V.H. and Wang, C.H. 2014. Vermicompost as an Important Component in Substrate: Effects on Seedling Quality and Growth of Muskmelon (*Cucumis Melo* L.). *APCBEE Procedia* 8(0) 32-40.

Manzanero Acevedo, L.A. 2005. *La artesanía estrategia de vida familiar en la región de Calkiní, Campeche, México*. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. 42 p.

Manzoor Alam, S. 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In M. Pessarakli ed. *Handbook of plant and crop stress*. New York, Marced Lekkerin, Inc. pp. 285-313.

Manzoor Alam, S., Shamsad Mehdi Naqvi, S. and Ansari, R. 1999. Impact of soil ph on nutrient uptake by crop plants. In M. Pessarakli ed. *Handbook of plant and crop stress*. New York, Marced Lekkerin, Inc. pp. 51-60.

Maria de Aquino, A., Lopes de Almeida, D., Marinho Guerra, J.G. and De-Polli, H. 2005. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. *Pesq. agropec. bras.* 40(11) 1087-1093.

Meier, U., ed. 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas: BBCH Monografía. Alemania, Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (Alemania).

Meier, U. et al. 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications –. *Journal Für Kulturpflanzen* 61(2) 41–52.

Méndez Moreno, O. et al. 2012. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Botánica* 69 sp-vol. 69, número especial (2012), 2049.

Moo Chablé, R.A. 2011. *Surgimiento y perspectiva de la sociedad cooperativa “Loól Xaán” (flor de jipi), en el área de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, México*. Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. 156 p.

Morgan, J.B. and Connolly, E.L. 2013. Plant-soil interactions: Nutrient uptake. *Nature Education Knowledge* 4(8) 2.

Navarro Blaya, S. and Navarro Garcia, G. 2003a. El fósforo en la planta. In P. Mundi ed. *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. pp. 219-231.

- Navarro Blaya, S. and Navarro Garcia, G. 2003b. El nitrógeno en la planta. *In* P. Mundi ed. *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. pp. 165-182.
- Navarro Blaya, S. and Navarro Garcia, G. 2003c. El potasio en la planta. *In* P. Mundi ed. *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. pp. 251-257.
- Nicholls, A.M. 2011. Size-dependent analysis of allocation to sexual and clonal reproduction in *Penthorum sedoides* under contrasting nutrient levels. *International Journal of Plant Sciences* 172(9) 1077-1086.
- Nieto-Garibay, A. et al. 2010. Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. *In* J. L. García Hernández et al. eds. *Agricultura orgánica. Tercera parte* Durango, Dgo, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Instituto Tecnológico de Torreón. pp. 69-82.
- Nikbakht, A. et al. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31(12) 2155-2167.
- Nkonya, E., Mirzabaev, A. and von Braun, J., eds. 2016. Economics of land degradation and improvement: An introduction and overview. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Cham, Springer International Publishing.
- Nortcliff, S. and Gregory, P.J. 2013. The historical development of studies on soil–plant interactions. *Soil conditions and plant growth*. Blackwell Publishing Ltd. pp. 1-21.
- Ortega Haas, J.J. 2013. *Fenología y manejo de la palma de jipi en la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. 127 p.
- Ortega Haas, J.J., Pat Fernández, J.M., Hernández Bahena, P. and Manzanero Acevedo, L.A. 2010. Productores de palma de jipi (*Carludovica palmata*) de la comunidad de Santa Cruz Ex-hacienda aledaña a la Reserva de la Biosfera Los Petenes. *II Congreso Internacional Patrimonio y Desarrollo Sustentable*. San Francisco de Campeche, Campeche, México, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Universidad Autónoma de Campeche. p. 201-207.
- Parikh, S.J. and James, B.R. 2012. Soil: The foundation of agriculture. *Nature Education Knowledge* 3(10) 1-12.
- Parthasarathi, K., Balamurugan, M. and Ranganathan, L.S. 2008. Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop–blackgram *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.* 5(1) 51-58.
- Pascual, U. 2001. *Soil degradation and technical efficiency in shifting cultivation: The case of Yucatán (México)*. University of Manchester and University of York. 23 p.
- Pathma, J. and Sakthivel, N. 2014. Microbial and functional diversity of vermicompost bacteria. *In* K. D. Maheshwari ed. *Bacterial diversity in sustainable agriculture*. Cham, Springer International Publishing. pp. 205-225.
- Pech Bautista, H.d.C. et al. 2001. *Monografía del Municipio de Calkiní*. Campeche, México: Gobierno del Estado de Campeche, Instituto de Desarrollo y Formación Social & H. Ayuntamiento de Calkiní.

- Pelayo Benavides, H.R., Lizárraga Escobar, M. and Vargas Requena, C. 2009. Manual de prácticas fisiología vegetal. Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 164.
- Perea Mercado, S.L., Alayón Gamboa, J.A. and Lope Alzina, D.G. 2012. La diversidad vegetal en solares y el empoderamiento de mujeres en comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Calakmul
Los Huertos Familiares en Mesoamérica. México, México. pp. p. 242-245.
- Pérez Luna, Y.D.C. et al. 2012. *Impacto de la biofertilización y aplicación de abonos orgánicos en la productividad de maíz (Zea mays L.) en Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur. 98 p.
- Pérez Rodríguez, L. 2001. *Manejo tradicional de bombonaje o paja toquilla (Carludovica palmata)*. Lima, Perú: Intermediate Technology Development Group, ITDG-Perú.
- Pimienta Barrios, E., Muñoz Urias, A., Ramírez Hernández, B.C. and Méndez Morán, L. 2006. Introducción. *Desarrollo vegetal*. México, Universidad de Guadalajara. pp. 19-31.
- Preetha, D., Sushama, P.K. and Marykutty, K.C. 2005. Vermicompost+inorganic fertilizers promote yield and nutrient uptake of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *Journal of Tropical Agriculture* 43(1-2) 87-89.
- Rangarajan, A., Leonard, B. and Jack, A. 2008. Vermicompost amendment to field soil for bare root grape production. 1-7.
- Rani Vijaya, C. 2011. *Study on the analysis and field application of vermicompost produced from different organic waste by using vermiculture technology*. Tesis de Doctorado. Manonmaniam Sundaranar University. 130 p.
- Regalado, L. 2010. *Las hebras que tejieron nuestra historia*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.
- Rengifo, G. and Zanabria Vizcarra, P. 2001. *Experiencias de manejo de bombonaje o paja toquilla (Carludovica palmata)*. Lima: Intermediate Technology Development Group, ITDG-Perú.
- Retallack, G.J. 1991. Untangling the Effects of Burial Alteration and Ancient Soil Formation. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 19(1) 183-206.
- Roberts, P., Edwards, C.A., Edwards-Jones, G. and Jones, D.L. 2007. Responses of common pot grown flower species to commercial plant growth media substituted with vermicomposts. *Compost Science & Utilization* 15(3) 159-166.
- Salgado García, S. et al. 2006. *Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos* Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Tropic Humedo de Tabasco
- Samar, S.M. et al. 2001. Root partial contact with localized organic matter increased ⁵⁹Fe uptake and alleviated lime-induced chlorosis of young apple trees. In W. J. Horst et al. eds. *Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 860-861.

SARH 1988. Primera revisión Científica Forestal y Agropecuario. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Yucatán.

Sarma, B. and Gogoi, N. 2015. Germination and seedling growth of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by organic amendments. *Cogent Food & Agriculture* 1(1) 1030906.

Savci, S. 2012. An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(1) 77-79.

Scherr, S.J. and Institute, I.F.P.R. 1999. *Soil degradation: A threat to developing-country food security by 2020?*: International Food Policy Research Institute.

Sedov, S. et al. 2008. Micromorphology of a soil catena in Yucatán: Pedogenesis and geomorphological processes in a tropical karst landscape. In S. Kapur, A. Mermut and G. Stoops eds. *New Trends in Soil Micromorphology*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. pp. 19-37.

SEMARNAT. 2014. *Suelos* [en línea]: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_1.html [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2016].

Singh, R., Soni, S.K., Awasthi, A. and Kalra, A. 2012. Evaluation of vermicompost doses for management of root-rot disease complex in *Coleus forskohlii* under organic field conditions. *Australasian Plant Pathology* 41(4) 397-403.

Sinha, R.K., Agarwal, S., Chauhan, K. and Valani, D. 2010. The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agricultural Sciences* 1(2) 76-94.

Smith, L.E.D. and Siciliano, G. 2015. A comprehensive review of constraints to improved management of fertilizers in China and mitigation of diffuse water pollution from agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 209 15-25.

Staff, S.S. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. Twelfth Edition ed. USA: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Standley, P.C. and Steyermark, J.A. 1958. *Flora of Guatemala*. United States of America: Chicago Natural History Museum.

Stewart, W.M., Dibb, D.W., Johnston, A.E. and Smyth, T.J. 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal* 97(1).

Sudaryanto, S.R., Hamzah, A. and Khoirul Anwar, M. 2013. Mapping of soil deterioration status for biomass production in the eastern part of natuna districtss. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 3(4) 1 - 6.

Suhane, R.K. 2007. Vermicompost. Pusa, Bihar, India, Publication of Rajendra Agriculture University. 88.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Crecimiento y desarrollo. *Fisiología vegetal*. Sinauer Associates Inc. pp. 637-707.

- Thirunavukkarasu, M. and Vinoth, R. 2013. Influence of vermicompost application along with nitrogen on growth, nutrients uptake, yield attributes and economics of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology* 6(4) 599-604.
- Tinker, P.B. 1984. The role of microorganisms in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soil. In J. Tinsley and J. F. Darbyshire eds. *Biological Processes and Soil Fertility*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 77-91.
- Torre Pinzón, Z.N.-H. and Chablé Can, E.M.d.S. 2012. Memoria del Taller de Diagnostico Comunitario Sede: Calkini, Campeche. *Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (Primera Fase)*. Campeche, México, ECOSUR – Campeche.
- Triola, M.F. 2009. *Estadística*: Pearson.
- Troeh, F.R., ed. 2005. *Soils and soil fertility*, Wiley-Blackwell.
- Uc Dzul, R.I. 1995. *El cultivo de la palma de Jipi (Carludovica palmata Ruiz y Pavón): aprovechamiento y características agronómicas en la parte norte del Estado de Campeche*. Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. 111 p.
- UNAM. 2015. *Base de datos herbario nacional (MEXU)* [en línea]. Disponible en: <http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU,Herbario> [Fecha de consulta: 3 de abril de 2015].
- USDA. 2015. *Fertilizer Use & Markets* [en línea]. Estados Unidos de América: United States Department of Agriculture Economic Research Service [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2015].
- Wang, D. et al. 2010. Influence of cow manure vermicompost on the growth, metabolite contents, and antioxidant activities of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*). *Biology and Fertility of Soils* 46(7) 689-696.
- Wang, Z., Li, L., Han, X. and Dong, M. 2004. Do rhizome severing and shoot defoliation affect clonal growth of *Leymus chinensis* at ramet population level? *Acta Oecologica* 26(3) 255-260.
- Weber, J. et al. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry* 39(6) 1294-1302.
- Weber, J., Licznar, M. and Drozd, J. 2003. Changes in physical and physico-chemical properties of sandy soil amended with composted municipal solid wastes. In J. M. Lynch, J. S. Schepers and I. Ünver eds. *Innovative Soil-Plant Systems for Sustainable Agricultural Practices*. University of Ankara / O.E.C.D. pp. 227-242.
- Yermiyahu, U., Keren, R. and Chen, Y. 2001. Boron uptake by plants as affected by organic matter. In W. J. Horst et al. eds. *Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research*. Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 852-853.
- You, W. et al. 2014. An invasive clonal plant benefits from clonal integration more than a co-occurring native plant in nutrient-patchy and competitive environments. *PLoS ONE* 9(5) 1-11.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14(6) 415-421.

Zeighami, M., Asgharzadeh, A. and Dadar, A. 2015. Effects of the biofertilizers vermicompost and azotobacter on qualitative and quantitative characteristics of *Petunia hybrida*. *Biological Forum-An International Journal* 7(1) 586-592.