

Vermicomposta en el crecimiento y nutrición de *Carludovica palmata* R. & P. en Campeche, México

Vermicompost growth and uptake in *Carludovica palmata* R. & P. in Campeche, Mexico

Juan José Ortega-Haas^{1†} , Juan Manuel Pat-Fernández¹ ,
Regino Gómez-Álvarez²  y Luis Ariel Manzanero-Acevedo³ 

¹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Campeche. Avenida Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial. 24500 Lerma, Campeche, México.

[†] Autor para correspondencia (jose_ortega88@hotmail.com)

² El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Villahermosa. Carretera Villahermosa-Reforma km 15.5, ranchería El Guineo, sección II. 86280 Villahermosa, Tabasco, México.

³ Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU). Avenida Héroes de Nacozari No. 480. 24079 San Francisco de Campeche, Campeche, México.

RESUMEN

La vermicomposta es un abono que mejora la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos; su empleo en la producción de palma de jipi es una alternativa económica y amigable con el ambiente. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de vermicomposta durante 120 días, en el desarrollo y crecimiento de la hoja de *Carludovica palmata* R. & P. en una parcela experimental en Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche. El diseño experimental utilizado fue cuadrado latino, con seis tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos empleados fueron: T1 = 0 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, T2 = 5.3 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, T3 = 10.6 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, T4 = 15.9 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, T5 = 10.6 Mg ha⁻¹ de vermicomposta + 0.22 Mg ha⁻¹ de Triple 17 y T6 = 0.22 Mg ha⁻¹ de Triple 17 EM[®]. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el número de hijuelos, hojas y cogollos entre los tratamientos como tampoco en el testigo; las plantas con el tratamiento T4 incrementaron significativamente la longitud de la hoja, peciolo y limbo con respecto al testigo. En los estadios, los tratamientos T4 y T5 presentaron diferencia significativa en una mayor frecuencia de cogollos con peciolo visible y hojas abiertas respectivamente. El uso de vermicomposta repercutió positivamente en caracteres como producción de cogollos, longitud y reducción de la mortalidad de las hojas.

Palabras clave: cuadrado latino, escala BBCH, estadios de la hoja, fertilizante Triple 17.

SUMMARY

Vermicompost is an organic fertilizer that increases soil fertility and crop productivity. The use of this organic fertilizer in Jipijapa (*Carludovica palmata*) palm productivity is a low-cost and environmentally-friendly alternative. Therefore, the objective of this study was to evaluate vermicompost effects on leaf growth development of leaf growth of *C. palmata* for 120 days in an experimental plot located in Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche, Mexico. The experiment was based on Latin Square Design with six treatments and six replications. Treatments with vermicompost were applied in different doses (T1 = 0 Mg ha⁻¹; T2 = 5.3 Mg ha⁻¹; T3 = 10.6 Mg ha⁻¹; T4 = 15.9 Mg ha⁻¹; T5 = 10.6 Mg ha⁻¹ of vermicompost + 0.22 Mg ha⁻¹ of Triple 17 and T6 = 0.22 Mg ha⁻¹ of Triple 17 EM[®]. The application of vermicompost had no significant differences on total number of leaves per hole and number of shoot of Jipi palm compared to the control ($P > 0.05$). The frequency in the stages of shoot and opened leaves were significantly different for T4 and T5. The beneficial effects of Vermicompost were in growth and shoot development, leaf, petiole, and blade length, and less mortality in leaves.

Cita recomendada

Ortega-Haas, J. J., J. M. Pat-Fernández, R. Gómez-Álvarez y L. A. Manzanero-Acevedo. 2020. Vermicomposta en el crecimiento y nutrición de *Carludovica palmata* R. & P. en Campeche, México. Terra Latinoamericana 38: 883-893.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.588>

Recibido: 08 de julio de 2019.

Aceptado: 14 de agosto de 2020.

Publicado en Terra Latinoamericana 38: 883-893.

Index words: *latin square, BBCH scale, stage of leaves, fertilizer Triple 17.*

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso no renovable generador de servicios y productos al hombre; funciona como hábitat de organismos, interviene en los ciclos de los nutrientes y del agua. La fertilidad del suelo es un indicador de la productividad de los cultivos (Benton, 2012). La pérdida de fertilidad del suelo puede evitarse con prácticas ecológicas como el uso de abonos orgánicos (Gebhardt, 2015¹).

La vermicomposta es un abono orgánico de bajo costo que influye en la fertilidad del suelo al modificar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Lim *et al.*, 2015). En las propiedades físicas, incrementa la porosidad, la capacidad de retención de agua, la circulación del aire y la estabilidad de los agregados; asimismo, 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 el efecto residual de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y disminuye la acidez hidrolítica (Weber *et al.*, 2002).

En los cultivos, la vermicomposta modifica directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo. Diversas investigaciones han mostrado incrementos en las estructuras de propagación, el número de hojas, aumentos en el diámetro del tallo, la longitud del tallo y el tamaño de la hoja (Moghadam *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2012). Además, aceleran o retardan las etapas de desarrollo de la planta. También se ha observado la disminución del tiempo de emergencia e incremento en el porcentaje de germinación de semillas y el desarrollo de plántulas; así como, incremento en la velocidad de crecimiento y en el desarrollo de las hojas; reducción en el tiempo de poda, y aceleración del proceso de la madurez y la floración (Butani y Chovatia, 2014; Kazemi *et al.*, 2014).

Algunos estudios registraron una correlación positiva entre el aumento de la dosis de vermicomposta y la concentración de nutrientes en los tejidos de la planta. Este abono incrementa el Ca, K, Fe y Zn en tallo y raíz en asteráceas; en *Coleus forskohlii* el incremento de vermicomposta elevó la concentración de N, P y

K en tallos y raíz; en plántulas de garbanzo (*Cicer arietinum*) se obtuvieron concentraciones más altas de macro- y micro-nutrientes (Moghadam *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2012).

El estado nutricional y el desarrollo de la hoja pueden percibirse en variables como: diámetro del peciolo, longitud de la hoja, coloración y visibilidad de las estructuras de la hoja (Pelayo *et al.*, 2009).

La palma de jipi es una planta perenne de la familia Cyclanthaceae, distribuida desde la zona tropical de México hasta Bolivia Central; en selvas inundables, de submontaña, 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, 2001). Las plagas identificadas en el cultivo de jipi son el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y un hongo no identificado, ambos no afectan significativamente las plantaciones, por lo que no se tiene un protocolo de control. En la comunidad de Santa Cruz los productores al detectar una planta enferma la retiran y queman (Pérez, 2001). La palma de jipi es materia prima en la elaboración de sombreros de Panamá o Jipijapa. El cultivo de jipi en el norte de Campeche es sumamente importante porque representa la principal 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. El impacto social y económico es evidente porque constituye la principal fuente de ingreso de las familias, mayor del 50%, que repercute en la alimentación y su reproducción social y cultural. Debido a los numerosos beneficios constatados que genera la vermicomposta en el crecimiento y desarrollo en los diversos cultivos, se consideró importante determinar los efectos que presentaría en el cultivo de *Carludovica palmata* R. & P. (palma de jipi). Esta especie se seleccionó porque es la que utilizan los artesanos de sombreros de jipi en el norte de Campeche, México. El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de diversas dosis de vermicomposta, Triple 17 EM® (enriquecido con micro-nutrientes) y la mezcla de vermicomposta con Triple 17 EM® en el crecimiento y estadios de la hoja de palma de jipi durante 120 días (febrero-julio), desde el establecimiento de una nueva plantación en una parcela de la localidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche. La hipótesis fue que

¹ 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. Arizona, USA. 41 p. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/556614> (Consulta: junio 26, 2019).

la dosis más elevada de vermicomposta incrementa el crecimiento y la frecuencia de sub-estadios de la hoja de palma de jipi en una parcela experimental en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una parcela experimental en Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkiní, Campeche (20° 23' 46" N, 90° 14' 11" O y altitud de 10 m). El clima de la región es Aw0 (cálido subhúmedo), con sequía de marzo a mayo; lluvias en verano y otoño (Pech *et al.*, 2001). La temperatura media anual es 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. En la península de Yucatán, el paisaje kárstico está conformado por Leptosol, Cambisol y Luvisol (INEGI, 2013).

Diseño Experimental y Tratamientos

El experimento se llevó a cabo durante los meses de febrero a julio de 2015 con una duración de 120 días. Se usó el diseño de cuadrado latino con seis tratamientos y seis repeticiones. Cada bloque abarcó un área de 144 m² en la cual se distribuyeron 64 pocetas con un área por planta de 2.25 m², empleándose 216 plantas útiles y 168 plantas para evitar el efecto de borde en los tres bloques. La poceta fue la unidad experimental. Al inicio del experimento se colocaron dos hijuelos en cada poceta. Los tratamientos se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos.
Table 1. Treatments.

Tratamiento	Cantidad y tipo de fertilizante
	Mg ha ⁻¹
T1	0 vermicomposta
T2	5.3 de vermicomposta
T3	10.6 de vermicomposta
T4	15.9 de vermicomposta
T5	10.6 de vermicomposta + 0.22 Triple 17
T6	0.22 Triple 17

Análisis Físicos y Químicos del Suelo y Vermicomposta

Antes del experimento fue colectada una muestra compuesta de suelo luvisol caracterizado por ser arcilloso, coloración rojiza y tener una profundidad que fluctúa de 0 a 20 cm. Además se tomó una muestra de vermicomposta para realizar los análisis físicos y químicos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002) y la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 (NMX, 2007) respectivamente (Cuadro 2). La vermicomposta comercial fue producida con la especie (*Eisenia foetida*) alimentada con estiércol de ganado bovino.

Selección de Hijuelos, Riego y Determinación de Nitrógeno y Potasio en Hojas

Los hijuelos de la *C. palmata* R. & P., se obtuvieron de una plantación madre de tres años que se encontraba bajo sombra. El número promedio de hojas por colonia fue de 2.73, longitud de la hoja de 113.53 cm, peciolo 85.86 cm y limbo 44.84 cm.

El método de riego utilizado fue por inundación, mediante mangueras de una pulgada de diámetro, la frecuencia de riego fue de tres horas cada tres días con un caudal de 11 400 L d⁻¹ en un área de 432 m², la estimación fue por el método de la cubeta (FAO, 2006).

Al finalizar el experimento, se seleccionaron tres hojas del mismo grado de maduración y posición por cada tratamiento para determinar la concentración de nitrógeno y potasio total (Franco, 2010).

Crecimiento y Fenología

El Centro Federal de Investigaciones Biológicas y la Industria Química Alemana han creado una escala para registrar y comparar los estadios fenológicos de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, denominado BBCH (por sus siglas en alemán del Centro de Investigaciones, Koch *et al.*, 2007). 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). Esta escala sirvió como referencia para evaluar el crecimiento de la palma de jipi a través de las mediciones de la longitud de las hojas, peciolo, limbo y

Cuadro 2. Análisis físicos y químicos del suelo y la vermicomposta.
Table 2. Physical and chemical analysis of soil and vermicompost.

Características	Método	Luvisol	Vermicomposta
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	R:32; L:24; A:44	R:14; L:17; A:69
DA	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 cmolc kg ⁻¹	37.60 cmolc kg ⁻¹

R = arcilla; L = limo; A = arena; DA = densidad aparente; CIC = coeficiente de intercambio catiónico.

R = clay; L = silt; A = sand; DA = apparent density; CIC = cation exchange coefficient.

del diámetro de peciolo y cogollo; para ello, se empleó flexómetro y vernier respectivamente. También se contó el número de hojas e hijuelos de las 108 colonias distribuidas de acuerdo con el diseño estadístico utilizado. La fenología de la hoja se determinó usando la escala BBCH. Las observaciones fueron registradas quincenalmente (Meier, 2001). 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, Chi cuadrada (X^2) y Prueba de Fisher. Para analizar los estadios de la hoja, se utilizó el software XLSTAT versión 2014 (Triola, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de la Palma de Jipi

Entre tratamientos evaluados no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el número de hijuelos, hojas y cogollos. Aunque, los tratamientos con adición de vermicomposta y fertilizante mostraron un aumento constante del número de hijuelos y hojas a partir del día 15 hasta el 120. El número de hijuelos donde se aplicó la vermicomposta y el fertilizante sintético tampoco mostró diferencias significativas, el resultado es similar al que obtuvo Nicholls (2011) con zanja o muralla de la virgen a la que le aplicaron 250 mL de 24-8-16 (N-P-K) en solución, cuatro veces por intervalos de dos semanas durante cuatro meses. Pero, You *et al.* (2014) obtuvieron diferencias significativas en el número de hijuelos cuando experimentaron con

la hierba del lagarto (*Alternanthera philoxeroides*) y aplicaron 5 g de 16-8-12 (N-P-K) en una sola ocasión. Por ello, consideramos que el aumento en el número de hijuelos puede deberse a diversos factores ambientales e intrínsecos (Wang *et al.*, 2004). Es conocido 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 en su reproducción (Nicholls, 2011).

Los cogollos de la palma de jipi representan un estado joven de las hojas, el agua y los nutrientes son importantes para su desarrollo (Duca, 2015). El número de cogollos en las plantas del experimento no fue significativamente diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos, en contraste con los resultados obtenidos por Rengifo y Zanabria (2001) cuando aplicaron la fórmula 24-8-4 (N-P-K) y 1 Mg ha⁻¹ de guano en palma de jipi. El número de hojas de cada palma de jipi en el experimento no fue significativamente diferente entre tratamientos, este resultado difiere de estudios con vermicomposta, tales como, Rangarajan *et al.* (2008) quienes encontraron diferencias significativas con 19.7 Mg ha⁻¹ en uva; Moghadam *et al.* (2012) con 7.8 y 11.7 kg en plátano; Amanolahi-Baharvand *et al.* (2014) con 10 Mg ha⁻¹ en maíz, y Joshi *et al.* (2013) con 5, 10 y 20 Mg ha⁻¹ en trigo harinero. Similar a lo obtenido en este estudio son los resultados de Gupta *et al.* (2008), quienes no encontraron diferencia significativa con 2.5 kg vermicomposta m⁻² en una especie de gladiola. Por todo esto se requiere realizar estudios sobre el efecto directo e indirecto de la vermicomposta en

el crecimiento y desarrollo de las hojas de la palma de jipi, así como en el estrés producido en la planta por la pérdida de agua y balance de nutrimentos que la planta utiliza para su desarrollo (Lim *et al.*, 2015). También es necesario conocer las condiciones para establecer la planta en campo y las afectaciones por las condiciones climáticas y edafológicas existentes. La concentración de fósforo en el suelo y vermicomposta permitió la disponibilidad de humedad para la planta por más tiempo, lo que ayudó al crecimiento de la misma.

En el estudio los parámetros morfológicos (diámetro y longitud del peciolo, longitud del limbo y longitud de la hoja) se observó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 3). De acuerdo con resultados, la longitud del peciolo sí presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el tratamiento T4. Estudios similares han probado que la vermicomposta tiene efectos significativos en el diámetro del peciolo, como lo mencionan algunos autores: Borji *et al.* (2014) cuando aplicaron 0.51 y 0.76 kg en especies de geranio; Joshi y Vig (2010) con 0.585, 1.17 y 1.755 kg en tomate; Joshi *et al.* (2013) con 5, 10, 20 Mg y una fórmula de NPK en trigo harinero; por último, Zeighami *et al.* (2015) observaron diferencias con 12.5 y 25 g m⁻² en una especie de petunia. El aumento en la longitud del

peciolo puede deberse a que la vermicomposta permite la retención de humedad en el suelo (Weber *et al.*, 2007).

El incremento del diámetro y la longitud son resultado de la acción del agua, carbono, y nitrógeno, entre otras sustancias que proporciona la vermicomposta (Weber *et al.*, 2002); pero, en el presente estudio el diámetro de cogollo no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos.

La longitud de la palma de jipi se determina por la longitud de la hoja, que es la suma del peciolo y el limbo: en esta variable sí hubo diferencia significativa entre los tratamientos, resultando el tratamiento T4 (15.9 Mg vermicomposta ha⁻¹, correspondiente a 3.6 kg poceta⁻¹) el mejor tratamiento. Diferentes autores han encontrado resultados similares Jadhav *et al.* (2014) con 1.2 kg m⁻² en *Raphanus raphanistrum* cv variedad local; Bhandari y Roy (2014) con 15 g por planta; Singh y Chauhan (2009) con 4 kg; Singh *et al.* (2012) con 5 Mg ha⁻¹; y Mamtan *et al.* (2012). El resultado favorable puede deberse a los bioestimulantes producidos por los microorganismos, la capacidad de retención de humedad y al uso eficiente de los nutrimentos promovidos por la vermicomposta (Deblonde y Ledent, 2001).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en número de hijuelos, hojas, cogollos, diámetro de peciolo y cogollo, longitud de hojas, peciolo y limbo de *C. palmata* R&P.

Table 3. Effect of treatments on number of shoots, leaves, buds, petiole and bud diameter, length of leaves, petiole and limb of *C. palmata* R&P.

Tratamiento	NHI	NH	NC	DP	DC	AH	AP	AL
----- cm -----								
T1	1.94	1.65	1.25	0.52 ab	0.99	32.62 abc	16.18 bc	27.02 abc
T2	1.81	1.52	1.15	0.57 a	0.80	35.67 ab	17.42 ab	28.43 ab
T3	1.79	1.53	1.21	0.42 bc	0.50	25.44 c	9.33 c	20.33 c
T4	1.85	1.43	1.30	0.60 a	0.88	38.73 a	19.77 a	28.65 a
T5	1.92	1.58	1.16	0.42 c	0.85	26.51 c	10.61 c	21.45 bc
T6	1.75	1.50	1.21	0.47 bc	0.63	29.39 bc	12.41 bc	25.66 abc
F	1.49	0.67	0.95	11.21	2.56	8.79	9.39	5.52

Los valores con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P = 0.05$). NHI = número de hijuelos; NH = número de hojas; NC = número de cogollos; DP = diámetro de peciolo; DC = diámetro de cogollo; AH = longitud de hojas; AP = longitud de peciolo; AL = longitud de limbo; F = valor de la prueba de Fisher.

Values with different letters in the same column are significantly different ($P = 0.05$). NHI = number of suckers; NH = number of leaves; NC = number of buds; DP = petiole diameter; DC = bud diameter; AH = length of leaves; AP = petiole length; AL = length of blade; F = value of Fisher's test.

Concentración de Nitrógeno y Potasio en Hojas

Las concentraciones de nitrógeno total (Nt) fueron significativamente diferentes ($P \leq 0.05$), mientras el potasio (K) no ($P > 0.05$), las hojas del tratamiento T4 mostraron mayor concentración de Nt. Las hojas de los tratamientos de T3 y T5 tuvieron las concentraciones más bajas de Nt; pero el tratamiento T5 presentó mayor concentración de K; aunque, todos los tratamientos mostraron mayor concentración de K en hojas en comparación con el testigo T1 (Cuadro 4). El análisis del contenido de nutrimentos en tejido de la planta es un método empleado en experimentos con el fin de determinar la cantidad adecuada de fertilizante necesario para alcanzar el óptimo crecimiento y desarrollo de la planta. El resultado obtenido difiere con otros autores que observaron una correlación directa entre la concentración de micro y macronutrimentos al aumentar la dosis de vermicomposta, entre ellos: Moghadam *et al.* (2012) encontraron la máxima concentración de nutrimentos con 11.7 kg en plátano; Singh *et al.* (2012) con 4 y 5 Mg ha⁻¹ en Forskolín o Boldo de la India; Karmegam y Daniel (2008) con una combinación de 2.5, 5 Mg ha⁻¹ y hojarasca en gallinita

Cuadro 4. Concentración en hojas de nitrógeno total (Nt) y potasio (K) en hojas de *C. palmata* R. & P.
Table 4. Concentration of total nitrogen (Nt) and potassium (K) in leaves of *C. palmata* R. & P.

Tratamiento	Nt	K
	- - - - - mg kg ⁻¹ - - - - -	
T1	978 ± 200 abc	7000 ± 1155
T2	1389 ± 36 a	18250 ± 722
T3	568 ± 36 bc	17167 ± 1424
T4	1483 ± 91 a	17500 ± 2021
T5	537 ± 18 c	18833 ± 1481
T6	1241 ± 76 ab	13833 ± 2603
P	0.0142	0.0883

P = valor de *p* (probabilidad de rechazar la hipótesis nula), de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis. Concentraciones con letras iguales sobre las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Conover Iman.

P = *p* value (probability of rejecting the null hypothesis), according to the Kruskal-Wallis test. Concentrations with equal letters on the columns are statistically different according to the Conover Iman test.

(*Lablab purpureus* L.); Preetha *et al.* (2005) con una mezcla de fertilizante sintético más 2.5 y 5 Mg ha⁻¹ en amaranto; y Thirunavukkarasu y Vinoth (2013) con 2.5 Mg ha⁻¹ en arroz.

Los resultados obtenidos demuestran que la adición de dosis menores a 10.6 Mg vermicomposta ha⁻¹ no fueron suficientes para incrementar la concentración de Nt y K de manera significativa; por ello, es recomendable completar la curva de eficiencia de fertilizante para la palma de jipi utilizando dosis mayores a las obtenidas en el presente estudio.

Fenología de la Palma de Jipi

En cuanto al desarrollo de la palma de jipi se observaron dos estadios principales el 05 y 1000, cuatro sub-estadios de la hoja y, además, se registraron cinco sub-estadios diferentes a los observados comúnmente en el desarrollo de la hoja (estadios de estrés) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características morfológicas de *C. palmata* R. & P.
Table 5. Morphological characteristics of *C. palmata* R. & P.

Códigos	Descripción	Días de observación	Figura 1
5	1er rebrote	0-30	A
1000	Cogollo	15-120	B
1001	Cogollo con peciolo visible	15-120	C
1002	Hoja 1-99 % de apertura	15-120	D
1003	Hoja 100 % abierta	60-120	E
Códigos para registrar estrés			
1002 sp	Hoja 1-99 % de apertura sin peciolo visible	60-120	F
1002 sps	Hoja 1-99 % de apertura sin peciolo visible en proceso de secado	30-75	G
1003 sp	Hoja 100 % abierta sin peciolo	75-120	H
1003 sdo	Hoja 100 % abierta en proceso de secado	120	I
1003 s	Hoja 100 % abierta seca	75-90	J

Es importante resaltar que en la fase 1003, que corresponde del día 60 hasta al día 120, la presencia de hojas 100% abiertas en todos los tratamientos (Figura 1 E), considerando que entra en una fase

productiva de cogollos. Por tanto, el sistema de la escala BBCH fue una herramienta útil para registrar y conocer los diferentes estadios de la planta de palma de jipi.



Figura 1. Estadios de desarrollo de la hoja de Jipi (*C. palmata* R. & P.): A (Sub-estadio 05); B (Sub-estadio 1000); C (Sub-estadio 1001); D (Sub-estadio 1002); E (Sub-estadio 1003); F (Sub-estadio 1002 sp); G (Sub-estadio 1002 sps); H (Sub-estadio 1003 sp); I (Sub-estadio 1003 sdo); J (Sub-estadio 1003 s).

Figure 1. Development stages of the Jipi leaf (*C. palmata* R. & P.): A (Sub-stage 05); B (Substage 1000); C (Substage 1001); D (Substage 1002); E (Substage 1003); F (Substage 1002 sp); G (Substage 1002 sps); H (Substage 1003 sp); I (Substage 1003 sdo); J (Substage 1003 s).

Efecto de la Vermicomposta en el Desarrollo de la Palma *C. palmata* R. & P.

El desarrollo vegetativo es un indicador de la relación de la planta con el clima y el ambiente. Con el uso de la vermicomposta en los sub-estadios de la hoja se registró diferencias significativas (Cuadro 6). En la palma de jipi se observan cuatro sub-estadios de la hoja. La vermicomposta tuvo efecto significativo en la mayor producción de cogollos (sub-estadio 1001) que corresponde al tratamiento T4. En la producción de hojas abiertas fue significativo (sub-estadio 1003) en el tratamiento T5 respecto a los demás tratamientos y al testigo. Referente a los sub-estadios de estrés, las hojas abiertas sin peciolo (sub-estadio 1003 sp) y las hojas abiertas con peciolo y completamente secas (subestadio 1003 s), el más significativo fue el T5 en comparación con los demás tratamientos. Así mismo, en todos los tratamientos los factores climáticos causaron la muerte de las hojas, esto modificó su fisiología.

La presencia de estructuras en sub-estadio 1001 puede ser un mecanismo de defensa contra la pérdida de hojas abiertas (sub-estadio 1003 s), causado por

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 *et al.* (2014) encontraron que el uso de 24.7 Mg vermicomposta ha⁻¹ retrasó 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; por otro lado, Butani y Chovatia (2014) reportaron que 8 Mg ha⁻¹ aceleraron la floración y redujeron el tiempo de cosecha en plátano. Asgharipour (2012) observó que en ispágula o plantago (*Plantago ovata* Forsk) la floración se prolongó.

La secuencia de los procesos fenológicos de los estadios y sub-estadios de la palma de jipi se considera útil en el uso del método BBCH y puede ser una herramienta económica para determinar la condición de las plantaciones de palma de jipi. La aplicación de vermicomposta mejoró las condiciones de desarrollo de la *C. palmata* R. & P. en condiciones de campo en el norte de Campeche. Sin embargo hay que tener en cuenta que las condiciones edáficas y climáticas son limitantes para el desarrollo y crecimiento de la planta de jipi.

Cuadro 6. Efecto de dosis de vermicomposta en los sub-estadios de la hoja de *C. palmata* R. & P.

Table 6. Effect of vermicompost dose in *Carludovica palmata* R. & P. leaf sub-stages.

Tratamiento	Sub-estadios de la hoja de <i>Carludovica palmata</i> R. & P.									
	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 estructuras foliares agrupadas por estadio y tratamiento; [‡] Hojas muertas; Valores con símbolo > (mayor) o < (menor) al valor teórico, son significativamente diferentes al nivel de ($P \leq 0.05$), de acuerdo a la prueba de Fisher.

[†] Numbers represent leaf structures grouped by stage and treatment; [‡] Dead leaves; Values with symbols > (greater) or < (less) than the theoretical value, are significantly different at the level of ($P \leq 0.05$), according to Fisher's test.

CONCLUSIONES

Este estudio generó información importante sobre *Carludovica palmata* R. & P., ya que ha sido un cultivo poco investigado. Además, se comprobó que la vermicomposta, por su aporte de materia orgánica y nutrientes en la dosis de 15.9 Mg ha⁻¹, es una eficaz alternativa de fertilización para plantaciones de palma de jipi ya que incrementó, el diámetro del peciolo y la longitud de la hoja de palma de jipi bajo condiciones de campo. Se obtuvo otra apreciación significativa en la producción de cogollos, apertura y reducción de la mortalidad de hojas en los diferentes estadios tratados con vermicomposta, lo cual, podría incidir en el incremento del rendimiento de las plantaciones de Jipi.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FONDOS

Beca CONACYT (manutención) para el estudio de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, ciclo 2014-2015 en el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y apoyo que realiza cada año ECOSUR para iniciar trabajo de investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Juan José Ortega. Iniciación de las conceptualizaciones de la problemática del estudio de la palma de jipi (*Carludovica palmata* R. & P). Implantación del

experimento en la parcela del productor en la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkini, Campeche. Toma de datos de campo y análisis y discusión de resultados. Preparación del borrador original.

Juan Manuel Pat Fernández. Contribución al fortalecimiento de conceptualización del problema de la palma de jipi (*Carludovica palmata* R. & P). Supervisión del trabajo de campo donde se implantó el experimento. Contribución al fortalecimiento metodológico del diseño de cuadro latino. Contribución al análisis y discusión de resultados. Apoyo a la preparación original y revisión del documento. Seguimiento como responsable de correspondencia.

Regino Gómez Álvarez. Propuesta y discusión metodológica del experimento con el diseño de cuadro latino. Contribución al análisis y discusión de resultados de la investigación. Participación en la preparación original del documento del artículo.

Luis Ariel Manzanero Acevedo. Apoyo de trabajo de campo. Contribución en la participación en el análisis y discusión de resultados. Apoyo en la escritura del borrador original.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la familia Chi Puc de la comunidad de Santa Cruz Ex-Hacienda, Calkini Campeche por brindarme facilidades de su parcela para llevar a cabo el experimento de campo; a los compañeros Aarón Jarquín Sánchez y Juan David Ricárdez Pérez por su apoyo técnico en el análisis de suelo y vegetal. Así también, al personal administrativo que de alguna manera apoyaron la realización del trabajo de El Colegio de la Frontera Sur.

LITERATURA CITADA

- Amanolahi-Baharvand, Z., H. Zahedi, and M. Rafiee 2014. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth parameters of three corn cultivars. *J. Appl. Sci. Agric.* 9: 22-26. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1522.6083>.
- 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*). *J. Med. Plants Res.* 6: 1612-1618. doi: <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1263>.
- Bennett, B. C., R. Alarcón, and C. Cerón 1992. The ethnobotany of *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón (Cyclanthaceae) in Amazonian Ecuador. *Econ. Bot.* 46: 233-240. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02866622>.
- Benton, J. J. 2012. Soil fertility principles. pp. 5-13. In: J. J. Benton (ed.). *Plant nutrition and soil fertility manual*. CRC Press. New York, NY, USA. ISBN-13: 978-1439816097.

- Bhandari, M. and S. K. Roy 2014. Effect of vermicompost on the growth of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) plant and standardization of micro propagation of elite germplasm. *Int. J. Eng. Sci. Innov. Technol.* 3: 442-448.
- Borji, S., M. Khodadadi, and H. Reza Mobasser 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth characteristics and flowering geranium. *J. Nov. Appl. Sci.* 3: 307-309.
- Butani, A. M. and R. S. Chovatia 2014. Effect of chemical fertilizer and vermicompost on days to flowering, harvesting and maturity of banana (*Musa paradisiaca* L.) cv. Grand Naine. *Asian J. Hortic.* 9: 305-308. doi: <https://doi.org/10.15740/HAS/TAJH/9.2/305-308>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Resumen anual de datos climatológicos. <http://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> (Consulta: junio 26, 2019).
- Deblonde, P. M. K. and J. F. Ledent. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *Eur. J. Agron.* 14: 31-41. doi: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00081-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00081-2).
- Duca, M. 2015. Water regime. pp. 39-63. *In*: M. Duca (ed.). *Plant physiology*. Springer Pb. New York, NY, USA. ISBN13: 9783319386553.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Medida del caudal de agua. http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s00.htm (Consulta: junio 26, 2019).
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agron. Sust. Develop.* 29: 185-212. doi: <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>.
- Franco B., P. N. 2010. Técnicas de muestreo para el análisis nutricional y la fertilización del cultivo. Uniminuto. Bogotá, Colombia.
- Gupta, P., N. Rajwal, V. Kumar Dhaka, and D. Rajwal. 2008. Effect of different levels of vermicompost, NPK and FYM on performance of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) cv. happy end. *As. J. Hortic.* 3: 142-143.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Cartas de uso del suelo y vegetación Calkini: F15-12. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México.
- Jadhav, P. B., D. J. Patel, A. Kireeti, N. B. Patil, S. S. Dekhane, N. B. Harad, and K. P. Jadhav. 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth and yield of radish cv. Local variety. *Int. J. Infor. Res. Rev.* 1: 029-031.
- Joshi, R. and A. P. Vig. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). *Afr. J. Bas. Appl. Sci.* 2: 117-123.
- Joshi, R., A. P. Vig, and J. Singh. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: A field study. *Int. J. Recyc. Org. Waste Agric.* 2: 1-7. doi: <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-16>.
- Karmegam, N. and T. Daniel. 2008. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth and yield of hyacinth bean, *Lablab purpureus* (L.) Sweet. *Dyn. Soil Dyn. Plant* 2: 77-81.
- Kazemi, M. M., D. H. Hassanpour, and M. Javaheri. 2014. Effect of bacteria and vermicompost on phenology and growth of soybean (*Glycine Max* L.) in sustainable agricultural systems. *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.* 2: 2534-2539.
- Koch, E., E. Bruns, F.-M. Chmielewski, C. Defila, W. Lipa, and A. Menzel. 2007. Guidelines for plant phenological observations. World Meteorological Organization (WMO). http://blogs.nwic.edu/herbariumblog/files/2011/08/guidelines-ges-fin_2.pdf (Consulta: junio 26, 2019).
- Lakhdar, A., M. Rabhi, T. Ghnaya, F. Montemurro, N. Jedidi, and C. Abdelly. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *J. Hazard. Mat.* 171: 29-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>.
- Lim, S. L., T. Y. Wu, P. N. Lim, and K. P. Y. Shak. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.* 95: 1143-1156. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>.
- Mamta, K., K. A. Waki, and R. J. Rao. 2012. Effect of vermicompost on growth of brinjal plant (*Solanum melongena*) under field conditions. *J. New Biol. Rep.* 1: 25-28.
- Meier, U. 2001. Estadios de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas. BBCH monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura BBA, BSA, IVA, IGZ. ISBN: 978-3-95547-069-2. <https://es.scribd.com/document/320712876/Bbch-en-Espanol> (Consulta: junio 26, 2019).
- Moghadam, A. R. L., Z. O. Ardebili, F. Saidi. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium asiatic* hybrid var. Navona. *Afr. J. Agric. Res.* 7: 2609-2621. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1806>.
- Nicholls, A. M. 2011. Size-dependent analysis of allocation to sexual and clonal reproduction in *Penthorum sedoides* under contrasting nutrient levels. *Int. J. Plant Sci.* 172: 1077-1086. doi: <https://doi.org/10.1086/662128>.
- NMX (Norma Mexicana). 2007. NMX-FF-109-SCFI-2007 Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf> (Consulta: junio 26, 2019).
- Pech B., H. d. C., S. R. Medina, S. J. A. Bernés, C. G. Che, R. V. Méndez, P. R. Sánchez, C. R. Moreno, M. R. A. Puerto, T. G. L. Vázquez y L. M. E. Cárdenas. 2001. Monografía del Municipio de Calkiní. Gobierno del Estado de Campeche, Instituto de Desarrollo y Formación Social y H. Ayuntamiento de Calkiní. Campeche, México.
- Pelayo B., H. R., E. M. Lizárraga y R. C. Vargas. 2009. Manual de prácticas fisiología vegetal. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
- Pérez R., L. 2001. Manejo tradicional de bombonaje o paja toquilla (*Carludovica palmata*). ITDG-Perú. Lima, Perú. ISBN13: 789972470745.
- Preetha, D., P. K. Sushama, and K. C. Marykutty. 2005. Vermicompost+inorganic fertilizers promote yield and nutrient uptake of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *J. Trop. Agric.* 43: 87-89.
- Rangarajan, A., B. Leonard, and A. Jack. 2008. Vermicompost amendment to field soil for bare root grape production. Report 2008. Ithaca, Nueva York, Cornell University. 1-7 p. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/44802> (Consulta: junio 26, 2019).
- Rengifo, G. y V. P. Zanabria. 2001. Experiencias de manejo de bombonaje o paja toquilla (*Carludovica palmata*). ITDG-Perú. Lima, Perú. ISBN: 9972470814.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

- Naturales). 2002. NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México, D. F. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mex50674.pdf> (Consulta: junio 26, 2019).
- Sing, N. I. and J. S. Chauhan 2009. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic manures and inorganic fertilizer on growth & yield parameters under irrigated condition. Nat. Sci. 7: 52-54.
- Singh, R., S. K. Soni, A. Awasthi, and A. Kalra. 2012. Evaluation of vermicompost doses for management of root-rot disease complex in *Coleus forskohlii* under organic field conditions. Austr. Plant Pathol. 41: 397-403. doi: <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0134-6>.
- Thirunavukkarasu, M. and R. Vinoth. 2013. Influence of vermicompost application along with nitrogen on growth, nutrients uptake, yield attributes and economics of rice (*Oryza sativa* L.). Int. J. Agric. Environ. Biotechnol. 6: 599-604. doi: <https://doi.org/10.5958/j.2230-732X.6.4.037>.
- Triola, M. F. 2009. Estadística. Pearson. México. ISBN13: 978-970-26-1287-2.
- Wang, Z., L. Li, X. Han, and M. Dong. 2004. Do rhizome severing and shoot defoliation affect clonal growth of *Leymus chinensis* at ramet population level? Acta Oecol. 26: 255-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2004.08.007>.
- Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz, and A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biol. Biochem. 39: 1294-1302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.005>.
- Weber, J., M. Licznar, and J. Drozd. 2002. Changes in physical and physico-chemical properties of sandy soil amended with composted municipal solid wastes. pp. 227-242. In: J. M. Lynch, J. S. Schepers, and I. Ünver (eds.). Innovative soil-plant systems for sustainable agricultural practices. Proceedings of an International Workshop organised by The University of Ankara / O.E.C.D. Izmir, Turkey.
- You, W., S. Fan, D. Yu, D. Xie, and C. Liu. 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: 1-11. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097246>.
- Zeighami, M., A. Asgharzadeh, and A. Dadar. 2015. Effects of the biofertilizers vermicompost and azotobacter on qualitative and quantitative characteristics of *Petunia hybrida*. Biol. Forum-An Int. J. 7: 586-592.