ISSN-1659-0538

ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

AÑO 9 NÚMERO 1 2012



inta
Costa Rica

Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

... hacia una investigación comprometida

CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Eric Mora Newcomer[1], Antonio Bogantes Arias[2]

Durante los años 1998 y 1999 se inició un proyecto de investigación en el cultivo de papaya (*Carica papaya*), por iniciativa propia. El proyecto en pocos años se consolidó como convenio de cooperación entre la Universidad de Costa Rica y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

El híbrido Pococí conocido como "Papaya Perfecta", fue el resultado de los primeros ocho años de trabajo conjunto. Fue liberado oficialmente en el 2006 y en la actualidad representa casi un 80% del área de papaya en Costa Rica. Es de alta estabilidad genética y, en condiciones adecuadas de manejo agronómico, este híbrido tiene un potencial de producción superior a 100 t/ha.



Figura 1. Siembra comercial del híbrido Pococí. Guápiles, Costa Rica. 2011.

La fruta es mediana (1,3 kg) y sus grados brix oscilan entre 11 y 13.

Esta fruta en la actualidad se exporta a Canadá, en donde por su calidad y en especial, el aroma, ha tenido gran impacto. Además ha interesado en otros países como Alemania, España, Holanda, hacia donde se envían pruebas para la exportación.

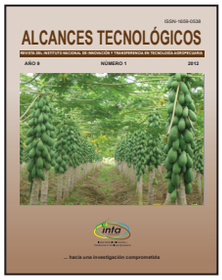


Figura 2. Fruta comercial del híbrido Pococí en bodega. Guápiles, Costa Rica. 2011.

[1]Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, UCR. Costa Rica. emora@racsa.co.cr.
[2]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. abogantes@inta.go.cr.

Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

ALCANCES TECNOLÓGICOS



es la Revista Anual del
Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en
Tecnología Agropecuaria

ISSN-1659-0538

AÑO 9/NÚMERO 1/2012
(A partir del año 2010, la revista es bienal. Por esta razón, se presenta el número correspondiente al año 2012).

Comité Editorial INTA:

Ing. Laura Ramírez Cartín, MSc.
Ing. Nevio Bonilla Morales, MSc.
Ing. Carlos Cordero Morales
Ing. Juan Mora Montero, MSc.
Ing. María Mesén Villalobos

Editoras:
Ing. María Mesén Villalobos
Ing. Laura Ramírez Cartín, MSc.

Biometrista:
Ing. Beatriz Sandoval Carvajal, MSc.

Diseño Gráfico e Impresión
Mundo Creativo S. A.

ÍNDICE

Capacidad parasítica de hongos contra el nematodo del quiste de la papa (*Globodera spp.*)
Cristina Vargas Chacón, Ricardo Piedra Naranjo *3*

Evaluación del microclima en invernadero y su interacción con cinco cultivares de chile dulce
Roberto Ramírez Matarrita, Johnny Aguilar Rodríguez, Luis Meza Rodríguez *11*

Evaluación de cuatro distancias de siembra y dos de deshija en palmito de pejibaye sin espinas
Antonio Bogantes Arias *21*

Manejo no tradicional del cultivo de ñame Diamantes 22 en el Caribe de Costa Rica
Edgar Aguilar Brenes *37*

INFORMACIONES TÉCNICAS

Balance de nitrógeno en un sistema de producción de leche especializado
Johnny Montenegro Ballestero *45*

Respuesta productiva del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) al fertilizante nitrogenado de lenta liberación
Johnny Montenegro Ballestero, Jesús Calderón Fallas ... *51*

NOTA TÉCNICA

Insectos, ácaros y agentes de control biológico asociados al cultivo helecho hoja de cuero
Ruth León González *59*

Normativa para la publicación de artículos en la revista Alcances Tecnológicos *69*

CAPACIDAD PARASÍTICA DE HONGOS CONTRA EL NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA (*Globodera spp.*)

Cristina Vargas Chacón[1], Ricardo Piedra Naranjo[1]

RESUMEN

Capacidad parasítica de hongos contra el nematodo del quiste de la papa. El objetivo de este estudio fue evaluar la acción de hongos sobre el nematodo formador del quiste de la papa, con el fin de que sean usados en el manejo integrado del cultivo, en zonas donde se haya encontrado el nematodo. El estudio fue realizado durante el año 2010 en el Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA-Costa Rica. Quistes de *Globodera* spp fueron extraídos de un suelo proveniente de la provincia de Cartago, distrito de Alvarado a 9° 58.5812´ latitud Norte y 83° 49.7996´ longitud Oeste. Se estableció un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los hongos usados fueron *Trichoderma* spp, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* y *Arthrobotrys* spp. En los extremos de las placas petri se colocó el hongo con los quistes, los cuales, luego de aproximadamente 15 días se homogenizaron y se observaron al microscopio, donde se evidenció el parasitismo del hongo sobre los huevos del nematodo liberados, medido como porcentaje de parasitismo. Se realizó un análisis de varianza y se empleó una prueba de separación de medias mediante prueba de Duncan con un 95% de confianza. Se presentaron diferencias altamente significativas entre el porcentaje de parasitismo (P=0,0001). *Globodera* spp, fue parasitado en un 97% por *P. lilacinus*, superando estadísticamente a los tratamientos con *Trichoderma* spp y *Arthrobotrys* spp. Los porcentajes de parasitismo de *B. bassiana, Trichoderma* spp *y Arthrobotrys* spp fueron 93,6, 88,2 y 70,6% respectivamente, siendo estadísticamente diferentes al testigo. Todos los hongos evaluados tienen un potencial promisorio en el manejo de estadios inmaduros de *Globodera* spp; capacidad que debe ser evaluada en condiciones de campo.

Palabras clave: *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis*, control biológico, nematicidas, hongos nematófagos.

INTRODUCCIÓN

El nematodo formador del quiste de la papa (*Globodera pallida*), tiene su origen en las montañas de los Andes en Sur América, fue introducido a Europa a mediados del siglo XIX y se puede encontrar desde zonas ubicadas a nivel del mar hasta grandes altitudes. Su distribución va desde Asia, África, Europa y en toda América (Trifonova 2006). Este nematodo fue reportado por primera vez en Costa Rica en enero del 2005 por la Universidad de Costa Rica, en plantaciones de la variedad Floresta para semilla; ubicadas en las faldas del volcán Irazú, específicamente en la comunidad La Pastora, Cantón de Alvarado de la Provincia de Cartago. Este hallazgo alertó a los productores y a las autoridades gubernamentales por su condición de plaga cuarentenaria y de gran impacto en la producción y exportación de papa (MAG 2006). El Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), ha tomado una serie de medidas fitosanitarias para evitar que la plaga se disemine a otras áreas que al momento se diagnostican libres, se ha procedido a destruir semilla contaminada, declarar en cuarentena lotes de semilla

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. cvargas@inta.go.cr, rpiedra@inta.go.cr.

afectada, evitar la movilización de maquinaria agrícola de fincas enfermas a sanas, usar semilla certificada e instruir a los productores sobre la metodología de combate mediante la programación de charlas. Sin embargo estas acciones han originado grandes pérdidas económicas a los agricultores de zonas afectadas.

El daño causado, relacionado principalmente al peso de los tubérculos, está relacionado al número de huevos de nematodo por unidad de suelo. Se estima que aproximadamente se pierden 2 t/ha de papa por cada 20 huevos/g de suelo; lo que significa que se puede alcanzar más del 80% en pérdida del cultivo, cuando la población de nematodos alcanza altos niveles de infestación en áreas donde no se implementa el sistema de rotación (Smith *et al*. 1997). Las plagas agrícolas como *Globodera* spp han tratado de ser controladas durante años mediante el empleo de plaguicidas químicos de fuerte impacto negativo sobre los organismos benéficos presentes en el suelo, medio ambiente y ser humano, pero hoy día se conoce que existen muchas opciones como el uso de hongos y organismos en el manejo de plagas en el cultivo de la papa (Crozzoli 1994).

Las cifras de importación y uso de plaguicidas en Costa Rica nos muestran un panorama alarmante en cuanto a la intensidad de su uso. Entre los años 1977-79 se importaron 2,7 millones de kilogramos de plaguicidas con potencial cancerígeno, 465 764 con potencial teratogénico y 230 000 con potencial mutagénico, 553 000 fitotóxicos, 1 700 000 espermatogénicos y 1 800 000 no especificado, mientras que para 1980-2001 se importaron un promedio de 4 300 000 kg de plaguicidas de uso restringido (García 1997).

En la literatura se mencionan varios organismos (hongos, bacterias, protozoarios y virus) que pueden ser utilizados por agricultores, y en algunos casos, ya están siendo aplicados. La alternativa de usar hongos y bacterias para el manejo de nematodos fitoparásitos puede ser una opción biológica muy importante, de actualidad (Piedra 2008). En el siglo XIX se descubrió que el hongo *Arthrobotrys* es un hongo que atrapa nematodos fitoparásitos (López-Llorca y Jansson 2001), además se han encontrado otros hongos que parasitan quistes de nematodos de forma natural entre ellos: *Verticillium chlamydosporium* (syn. *Pochonia chlamydosporia*) y *Paecilomyces lilacinus* (Holgado y Crump 2003). En México un 3,3% de quistes de *Globodera rostochiensis* provenientes de campos cultivados con papa, se han encontrado parasitados de forma natural con hongos como: *Acremonium incrustatum*, *Chaetomium crispatum*, *Drechslera spicifer*, *Fusarium ventricosum*, *Phialophora malorum*, *Aspergillus sclerotiorum*, *Cladosporium osysporum, Paecilomyces carneus.* (Núñez-Camargo *et al.* 2003). En huevos de *Globodera rostochiensis* se han aislado los hongos *Scolecobasidium constrictum, Gliocladium roseum* y *Phoma fimeti* y de quistes *Botryotrichum piluliferum* (Trifonova y Karakjova 2003). Luego de la aplicación en campo de 10 kg/ha de *Paecilomyces lilacinus* a una concentración de $7x10^8$ unidades formadoras de colonias/g, los 45 días después de la siembra, se obtuvo una reducción de 68,2% en la penetración de estadios inmaduros de *Globodera pallida* en raíces de papa (Seenivasan *et al*. 2007).

La investigación nacional debe incursionar fuertemente en el manejo integral de los cultivos donde se disminuya el uso de agroquímicos y los productos biológicos sean incluidos en dicho plan de manejo, con la intención de que la agricultura sea más amigable con el entorno, sin detrimento de la productividad. Este estudio pretendió encontrar hongos, que tengan un efecto sobre el nematodo formador del quiste de la papa, a fin de que sean una alternativa potencial a ser usada dentro del manejo integrado, manteniendo las poblaciones de nematodos por debajo de umbrales económicos y disminuir o evitar el uso de plaguicidas sintéticos formulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue realizado en el Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA situado en la provincia de San José, cantón Central, distrito de Mata Redonda, durante el año 2010. Se utilizó un aislamiento de *Trichoderma* spp, proveniente de suelo recolectado en la Estación Experimental Carlos Durán ubicado en la provincia de Cartago, cantón Oreamuno, distrito Potrero Cerrado; un aislamiento de *Beauveria bassiana* proveniente del cantón de Naranjo, provincia de Alajuela, un aislamiento de *Arthrobotrys* spp, el cual fue aislado de un quiste de *Globodera* spp parasitado de la misma finca y *Paecilomyces lilacinus* de origen comercial.

Los quistes de *Globodera* spp utilizados en el estudio provenían del suelo de una misma finca, ubicada en la zona alta de la provincia de Cartago a 3300 msnm. Dada la gran cantidad de quistes que se encontraron en el suelo se seleccionaron aquellos con características semejantes en tamaño y color (Figura 1). De los mismos quistes seleccionados se obtuvo una viabilidad total de 232 huevos/quiste. La acción de los hongos sobre los huevos contenidos en los quistes fue evaluada en placas petri de 94X15 mm.



Figura 1. Quistes de *Globodera* spp aislados, clasificados y seleccionados de suelo. (Aumento 10X). San José, Costa Rica. 2010.

Extracción de quistes de *Globodera* spp

Se tomaron muestras de suelo de zonas productoras de papa de la Región Central Occidental, que se encontraban en áreas infectadas con el nematodo. Las muestras se sometieron a un proceso de secado a temperatura ambiente y bajo sombra, lo que permitió aplicar la técnica de flotación (donde los quistes secos flotaron en el agua, mientras que las partículas de suelo sedimentaron). El suelo seco, se pasó por un tamiz de 60 mesh para quitar las impurezas, luego se colocó en el equipo Fenwick y posteriormente se recolectaron los quistes en un tamiz de 500 mesh, finalmente con la ayuda de una piseta se transvasaron a un balón aforado de vidrio de 250 ml. Un papel filtro se colocó sobre un embudo y se decantó el extracto con los quistes, el papel filtro con los quistes y restos orgánicos se colocó abierto en una placa petri y se secó a temperatura ambiente, seguidamente, bajo el estereoscopio se retiraron los quistes de *Globodera* spp y se guardaron en un vial a 10 °C hasta su uso posterior (Ruano 1999; MAG 2006).

Aislamiento de hongos asociados al quiste de *Globodera* spp.

Se seleccionaron 200 quistes de *Globodera* spp. y se desinfectaron en grupos de 50 quistes en una solución de hipoclorito de sodio al 1% por dos minutos, seguidamente se descartó el hipoclorito de sodio y se agregó agua destilada estéril, se repitió este último paso tres veces para asegurar la eliminación de todo el desinfectante. Los quistes se colocaron en una placa petri con papel absorbente estéril para absorber el exceso de agua.

Se tomaron 100 quistes desinfectados y se colocaron en grupos de 10 por placa petri, con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) con rosa de bengala a una concentración de 0,04 g/L. Los otros 100 quistes se colocaron en grupos de 10 por placa de petri con medio

de cultivo PDA acidificado. Las placas se incubaron a temperatura ambiente y se evaluaron diariamente durante 20 días, para detectar la presencia de hongos, los hongos que crecieron se aislaron y mantuvieron en tubos inclinados y placas con PDA acidificado, para su identificación y posterior utilización en el ensayo.

Aislamiento de hongos asociados a huevos (hv) o estadios juveniles (j2) de *Globodera* spp.

Se seleccionaron 200 quistes los cuales se desinfectaron en grupos de 50, en una solución de hipoclorito de sodio al 1% por dos minutos, se descartó seguidamente el hipoclorito de sodio y se agregó agua destilada estéril, se repitió este último paso tres veces para asegurar la eliminación de todo el desinfectante.

Los quistes se colocaron en un homogeneizador de quistes previamente esterilizado, y fueron macerados con el fin de liberar los hv y j2 contenidos en los mismos. Con la ayuda de agua destilada estéril, el macerado se transvasó en su totalidad a tubos de vidrio estéril y se centrifugaron durante 4 min a 4000 rpm. El sobrenadante se descartó y se agregó una solución azucarada 2,5 molar y se centrifugó por 3 min a 4000 rpm, con el fin de separar los hv y j2 de los restos de la cutícula del quiste (los hv y j2 quedaron en el sobrenadante) (Cordero y Acevedo 2000).

El sobrenadante se pasó por un tamiz de 500 mesh, se lavó con agua destilada estéril y se recuperaron los hv y j2 en un tubo estéril con capacidad para 20 ml.

Para desinfectar los hv y j2 obtenidos, la solución se centrifugó y se eliminó el sobrenadante, se agregaron 10 ml de hipoclorito de sodio al 0,5% se dejó reposar por 30 segundos y se centrifugó a 4000 rpm por 2 min, se eliminó el desinfectante y se agregó agua destilada estéril. Se agitó y se centrifugó por 2 min a 4000 rpm, este último paso se realizó dos veces más, con el fin de eliminar completamente el desinfectante. Luego de la desinfección, se suspendieron los hv y j2 en 2 ml de agua destilada estéril (Cordero y Acevedo 2000). Un volumen de 0,2 ml de la suspensión de hv y j2 se inoculó en 10 placas petri con PDA más rosa de bengala y en 10 placas de petri con PDA acidificado. Se incubaron las placas a temperatura ambiente y se evaluaron diariamente durante 15 días; los hongos detectados se aislaron en tubos inclinados y en placas PDA acidificado para su posterior identificación y utilización en el ensayo.

Prueba *in vitro* de hongos versus *Globodera* spp

En placas petri con medio de cultivo PDA acidificado, se colocó un disco con el hongo a evaluar, conjuntamente con tres discos con medio de cultivo Agar Agua (AA) con un quiste cada uno (previamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 0,5%), la equidistancia entre discos fue de aproximadamente 3 cm. Se realizaron cinco réplicas de cada hongo a estudiar y de un tratamiento testigo sin hongo. Los platos fueron incubados a temperatura ambiente y se evaluaron diariamente hasta por 20 días. La evaluación del parasitismo, se realizó después de dos días de que se observó crecimiento del hongo sobre el quiste.

Para determinar el porcentaje de parasitismo, los hv y j2 de los quistes se maceraron para liberar los estadios inmaduros y bajo un microscopio de luz, se realizó la determinación del crecimiento de hongos dentro de dichos estadios.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones para un total de 25 unidades experimentales. Los tratamientos utilizados fueron:

N°	Tratamiento
1	*B.bassiana* + quistes
2	*P. lilacinus* + quistes
3	*Trichoderma* spp + quistes
4	Hongo 10 *(Arthrobotrys* spp*)* + quistes
5	Quistes sin hongos

Unidad experimental y variable a evaluar

Se consideró como unidad experimental, cada placa petri con medio de cultivo PDA conteniendo los tres discos con un quiste cada uno y un disco con el tratamiento. Para la determinación del porcentaje de parasitismo, en cada unidad experimental se evaluó bajo el microscopio de luz, 300 estadios juveniles (100 por cada quiste tratado). Se determinó los estadios parasitados y no parasitados.

Se realizó un análisis de varianza para la variable de estudio a fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los tratamientos. Se realizó una comparación de medias mediante la prueba Duncan con un nivel de significancia de 0,05. Se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2008 (UNC 2008).

El modelo estadístico para el arreglo de tratamientos fue el siguiente:

$$Y_{ij}=\mu + T_i + E_{ijk.}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ= Media poblacional

T_i=Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ijk}= Término de error experimental, supuestamente con distribución normal con media cero y varianza constante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de quistes que se obtuvo mostró la presencia en suelo de nematodos de los géneros *Heterodera, Punctodera y Globodera.* La diversidad de hongos aislados de los quistes y estadios juveniles fue mayor de la esperada, lo que probablemente se debe a la existencia en la zona de muestreo de una actividad parasítica natural por hongos. En total se logró aislar 12 diferentes hongos asociados al quiste y nueve a los estadios inmaduros (hv y j2) de *Globodera* spp (Figura 2). Probablemente no todos los hongos aislados representan actividad nematicida. Dadas las limitaciones en la identificación de los mismos, en este estudio únicamente se utilizó un hongo aislado de estadios inmaduros, del género *Arthrobotrys* spp al cual se le han descrito sus capacidades nematicidas. El resto de hongos aislados se mantienen en colección para futuros estudios.

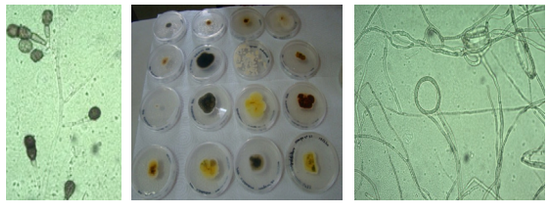


Figura 2. Hongos aislados de quistes y estadios juveniles del nematodo *Globodera* spp. San José, Costa Rica. 2010.

El porcentaje de parasitismo fue evaluado en el microscopio de luz. Las variaciones, alteraciones, deformidades en las estructuras normales del huevo o estadio juvenil y la presencia de micelio o estructura fúngica fueron tomadas como parasitismo positivo. En la Figura 3 se observa un estadio juvenil no parasitado el cual mantiene su forma y muestra todas sus estructuras sin alteraciones ya sea que se encuentre dentro del huevo o libre dentro del quiste.

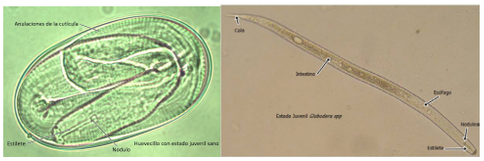


Figura 3. Estadio juvenil de *Globodera* spp no parasitado fuera y dentro del huevo. (Aumento 40X). San José, Costa Rica. 2010.

Al evaluar el grado de parasitismo se observó el efecto del hongo sobre los hv y j2 dentro del quiste, en algunos casos se notaron deformidades en la epidermis del nematodo; en otros la epidermis se mantenía intacta, sin embargo, no se visualizaban los órganos internos y en algunas observaciones el nematodo fue totalmente consumido por el hongo el cual llegó a ocupar todo el espacio dentro del mismo (Figura 4).

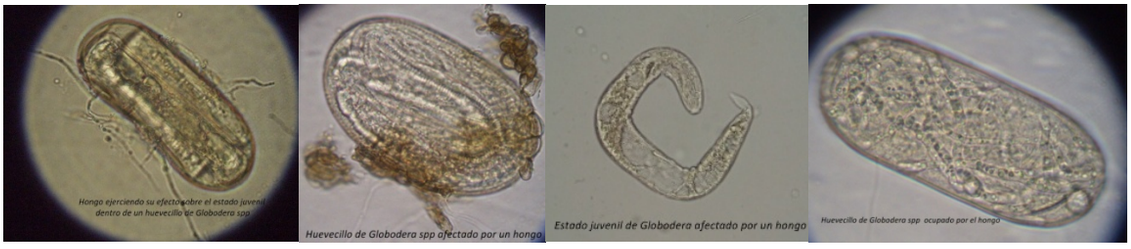


Figura 4. Hongos ejerciendo un efecto nematicida sobre estadios juveniles dentro del quiste de Globodera spp. (Aumento 40X). San José, Costa Rica. 2010.

En la Figura 5, se observan los valores de parasitismo de quistes de *Globodera* spp expuestos a cuatro hongos diferentes. Se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (P=0,0001) entre los tratamientos evaluados para la variable porcentaje de parasitismo; el coeficiente de variación fue bajo 6,31% y un coeficiente de determinación R^2 de 98%, lo cual demostró que los datos se mantuvieron muy homogéneos entre sí para la variable evaluada. Todos los tratamientos evaluados superaron estadísticamente al testigo. Los hv y j2 del nematodo dentro del quiste, fueron parasitados en un 97% por *Paecilomyces lilacinus*, diferenciándose estadísticamente con el testigo y los demás tratamientos excepto con *Beauveria bassiana*, le siguen en orden decreciente, pero siempre con un alto porcentaje de parasitismo, *Beauveria bassiana* con un 93,6 %, *Trichoderma* sp con un 88,2% y por último el tratamiento hongo 10 (*Arthrobotrys* spp*)* con un 86,7%. Todos los tratamientos ejercieron un efecto control sobre los estadios juveniles dentro del quiste de *Globodera* spp.

Los tratamientos con *Beauveria bassiana*, *Trichoderma* spp y *Arthrobotrys* sp no mostraron diferencias estadísticas entre sí, pero sí se diferenciaron respecto al testigo. El tratamiento sin hongo (testigo) presentó un porcentaje de parasitismo de 13,3% lo cual se explica probablemente por la existencia de un parasitismo natural no determinado en este ensayo.

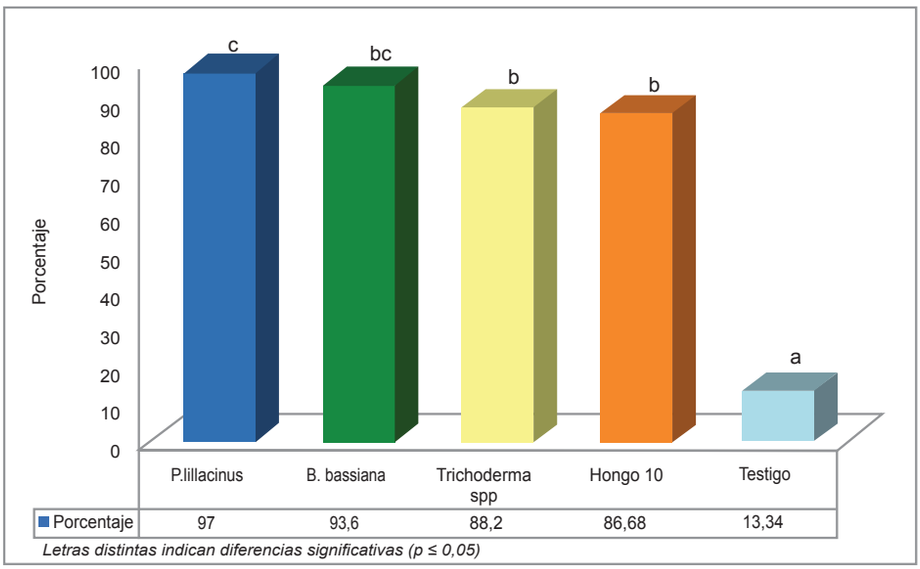


Figura 5. Porcentaje de parasitismo de cuatro hongos sobre estadios juveniles de Globodera spp. San José, Costa Rica. 2010.

Con este estudio se demuestra que existen hongos nematófagos para su implementación en programas de control biológico para el manejo del nematodo formador del quiste de la papa (*Globodera* spp), los cuales pueden ser utilizados para contribuir en la reducción del uso de plaguicidas sintéticos formulados. Sin embargo los hongos utilizados deben ser estudiados y evaluados en condiciones de campo a fin de validar su efectividad en ese ambiente.

LITERATURA CITADA

Cordero, M.; Acevedo, R. 2000. Evaluación de la capacidad de parasitismo de hongos asociados con el nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. Universidad de Táchira, Laboratorio de Nematología Agrícola y Laboratorio de Control Biológico. Venezuela. p. 3-4.

Cozzoli, R. 1994. Temas de nematología Agrícola I. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de información p. 8-9.

García, J. 1997. Introducción a los plaguicidas. Editorial UNED. San José, CR. p. 233-264.

Holgado, R.; Crump, D. 2003. First record on the occurrence of nematophagous fungi parasitizing cyst nematodes in Norway. International Journal of Nematology 13(1): 65-71.

López-Llorca, L.; Jansson, H-B. 2001. "Biodiversidad del suelo: control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos". Universidad de Alicante. Cuadernos de biodiversidad. No. 6, p. 12-15

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). SFE (Servicio Fitosanitario del Estado). 2006. Plan de acción del nematodo blanco del quiste de la papa. *Globodera pallida*_stone. pp: 1.,

21-23. (en línea). Consultado 10 set. 2010. Disponible en: http://www.protecnet.go.cr.

Núñez-Camargo, M del C.; Carrión, G.; Nuñez-Sánchez, A. 2003. Fungi associated with Globodera restochiensis cysts in México. International Journal of Nematology 13 (2): 151-161.

Piedra, R. 2008. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. Rev Tecnología en marcha. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. p. 123-132.

Ruano, B. 1999. Evaluación de las poblaciones de nematodos (*Globodera* spp) en patata en Mallorca. Consejería de Economía, Agricultura, Comercio e Industria Palma de Mallorca. p. 59-60.

Seenivasan, N.; Devrajan, K.; Selvaraj, N. 2007. Management of potato cyst nematodes, Globodera spp. Through biological control. Indian Journal of Nematology 37 (1):27-29.

Smith, I.M.; McNamara, D.G.; Scott, P.R.; Holderness, M.; 1997. *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* Data Sheets on Quarantine Pests. p. 601-606. En: Quarantine Pest for Europe. 2 ed. CAB International & EPPO.UK 1425 p.

Trifonova, Z.; Karakjova, J. 2003. Fungal parasitism of the cysts and eggs of the Globodera rostochiensis. Journal of Agricultural Sciences, Belgrade 48(1):103-110.

Trifonova, Z. 2006. Potato cyst nematode (*Globodera pallida*) (Stone, 1973, Berhrens, 1975. Selskostopanska Nauka (Agricultural Science) 39 (6):54-64.

UNC (Universidad Nacional de Córdoba, AR). 2008. Programa InfoStat: Sofware de Estadística y Biometría.

EVALUACIÓN DEL MICROCLIMA EN INVERNADERO Y SU INTERACCIÓN CON CINCO CULTIVARES DE CHILE DULCE

Roberto Ramírez Matarrita[1], Johnny Aguilar Rodríguez[1], Luis Meza Rodríguez[1]

RESUMEN

Evaluación del microclima en invernadero y su interacción con cinco cultivares de chile dulce. Se evaluaron las variables ambientales: temperatura, humedad relativa, luz y CO_2 tanto dentro como afuera de un invernadero multi capilla. Al mismo tiempo se evaluó la interacción de las variables con cinco cultivares de chile dulce (*Capsicum annum*) provenientes de dos casas semilleristas brasileñas. El estudio se realizó en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, ubicada en Cañas, Guanacaste, durante los meses de octubre del 2010 a marzo del 2011. Las plantas se sembraron en sustrato hidropónico conformado por piedra volcánica roja y se regó por medio de un sistema presurizado una lámina diaria de 4,6 mm con solución nutritiva compuesta por elementos mayores y menores. El mes de marzo registró la mayor temperatura en la nave donde estuvo ubicado el cultivo con un promedio de 38,9 °C, existiendo un salto térmico de 4,1 °C con respecto a la temperatura externa. Durante el periodo de evaluación; de las 7:00 a.m. a las 9:00 a.m., la humedad fue superior a 48%, con una Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) máxima de 172,7 watts/m^2 obtenida en el mes de febrero. En cuanto a los niveles de CO_2 los datos fueron muy variables a lo largo del día; registrándose las mayores concentraciones en el interior del invernadero a las 7:00 a.m. con 231 ppm. De los cultivares de chile dulce: tres presentan forma cónica, uno piramidal y el restante es de tipo campana. El cultivar que obtuvo el mayor rendimiento productivo fue Andes Cobayashi con 67 000 kg/ha, cuyos frutos son de forma cónica y tienen una maduración a rojo.

Palabras clave: *Capsicum annum,* ambiente controlado, variables ambientales.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile es originario de la zona tropical de América y actualmente su consumo está difundido por todo el mundo. Existen cinco especies cultivadas: *Capsicum frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. pubescens* y *C. annum*, siendo este último el que más se utiliza en Costa Rica (MAG 1991). Las variedades se pueden clasificar según las características del fruto tales como forma, tamaño, color, sabor y destino comercial. Dentro de las variedades dulces, se encuentran los california wonder y los lamuyo, además los procesados para la obtención de pimentón (Maroto 1986). *Capsicum annum*, es un cultivo que se adapta a un rango muy amplio de altitudes, desde el nivel del mar hasta 3000 m de altitud. El rango de temperatura en que se cultiva este fruto también es variable, prevaleciendo en Costa Rica las zonas con temperaturas entre 18 y 30 °C, aunque con la introducción de materiales adaptados a altas temperaturas el rango se ha ampliado. La duración de las fases de crecimiento está ligada al manejo de las plantas y clima de cada región, por lo cual el ciclo de vida de los cultivares dependerá de la zona ecológica donde se siembren (Bolaños 1998).

Esta actividad productiva se ha constituido en uno de los principales cultivos hortícolas que se siembran en la Región Chorotega de Costa Rica. El creciente uso de semillas

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA-CR. rramirez@inta.go.cr, jaguilar@inta.go.cr, lmeza@inta.go.cr

"tropicalizadas", cuyo fin es introducir materiales adaptados a las condiciones ambientales de la provincia, impulsó cambios en el manejo agronómico y tecnológico que normalmente se venía utilizando en esta actividad.

Mediante el proyecto "Perfeccionamiento de Técnicas de Producción de Hortalizas en Ambiente Protegidos en Costa Rica" ejecutado por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA); se contempló la evaluación de germoplasma de chile dulce proveniente de Brasil con potencial productivo para las condiciones del Pacífico Seco bajo ambientes protegidos. Se entiende por cultivo protegido, la aplicación de toda forma de protección física a las plantas contra las condiciones adversas del ambiente, especialmente de la alta pluviometría característica de zonas del trópico; con el propósito de alcanzar mayor productividad, mejor calidad, alargar los períodos de recolección y extender las áreas de producción (Wittwer y Castilla 1995).

De las variables ambientales que afectan los cultivos hortícolas, la temperatura es el factor más importante a tomar en cuenta en la Región Chorotega, ya que la actividad fotosintética tiene una clara respuesta a la temperatura, mostrando un mínimo sobre los 5 °C y alcanzando el óptimo entre los 25 a 35 °C, disminuyendo a valores superiores (Urban 1997). Este aspecto es muy importante ya que la tendencia de la temperatura en el interior de los invernaderos ubicados en esta zona es la de aumentar, debido a dos fenómenos distintos: a un efecto convectivo debido al confinamiento del aire, que reduce la ventilación con el exterior y a un efecto radiativo, producto de la reemisión de energía del infrarrojo largo desde el suelo hasta el techo plástico (Castilla 2005).

La humedad relativa óptima para cultivos de hortalizas oscila entre 50 y 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados. En cuanto a la luminosidad el chile dulce es una planta muy exigente en luz, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. Investigaciones realizadas por el INTA en el año 2006 en la Región Chorotega obtuvieron rendimientos de 22 000 kg por hectárea en invernadero, durante tres meses de ciclo productivo con una temperatura y humedad relativa promedio en el día de 36 °C y 40% respectivamente (Ramírez *y* Aguilar 2007, Ramírez *et al*. 2009).

El propósito de llevar a cabo pruebas de adaptabilidad de cultivares, es medir sus rendimientos comparativos, precocidad, altura, resistencia a enfermedades y otras características de los cultivares o líneas experimentales de una determinada especie. La finalidad es ofrecerles a los productores una oferta de semillas que se ajuste a las condiciones ambientales y económicas de su entorno (Poehlman 1992).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la dinámica de las variables ambientales temperatura, humedad relativa, luminosidad y CO_2 dentro de un invernadero y su interacción con la fenología de cinco cultivares de chile dulce (*Capsicum annum)* en la Región Chorotega de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La actividad se realizó en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez en Cañas, Guanacaste. Durante el periodo comprendido entre octubre del 2010 a mayo del 2011. El sitio se encuentra a una altura de 14 msnm, dentro de la zona de vida Bosque Tropical Seco (Holdridge) en la coordenada plana 258597 norte y 411946 oeste.

El estudio se efectuó en la segunda nave de un invernadero multi capilla orientado norte-sur. El techo estuvo cubierto con plástico transparente de polietileno de 150 micras de

espesor y las paredes con malla anti insecto de 52 mesh de porosidad. Se realizaron 20 mediciones de las variables ambientales en estudio tanto adentro como afuera del invernadero, durante todo el periodo de la prueba, en tres diferentes horas del día (7:00 a.m., 9:00 a.m. y 1:00 p.m.). La temperatura y humedad relativa se registraron con un sicrómetro marca Extech HD500, la radiación con un luxómetro marca Extech Easy view 30 y el CO_2 con un analizador de CO_2 marca Extech EA 80.

Para evaluar las características agronómicas de los cultivares de chile dulce se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 40 plantas por parcela de cada cultivar (Cuadro 1). Las dimensiones de las parcelas experimentales fueron de 6,6 m de largo por 0,4 m de ancho. Se utilizaron cuatro canaletas de 0,4 m de ancho por 0,2 m de altura con sustrato hidropónico (piedra volcánica roja). La distancia entre plantas fue de 0,25 m dentro de la canaleta y 1,4 m entre pasillo, resultando una densidad de 28 571 plantas por hectárea (incluido pasillos).

Cuadro 1. Cultivares de chile dulce *(Capsicum annum)* evaluados. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Código	Cultivar	Casa semillerista
CTT 01-10	Itapua	Isla Sementes
CTT 02-10	Vermelho Samurai	Isla Sementes
CTT 03-10	All big	Feltrin Sementes
CTT 04-10	Andes Kobayashi	Isla Sementes
CTT 05-10	Tiberius	Feltrin Sementes

En el mes de octubre se elaboraron los almácigos en bandejas con sustrato inerte, para su posterior trasplante dentro del invernadero a los 25 días posterior a la germinación de la semilla. El riego se realizó mediante un sistema presurizado, el cual se programó para que se activara 22 veces en el día durante 5 minutos por cada riego. Se aplicaron por hectárea 180 kg de N, 60 kg P_20_5, 180 kg K_2O_5, 160 CaO y 50 kg de MgO, mediante dos líneas de goteo por canoa, con un distanciamiento de 40 cm entre emisores y un caudal de descarga de 2 l/h, agregándose los fertilizantes por medio de un inyector venturi en cada riego. El manejo fitosanitario se realizó según la presión de enfermedades y plagas en el momento.

Se utilizó un muestreo probabilístico al azar, con un factor de muestreo para Z_a^2 de $(1,96)^2$ y un error máximo permitido del 14%. Al ser los híbridos de chile dulce F1, la proporción de la población que posee la característica deseada se estima que es cercano al 95% (p=0,95), lo que resultó una muestra de 6 plantas por parcela útil. Como características agronómicas se evaluaron las siguientes variables: tipo, color, número y peso de frutos por plantas. Rendimiento por área (kg/ha) según categoría (primera y segunda) y duración del ciclo productivo (días después del trasplante).

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron separadas mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%. Además se realizó una prueba de contrastes para la variable peso y número de frutos según el tipo de chile dulce (bell, cónico o piramidal).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de los factores ambientales

-Temperatura del aire

La temperatura es uno de los factores climáticos más difíciles de controlar en zonas de baja humedad como las que predominan en el Pacífico Seco costarricense, ya que puede influir en aspectos del crecimiento de las plantas, en la actividad metabólica, calidad de los frutos y otros.

Se presentó una inercia térmica tanto en el interior como exterior del invernadero para el tiempo comprendido entre diciembre del 2010

a marzo del 2011 (Cuadro 2). En el mes de diciembre inició la época seca y coincidió con los menores registros de temperatura, los cuales no superaron los 34 °C y se dio a la 1:00 p.m. que fue la hora de mayor incidencia de la radiación del día (Figura 1). El mes de marzo registró la mayor temperatura en la nave donde estuvo ubicado el cultivo, con un promedio de 38,9 °C y un salto térmico de 4,1 °C con respecto a la temperatura externa. Cabe destacar que en esta prueba no se utilizó ningún tipo de sistema de humidificación ni de sombreo para disminuir la temperatura dentro del recinto.

Las modificaciones del microclima en el interior de los invernaderos varían dependiendo del diseño de la estructura y del manejo agronómico que se realice al cultivo. Al comparar los datos obtenidos en esta prueba con los registros observados en el mismo periodo del año 2007 (Ramírez *et al.* 2009), se puede inferir como el promedio de las temperaturas registradas a las 9 a.m. disminuyó en 3,3 °C, con la diferencia que en el año 2007 se empleó un sistema de nebulización y una pantalla de sombreo de 50% de trasmisión de luz de 10:00 a.m. a 2:00 p.m. La variante fue que en esta investigación (2011) la distribución del riego cambió de 12 a 22 activaciones diarias durante 5 minutos por cada una, lo que significó una precipitación de 4,6 mm por día y una mayor humidificación del ambiente.

Cuadro 2. Registros de la temperatura (°C) en el interior y exterior del invernadero en tres horas diferentes del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Mes	Temp. Ext	Temp. Int	Temp. Ext	Temp. Int	Temp. Ext	Temp. Int
	7:00 a.m.		9:00 a.m.		1:00 p.m.	
Dic-10	25,2	24,6	27,0	29,7	29,7	33,8
Ene-11	25,1	24,9	29,4	31,9	31,3	36,2
Feb-11	24,6	25,4	30,8	34,4	34,4	38,7
Mar-11	25,7	26,0	30,6	34,7	34,8	38,9

La Figura 1, muestra el ascenso vertiginoso de la temperatura en tres diferentes horas del día. Las temperaturas que se alcanzan dentro de la estructura especialmente a la 1:00 p.m. están por encima de los límites óptimos para el desarrollo de cultivos tipo C3, como el chile dulce. De aquí que los materiales genéticos que se deben seleccionar bajo estas condiciones deben ser tolerantes al calor y el manejo agronómico debe enfocarse en suministrar con precisión los riegos para disminuir el estrés hídrico de las plantas.

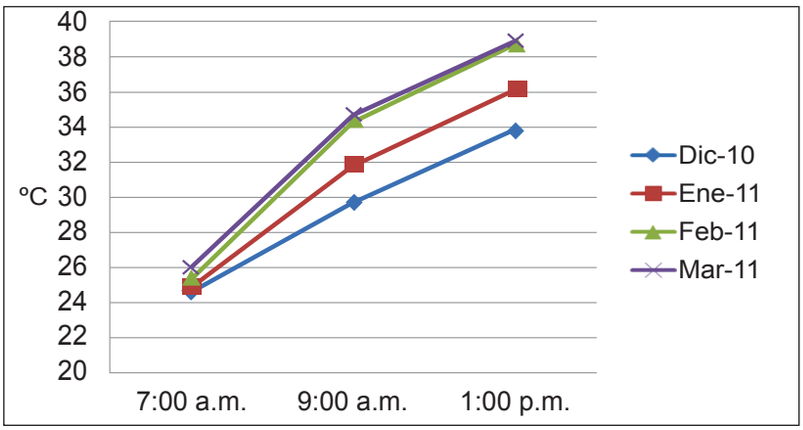


Figura 1. Temperatura registrada en el interior del invernadero en tres diferentes horas del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

- Humedad relativa

La humedad relativa aunque no es inversamente proporcional con la temperatura, sí tiene una estrecha relación. Los menores porcentajes de humedad que se registraron en el mes de marzo a la 1:00 p.m. coinciden con la mayor temperatura de 38,9 °C para el mismo momento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Registros de la humedad relativa (%) en el interior y exterior del invernadero en tres horas diferentes del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Mes	H.R. Ext	H.R. Int	H.R. Ext	H.R. Int	H.R. Ext	H.R. Int
	7:00 a.m.		9:00 a.m.		1:00 p.m.	
Dic-10	60,7	66,0	53,4	48,7	48,2	41,7
Ene-11	74,0	79,4	61,6	57,9	51,7	46,1
Feb-11	74,7	75,9	50,3	49,0	41,1	37,2
Mar-11	63,3	68,3	47,6	45,0	40,3	36,3

Las condiciones normales de la época seca se caracterizan por la disminución de la temperatura en las noches, debido en gran parte por la ausencia de nubes, lo que provoca la liberación al espacio de la energía absorbida por la tierra durante el día. Esta condición físico climática origina una caída en la temperatura y aumento de la humedad relativa en el ambiente, esto aunado al punto de rocío nos indica que en la única hora del día donde la humedad relativa en el interior del invernadero es mayor a la exterior fue en enero, a las 7:00 a.m. cuando llegó a 79,4% (Figura 2).

Es importante recalcar que de las 7:00 a.m. a las 9:00 a.m. durante el periodo de la evaluación, la humedad fue superior al 48%, lo que nos índica que las plantas tuvieron las condiciones idóneas para transpirar sin que cerraran estomas. A la 1:00 p.m. es claro que con las temperaturas obtenidas y la humedad relativa inferior al 40% en los meses de febrero y marzo, se disminuye la capacidad de transpiración, lo cual nos hace suponer que en las primeras 5 horas de la mañana los intervalos de riego se deben ajustar con el objetivo de que la planta aproveche al máximo la absorción de agua y nutrientes.

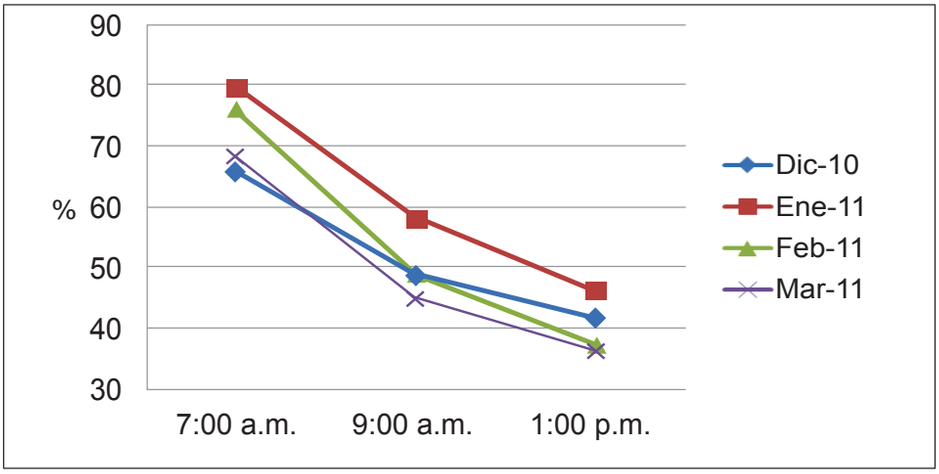


Figura. 2. Humedad relativa promedio registrada en el interior del invernadero en tres diferentes horas del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

- Radiación

La menor radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el exterior del invernadero, se obtuvo en el mes de enero a las 7:00 a.m. con un promedio de 24,5 watts/m^2, mientras que a la misma hora pero en el mes de febrero se dio la menor radiación PAR en el interior del recinto con 13 watts/m^2. Por el contrario la mayor radiación PAR promedio registrada tanto en el exterior como en el interior de la estructura fue en el mes de febrero con 357,6 y 172,7 watts/m^2 respectivamente (Cuadro 4).

Según Langhams y Tibbitts (1997), para la mayoría de cultivos C3 como el chile dulce la saturación del sistema fotosintético se alcanza alrededor de los 90 watts/m^2 de radiación fotosintéticamente activa, lo que indica que la cantidad de radiación PAR que llegó a las plantas en estudio, fue propicia para potencializar la fotosíntesis desde las primeras horas de la mañana.

Cuadro 4. Registros de la radiación fotosintéticamente activa (watts/m^2) en el interior y exterior del invernadero. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Mes	Luz Ext	Luz Int	Luz Ext	Luz Int	Luz Ext	Luz Int
	7:00 a.m.		9:00 a.m.		1:00 p.m.	
Dic-10	33,4	23,4	181,1	115,8	173,6	168,4
Ene-11	24,5	14,2	163,8	108,0	292,7	140,1
Feb-11	47,5	13,0	259,1	128,5	357,6	172,7
Mar-11	58,5	19,6	263,2	135,8	334,0	151,8

Durante todo el periodo del estudio a las 7:00 a.m. la diferencia promedio entre la radiación PAR registrada en el exterior del invernadero y el interior fue de 23 watts/m^2 (57%), a las 9:00 a.m. de 95 watts/m^2 (44%) y a la 1:00 p.m. de 131 watts/m^2 (45%). Si bien es cierto que el espesor de la cobertura plástica disminuye entre un 10 a 15% la transmisibilidad de la luz, es evidente que la restante reducción en la transmisión se debe a suciedad por efecto del polvo que es un problema que se acrecienta al inicio de la época seca (Figura 3).

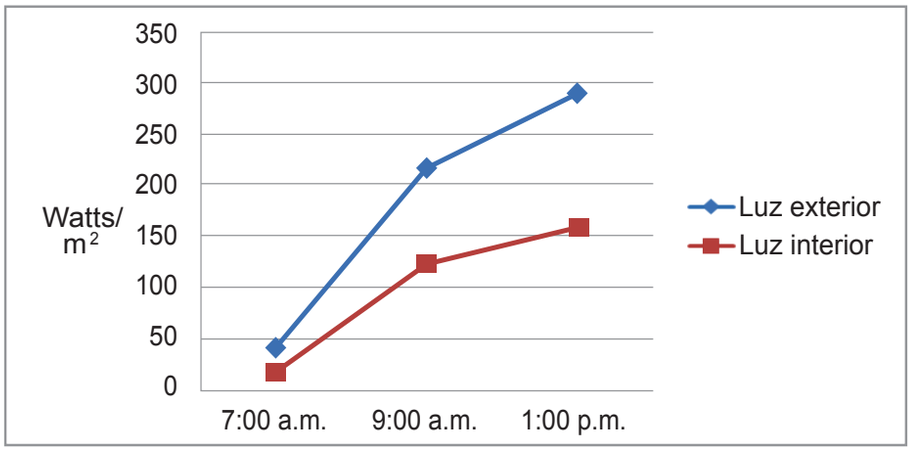


Figura 3. Promedio de radiación fotosintéticamente activa en watts/m^2, registrada en el interior y exterior del invernadero en tres diferentes horas del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

- Dióxido de carbono (CO_2)

La máxima concentración de CO_2 obtenida en el periodo de la prueba ocurrió en el mes de marzo a las 7:00 a.m.; en el exterior del invernadero y no superó las 255 ppm (Cuadro 5), coincidiendo en el mes e instante con las mayores concentraciones registradas en el interior del mismo con 309 ppm. El CO_2, es uno de los compuestos básicos de la fotosíntesis, que pocas veces caracterizamos a través de mediciones. La disponibilidad de este compuesto varía según la hora del día ya que por las noches debido a la respiración de las plantas los niveles de CO_2 aumentan, mientras que en el día por efecto de la fotosíntesis bajan (Lorenzo *et al.* 1997).

Los resultados demuestran que tanto los niveles de CO_2 del ambiente externo como interno al cultivo, están muy por debajo de las 700 ppm, cantidad óptima que es necesaria para que estos cultivos puedan potenciar la fotosíntesis, ya que según el principio de los factores limitantes de Blackman (Castilla 2005), la velocidad del proceso está limitada por la velocidad del factor más lento, lo que indica que en la zona donde se realizó el estudio, la disponibilidad de este compuesto puede reducir la expresión genética en términos productivos de los cultivares evaluados.

Cuadro 5. Registros de CO_2 (ppm) en el interior y exterior del invernadero. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Mes	CO_2 Ext	CO_2 Int	CO_2 Ext	CO_2 Int	CO_2 Ext	CO_2 Ext
	7:00 a.m.		9:00 a.m.		1:00 p.m.	
Dic-10	197	203	192	190	164	145
Ene-11	232	235	176	231	141	150
Feb-11	241	317	166	215	124	179
Mar-11	255	309	162	209	113	180

La concentración de CO_2 fue muy variable a lo largo del día (Figura 4). Los mayores registros tanto en el interior como exterior del invernadero en promedio durante la investigación se dieron a las 7:00 a.m. con 231 y 266 ppm respectivamente, mientras que los niveles más bajos se obtuvieron a la 1:00 p.m. no superando las 190 ppm.

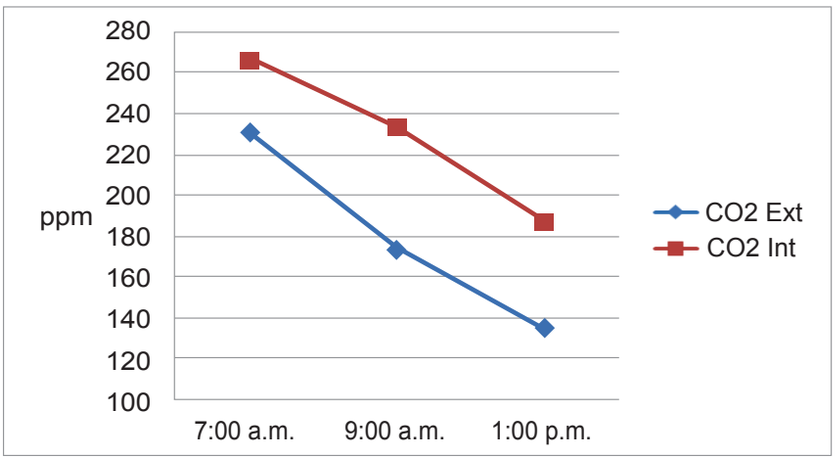


Figura 4. Promedio de CO_2 en ppm registrada en el interior y exterior del invernadero en tres diferentes horas del día. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Caracterización agronómica de los cultivares

Los cultivares de chile dulce evaluados se clasificaron según la forma del fruto, encontrándose que Andes Cobayashi, Tiberius y Vermelho Samuraí presentaron frutos cónicos con las mayores longitudes promedios en la categoría de primera calidad, cercanos a los 30 cm que son los preferidos por el mercado local. El cultivar Itapua presentó frutos de forma piramidal y All Big forma de campana, rondando ambos los 10 cm de longitud (Cuadro 6). Se debe mencionar que el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) solamente regula la calidad de los frutos de chile dulce de forma cónica y alargados, lo que excluye de esta clasificación los de tipo campana, por lo que se determina que un fruto es grande si la longitud es mayor a los 15 cm, por debajo de este valor hasta llegar a los 10 cm es mediano y menos de esta última medida son pequeños. No obstante en el comercio nacional se consideran a los frutos de chile dulce que se encuentran dentro de la clasificación del MEIC como grandes y medianos de primera calidad y los pequeños de segunda. Además se destaca que todos los materiales maduraron a color rojo y la duración del ciclo productivo (periodo de cosecha) fue de 90 días, muy por debajo del tiempo promedio para esta etapa fenológica, que se obtiene en la Meseta Central, que es superior a los 150 días.

Cuadro 6**.** Características físicas de los frutos de chile duce. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Cultivar	Tipo de fruto	Color de fruto maduro	Longitud promedio frutos 1^{era} (cm)	Longitud promedio frutos 2da (cm)
Itapua	Piramidal	Rojo	11,78	9,01
Vermelho Samuraí	Cónico	Rojo	30,66	9,56
All Big	Bell	Rojo	11,41	8,69
Andes Cobayashi	Cónico	Rojo	29,75	8,92
Tiberius	Cónico	Rojo	30,52	9,29

Los frutos del cultivar Andes Cobayashi obtuvieron el mayor peso promedio en el rango de primera categoría con 283,86 g, mostrando diferencias significativas con Itapua que tuvo el menor peso (65,98 g) y con All Big (127,63 g). El cultivar que produjo el mayor porcentaje y número de frutos de primera fue Tiberius con un 85,5% y 9,3 unidades. En cuanto a frutos de segunda categoría, Itapua fue el que obtuvo la mayor cantidad con 8,15 unidades por planta y un peso promedio de 48,93 g (Cuadro 7).

Mediante el análisis de contraste se determinó que el peso de los frutos de primera categoría de los cultivares tipo cónicos presentaron diferencias altamente significativas ($p<0,0001$) con respecto a los tipos bell y piramidal, sin que ocurriera lo mismo en los de segunda ($p=0,4910$). El grupo de chiles de forma cónica presenta diferencias significativas en el número de frutas tanto de primera como de segunda contrastándolos con los tipo bell, mientas que con los piramidales solamente existen diferencias en los de segunda categoría.

Cuadro 7. Rendimiento y número de frutos por planta. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Cultivar	Peso (g) promedio frutos de 1ra por planta	Número promedio frutos de 1ra por planta	Peso (g) promedio frutos de 2da por planta	Número promedio frutos de 2da por planta	Peso total (g) de chiles por planta	Número total de chiles por planta
Itapua	65,98 a	6,58 ab	48,93 ab	8,15 b	833	14,73
V. Samuraí	241,48 b	7,81 b	76,45 b	3,95 a	2188	11,76
All Big	127,63 a	2,50 a	77,47 b	9,30 b	1039	11,8
Andes C.	283,86 b	7,75 b	55,13 ab	2,63 a	2345	10,38
Tiberius	224,61 b	9,30 b	38,18 a	0,87 a	2122	10,17

Letras distintas indican diferencias significativas (P≤0,05)

El cultivar Andes Cobayashi presentó el mayor rendimiento total con 67 000 kg/ha, seguido por los cultivares Samuraí y Tiberius con 62 513 y 60 628 kg/ha, mientras que muy rezagados y con menos de la mitad de lo producido por los tres primeros se ubica All Big e Itapua (Cuadro 8). El rendimiento alcanzado por Andes Cobayashi en esta prueba supera en tres veces lo obtenido en el ensayo realizado en el mismo invernadero, para el año 2006, donde el mayor rendimiento productivo lo obtuvo el cultivar Hércules (tipo bell) con 21 192 kg/ha (Ramírez y Aguilar 2007).

Cuadro 8. Rendimiento en kilogramos por hectárea con una población estimada de 28 571 plantas/ha. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

Cultivar	Rendimiento kg/ha
Andes Cobayashi	67 000
Vermelo Samuraí	62 513
Tiberius	60 628
All Big	29 685
Itapua	23 800



Figura 5. Parcelas de investigación a los 50 días después del trasplante. Guanacaste, Costa Rica. 2011.



Figura 6. Cultivar Andes Cobayashi en plena producción. Guanacaste, Costa Rica. 2011.

LITERATURA CITADA

Bolaños. A. 1998. Introducción a la Olericultura. EUNED. San José, Costa Rica. 100 p.

Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. p 201-206.

Langhams, R.; Tibbitts, T. 1997. Plant growth chamber handbook. USA. Ed. Iowa State Univ. Press. 240 p.

Lorenzo, P; Sánchez, M; Medrano, E; Aguilar, F y Castilla, N. (1999). Soilles cucumber response to mulching in unheated Mediterranean greenhouse. Acta Horticulturae, 491:401-403.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, CR (en línea). Consultado 10 set. 2010. Disponible en http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/tec-chile.pdf

Maroto, J. 1986. Horticultura herbácea y Especial. Ed. Mundi-Prensa. 5 ed. Madrid, España. 590 p.

Poehlman. J. 1992. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. LIMUSA. México. 11 ed. 105 p.

Ramírez, R; Aguilar, J. 2007. Evaluación y validación de rendimiento y adaptabilidad de cultivares de chile dulce en ambiente controlado. Archivos Técnicos del INTA. San José, Costa Rica. p 3-5.

Ramírez, R; Aguilar, J; Gamboa J. 2009. Evaluación del microclima en invernadero y su interacción con la fisiología de los cultivos en la Región Chorotega de Costa Rica. En: Memoria 55 reunión anual de la sociedad del PCCMCA. Campeche. México. 147 p.

Urban, L. 1997. Introduction a la production sous serre. En: CASTILLA, N. Invernaderos de plástico. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. p 147-158.

Wittwer, S. y Castilla, N. 1995. Protected cultivation of horticultural crops. Worldwide Horttechnology, 5 (1):6-23.

EVALUACIÓN DE CUATRO DISTANCIAS DE SIEMBRA Y DOS DE DESHIJA EN PALMITO DE PEJIBAYE SIN ESPINAS

Antonio Bogantes Arias[1]

RESUMEN

Evaluación de cuatro distancias de siembra y dos de deshija en palmito de pejibaye sin espinas. Con el objetivo de comparar sistemas de producción de palmito manejados a baja y alta densidad de siembra se hizo este estudio desde enero del 2009 a diciembre del 2011 en una parcela de pejibaye sin espinas de la variedad Diamantes 10 con 11 años de edad. La parcela estaba ubicada en la Estación Experimental Los Diamantes del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), situada en Pococí, provincia de Limón. Los tratamientos evaluados fueron la combinación de cuatro distancias de siembra con dos técnicas de manejo de cepa, para un total de ocho combinaciones factoriales. Para la producción de palmitos se analizó la cosecha desde su inicio (año 2001), la cual fue superior en la distancia 0,25 m entre plantas (20 000 plantas ha^{-1}) con una producción promedio de 15 055 palmitos ha^{-1} y descendió conforme aumentó la distancia con un promedio de 9273 palmitos en la distancia de 1 m entre plantas. Se observó que independiente de la densidad, por cada 100 kg de biomasa fresca cortados, 80 kg se incorporan al sistema (suelo) y 20 kg se van en el palmito extraído. En las parcelas con plantas sembradas a 1 m entre sí, las cepas midieron 0,55x0,42x0,20 m en su relación de largo, ancho y altura respectivamente; mientras que en las parcelas con plantas de nueve años sembradas a 0,25 m entre sí, la cepa ya se había convertido en un surco. En cada cepa el número de hijos disminuyó conforme se redujo la distancia entre plantas. Se identificaron un total de 23 especies de arvenses y se evidenciaron cambios en la diversidad de las especies dominantes con respecto a otras épocas de muestreo. Se determinó estabilidad en el suelo de las cantidades de N-P-K medidas al final del estudio y comparadas con la información de once años atrás. Las cantidades de unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias, fueron muy bajas en las parcelas a 0,25 m mientras que las cantidades de UFC de actinos en el suelo de las mismas parcelas fueron mucho más altas. Se describieron los hongos *Phytophthora* sp. y *Fusarium* sp., los cuales son patogénicos al cultivo y otros seis hongos no patogénicos a las plantas de palmito. La cantidad de lombrices encontradas fue superior en el suelo de las parcelas con plantas a 0,25 m y disminuyó conforme aumentó la distancia entre plantas.

Palabras clave: *Bactris gasipaes* K., densidad de siembra, cosecha.

INTRODUCCIÓN

El palmito de pejibaye es una actividad que genera más de 20 millones de dólares por año en exportaciones. Se estima que en el país existen aproximadamente 7500 ha (SEPSA 2006), con más de 1000 productores distribuidos y organizados en casi todo el país.

En la década de los años 90 existían plantaciones con rendimientos alrededor de 20 000 palmitos ha^{-1} $año^{-1}$, y se estimaba que el promedio nacional era alrededor de 10 000 unidades ha^{-1}. A partir del segundo semestre de 1997, la sobreproducción y la competencia por las exportaciones en el exterior influyeron en la caída de los precios al productor, lo cual, repercutió negativamente en el manejo y en el rendimiento. En la actualidad, aunque el precio mejoró, aún no se han logrado los rendimientos anteriores, salvo algunas excepciones.

[1] Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. abogantes@inta.go.cr.

Uno de los aspectos técnicos relacionados con el bajo rendimiento actual, es la escasa población de cepas por área, ya sea por muerte o por densidad de siembra. Aunque los precios por unidad o candela sean buenos, los bajos rendimientos ponen en desventaja al productor ante el alza diaria en los costos de los insumos y mano de obra.

Se han hecho varios estudios sobre distancias de siembra en palmito de pejibaye con espinas (Zamora 1984, Chalá 1991, Vargas 1994, 2000, Mora 1999). Las distancias se fueron modificando con el tiempo hasta llegar a 2x1m con una densidad de 5000 plantas ha^{-1}, que se convirtió en la densidad estándar en el pejibaye con espinas por mucho tiempo (Bogantes 2010).

Mora (1989), señala que existen factores que obligan a variar las distancias y cita la variedad como un factor que empieza a jugar un papel importante en las densidades. La ausencia de espinas afecta en la decisión por seleccionar una u otra distancia.

La densidad de siembra también influye en la práctica de deshija, sobre todo, en el palmito con espinas. En un sistema de manejo a libre crecimiento, la cepa llega a ser improductiva porque el aumento en el número de tallos reduce el crecimiento individual, esto justifica la deshija. Los brotes o "hijos" de la cepa o "araña", se pueden clasificar de acuerdo con su posición en brote de cima, aquel situado sobre la araña cuyas raíces no hacen contacto con el suelo por lo cual deben ser podados para evitar que la cepa se encime y el brote periférico, situado en la periferia de la araña, en contacto con el suelo, son los que añaden volumen a la raíz y por último, el brote radical, que surge de la raíz (Mora 1999).

El potencial de producción en palmito sin espinas es alto (Mora 1999). A nivel experimental se han obtenido altos rendimientos en producción de palmitos sobre todo con la nueva variedad de pejibaye sin espinas conocida como Diamantes 10 (Arroyo y Mora 2002; Bogantes *et al.* 2004, Bogantes 2007, Chaimsohn *et al.* 2007). Aunque la adopción para la siembra a alta densidad es lenta; ya se observan algunas iniciativas por romper la barrera de las 5000 cepas por hectárea con algunos intentos por sembrar a 2,0 m entre hilera por 0,70 m entre planta y a 2,0 m por 0,50 m (10 000 plantas ha^{-1}).

El objetivo de este trabajo fue comparar sistemas de producción de palmito sin espinas, manejados a baja y alta densidad en una siembra de 11 años de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y época del estudio

El estudio se llevó a cabo desde enero del año 2009 a diciembre del 2011 en una parcela de pejibaye sin espinas de la variedad Diamantes 10, sembrada en marzo del año 2000 en la Estación Experimental Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ubicada en Guápiles, cantón Pococí, provincia de Limón; a una altitud de 249 m, con una temperatura mínima promedio de 24 ºC y una máxima promedio de 29 ºC. La precipitación promedio anual es de 4500 mm. La fertilización y el manejo de malezas se hicieron siguiendo las instrucciones indicadas en el manual de recomendaciones del cultivo (Bogantes 2010).

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron la combinación de cuatro distancias de siembra con dos técnicas de manejo de cepa para un total de ocho combinaciones factoriales (Cuadro 1).

La técnica con deshija consistió en eliminar durante los primeros tres años de edad los brotes de encima, hijos muy cercanos entre sí o con poco vigor y pobre sanidad. Esta práctica se hizo dos veces por año. En la técnica sin deshija no se removió ningún brote. Se hizo una limpieza general de la cepa en ambas estrategias, eliminando hojarasca u hojas viejas dos veces por año. En ninguno de los

tratamientos se hizo resiembra después de las ocho semanas, para observar la dinámica en el crecimiento de las cepas.

Diseño experimental

Se usó un diseño de parcelas divididas, distribuidas en cinco bloques al azar. La estrategia de manejo de cepa se asignó a la parcela grande y las distancias de siembra entre plantas a la pequeña, para un total de 40 parcelas. Cada parcela pequeña midió 64 m² y se usó un área útil de 48 m²; el área experimental total fue de 3456 m².

Las variables evaluadas fueron:

Número de palmitos. Se midieron las cosechas del 2009 al 2010 y se analizaron junto con la producción de palmito desde el inicio de cosecha (2001). Se cortaron los tallos (unidades de palmito) con un promedio de 9 cm de grosor, medidos en la base a 10 cm del suelo. El palmito se dejó con una vaina (cáscara) y con una longitud de 75 cm. Se contaron las tres filas centrales de cada parcela.

Cuadro 1. Arreglo de distancias de siembra y técnicas de manejo de cepa. Guápiles, Limón, Costa Rica. Período de manejo 2000-2011.

Distancia hilera^{-1} (m)	Distancia planta^{-1} (m)	Densidad (plantas ha^{-1})	Manejo de cepa
2,00	0,25	20 000	Sin deshija
2,00	0,50	10 000	Sin deshija
2,00	0,75	6666	Sin deshija
2,00	1,00	5000	Sin deshija
2,00	0,25	20 000	Con deshija
2,00	0,50	10 000	Con deshija
2,00	0,75	6666	Con deshija
2,00	1,00	5000	Con deshija

Rendimiento de palmito foliar y palmito caulinar en gramos. Se cortaron tres plantas por parcela en octubre del 2009 y se midió la longitud de la candela, el número de trozos y el peso (g) del palmito foliar y caulinar (cabeza). Peso en kilogramos de palmito foliar y el número de cajas estándar por parcela. El peso por parcela es el producto del número de palmitos por su peso fresco; mientras que el número de cajas estándar es ese cociente dividido entre 5,28 kg que es el peso del palmito drenado contenido en una caja estándar para exportación. Estas variables se estimaron en palmito fresco, el cual se cortó en plantas con no menos de 9 cm en la base y con un palmito de 75 cm (promedio) de longitud, con el fin de corroborar el rendimiento potencial de palmito foliar y caulinar en esta variedad Diamantes 10.

Biomasa de planta y palmito. Se cortaron tres plantas por parcela en octubre del 2009 y se midió su altura (cm), grosor (cm), peso total (kg) de la planta entera, así como el peso (kg) del palmito a una cáscara. Se calculó a) Porcentaje (%) de extracción= (Peso del palmito a una cáscara/peso total de la planta) x 100, b) Peso fresco (kg/ha) anual de la biomasa incorporada= (Peso total de la planta– peso del palmito a una cáscara) x el número promedio de palmitos ha^{-1} cosechados.

Estudio de cepa. Se contó para cada distancia el número de cepas (mayo 2009). Además, se midió el largo, el ancho y la altura en tres cepas por parcela; así como, el número de estípites (tallos) su altura y grosor en tres plantas por parcela (agosto 2009). En el caso de las cepas a 0,25 m, por la unión entre ellas y su forma de surco, se delimitó el ancho y la altura en una longitud predefinida de 50 cm.

Cobertura de arvenses (malezas). Se estimó el porcentaje de cobertura de malezas total (octubre 2009) y por especie (mayo del 2011), según la distancia de siembra. Consistió en una estimación de área por parcela con el uso de un marco 0,50 x 0,50 m lanzado al azar en la entrecalle.

Estudios de suelo. Se hizo un muestreo compuesto por las cinco repeticiones para cada distancia (octubre del 2009) para la medición de nutrimentos químicos, y unidades formadoras de colonias (UFC) de microorganismos del suelo (hongos, bacterias y actinos). Para el conteo de lombrices se hizo una muestra por repetición (cuatro submuestras) o sea cinco por distancia. Ambos muestreos se hicieron en el centro de la entrecalle con un palín de 20 x 20 cm. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de suelos del INTA-MAG. El conteo de las lombrices se hizo en el centro de la entrecalle con una muestra tomada con palín (20 x 20 x 40 cm) o sea 0,016 m^3 para un total de 16 litros de suelo.

El análisis estadístico de las variables se hizo con el programa SAS (López y López 1995). Se hizo análisis de varianza, y separación de medias. Se correlacionó la altura de la planta y el grosor del tallo a la cosecha. En las mediciones de nutrimentos y UFC de microorganismos no se hizo ANDEVA, sus promedios se utilizaron para referenciar posibles cambios con respecto a los promedios de otros muestreos realizados al inicio del experimento (2000) y a los 13 meses después de la siembra (mds).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias en el sistema de deshija (con y sin) para las variables de arvenses, producción de palmitos y rendimiento industrial, evaluadas en el período de 2009 al 2011, similar a lo encontrado en los años en los cuales se le dio énfasis a esa práctica de deshija (2001-2003) (Bogantes *et al.* 2003, 2004).

Producción de palmitos

La producción promedio de palmitos para el período 2001-2010 fue diferente entre distancias de siembra (p=0,0001). La producción media fue máxima en el tratamiento con la distancia de 0,25 m entre planta y descendió conforme aumentó la distancia entre planta, con un comportamiento curvilíneo que se estabilizó cuando la distancia fue de 1,0 m entre planta (Figura 1). Dicho comportamiento ya se había manifestado con esa tendencia en el 2001 (Bogantes *et al.* 2004) y entre 2002 y el 2004 (Bogantes 2007).

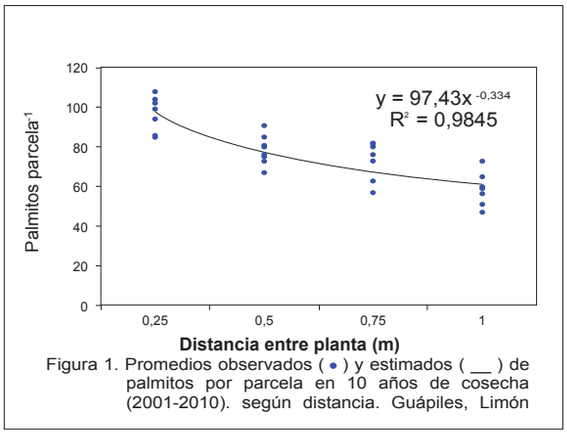


Figura 1. Promedios observados (•) y estimados (__) de palmitos por parcela en 10 años de cosecha (2001-2010). según distancia. Guápiles, Limón

Hubo diferencias entre distancia (p<0,01) en casi todos los años de producción excepto en el 2010 (p=0,13). La relación entre distancias de siembra con respecto a la producción de palmitos por hectárea, durante diez años es consecuente con el promedio o sea que disminuyeron conforme aumentó la distancia entre plantas (disminuyó la densidad). La producción promedio más alta (15 055 palmitos ha^{-1}) se obtuvo con la distancia 0,25 m entre plantas, mientras que la más baja (9273) con 1 m entre plantas (Cuadro 2).

En las altas densidades (distancias 0,25 y 0,50 m), los rendimientos son más altos al inicio y van decreciendo con los años probablemente por la densidad y la competencia de hijos, mientras que las bajas densidades (distancias 0,75 y 1,00 m) se observan rendimientos más estables en el tiempo, quizá por menos competencia (Cuadro 2). Una ventaja de la alta densidad (Mora 1999) es obtener altos

rendimientos en los primeros meses o años de producción, lo cual justificaría la mayor inversión inicial. En general para todas las distancias hubo períodos de baja producción como el observado entre 2003-2005 el cual pudo ser afectado por la incidencia de bacteriosis (*Pantoea stewarti* y *Fusarium* sp.) (Mora *et al*. 2005, Bogantes 2007).

Cuadro 2. Rendimiento (unidades) de palmito ha^{-1}, según distancia en diez años de cosecha (2001-2010). Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

	Distancia entre planta(m)			
Año	0,25	0,5	0,75	1
2001	21 578	14 438	11 044	8953
2002	17 047	14 422	11 893	11 281
2003	12 047	10 609	9272	9125
2004	13 078	9922	9242	7859
2005	13 203	11 172	9908	8219
2006	13 719	11 016	10 151	8219
2007	18 906	15 516	13 044	10 813
2008	15 609	13 266	11 075	9188
2009	14 625	11 484	11 029	10 250
2010	10 734	9656	9090	8828
Promedio ha^{-1}	**15 055 a**	**12 150 b**	**10 575 c**	**9273 d**
Promedio parcela^{-1}	**96,35 a**	**77,76 b**	**69,80 c**	**59,35 d**

Medias con diferente letra en la misma fila, difieren según Duncan (P≤0,05).

Rendimiento industrial

En Costa Rica, el palmito que se vende a las plantas procesadoras es pagado por rendimiento, o sea, que a mayor peso de palmito foliar, mayor es el pago al productor. La referencia del rendimiento industrial es el número de palmitos requeridos por caja equivalente de 5,28 kg.

El peso (fresco) unitario del palmito foliar (p=0,61) y caulinar (p=0,48) no fue diferente entre distancias de siembra. En todas las distancias, el rendimiento del palmito foliar, estuvo por debajo del parámetro deseado por Mora (2002). Lo anterior, se debe a que la cosecha o corte del palmito se hizo tipo “barrido” o sea sin considerar lo que se denomina “corte por candela”, que consiste en cortar el palmito según el tamaño de la candela (hoja guía). En efecto, hay evidencia, en el caso de esta variedad Diamantes 10 sobre una correlación (r=0,71) altamente significativa (p=0,0001) entre apertura de la hoja guía y peso del palmito foliar (Arroyo y Mora 2002).

El peso por hectárea del palmito foliar, depende principalmente, del número de palmitos producidos; por lo tanto, el rendimiento en kg y en cajas estándar, aumentó con la mayor densidad. En ese sentido, se nota que la producción de cajas de palmito, obtenidos con la distancias de 0,25 y 0,75 m superan en 19 y 30%, los rendimientos obtenidos cuando se sembró a 1 m entre planta (Cuadro 3).

En todas las distancias, el peso del palmito caulinar (cabeza), fue muy superior al

parámetro ideal, basado en 379 g palmito^{-1} (Mora 2002). Esto es muy importante y justifica la metodología para este análisis de rendimiento industrial, en la cual se decidió, cortar el palmito con 75 cm de largo y no como lo exige la industria (55 cm de largo, con un máximo de 9 cm de palmito caulinar o cabeza), precisamente para documentar este mayor aprovechamiento que se le puede dar en la industria al palmito caulinar de una variedad como la Diamantes 10, si se corta más largo y con más "cabeza".

Por otra parte, la mayor altura que se obtuvo en las plantas sembradas a menor distancia (Cuadro 4), no tuvo un efecto directo en el número de trozos de palmito foliar pero sí en su peso, el cual bajó de 43,7 g en las plantas sembradas a 1,00 m hasta 37,2 g en la plantas a 0,25 m. Lo anterior, tiene importancia en el momento en que la industria prefiera un palmito más delgado para competir con el espárrago (Mora 1989).

Cuadro 3. Rendimiento industrial de palmito foliar (peso fresco), palmito caulinar (peso fresco) y cajas ha^{-1} (palmito foliar), según distancia de siembra. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Distancia planta^{-1} (m)	Palmito foliar (g unidad^{-1})	Palmito caulinar (gunidad^{-1})	Palmito foliar (kg parcela^{-1})	Palmito foliar (kg ha^{-1})	Palmito foliar (cajas ha^{-1})*	Diferencia (%)
0,25	71,50 n. s.	460 n. s.	6,89	1076 a	204	19
0,50	97,58	479	7,59	1186 b	224	30
0,75	82,50	463	5,76	872 d	165	-4
1,00	98,33	406	5,83	911 c	172	0

* Peso de caja equivalente 5,28 kg (solo de palmito foliar). Calculado con el promedio de palmitos de los 10 años. Medias con diferente letra en la misma columna, difieren según Duncan ($p \leq 0,05$). n. s. = sin diferencias entre distancias.

Aporte y extracción de biomasa

El palmito se corta cuando los tallos (unidades de palmito) tienen al menos 9 cm de grosor, medidos en la base a 10 cm del suelo. Las plantas sembradas a 0,25 m entre sí fueron más altas (p=0,03) y se cortaron con su tallo más delgado (p=0,02). Esto se puede atribuir a la competencia por la alta densidad, ya que, estas dos variables (altura y grosor) correlacionaron (r^2=-0,93 y p=0,06). No obstante, estas características no incidieron en el peso total de la planta (p=0,63) ni en peso del palmito (p=0,45).

No hubo diferencias entre distancias (p=0,97) en el porcentaje de extracción de biomasa (peso fresco) por unidad de palmito, el cual anduvo alrededor del 20%. Con estos datos, es claro que por cada 100 kg de biomasa fresca cortados, se incorporan al sistema (suelo) 80 kg y aún más obvio que a mayor producción por hectárea mayor es la cantidad de biomasa que se incorpora al sistema (Cuadro 4). En ese sentido, Molina *et al.* (2002) calcularon que con 11 214 palmitos ha^{-1} se tiene una cantidad de 13 t de materia seca, de la cual, solo el 11% se remueve con el palmito; por otra parte, Herrera (1989) estimó una remoción del 8,5% de materia seca por cada palmito extraído de la plantación.

Cuadro 4. Promedios de altura, peso total de la planta y del palmito a una cáscara. Grosor del tallo, extracción y aporte de biomasa (peso fresco) a cosecha, según distancia de siembra. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2001-2011.

Distancia (m)	Altura planta (cm)	Grosor del tallo (cm)	Peso de la planta (kg)	Peso del palmito (kg)*	Extracción (%)	Biomasa (kg) ha^{-1}**
0,25	161 a	9,08 a	7,02 n.s.	1,38 n.s.	19,67 n.s.	84 910
0,50	153 ab	9,36 b	6,56	1,30	20,00	63 909
0,75	145 ab	9,45 b	6,43	1,25	19,44	54 778
1,00	139 b	9,49 b	6,37	1,25	19,62	47 478

* Peso fresco a una cáscara **Peso fresco. Medias con diferente letra en la misma columna, difieren según Duncan ($p \leq 0,05$). n. s. = sin diferencias entre distancia.

Características de la cepa

En este estudio se hizo resiembra antes de las ocho semanas posterior a la siembra. Por lo que resulta importante observar la sobrevivencia de las mismas en el tiempo. Con nueve años de edad el mayor porcentaje de sobrevivencia de cepas se obtuvo con la distancia 1 m entre planta y fue descendiendo el porcentaje hasta 53% en las parcelas sembradas a 0,25 m (Cuadro 5). No obstante, es importante comentar, que el espacio lo cubrieron las cepas que quedaron, sobre todo, en la alta densidad (0,25 m), con lo cual, se da un equilibrio y un diseño de plantación que se comentará más adelante.

Cuadro 5. Número de cepas en cada distancia de siembra al inicio (2000) y a los nueve años del estudio (2009). Guápiles, Limón, Costa Rica. 2001-2011.

Distancia entre plantas (m)	Número de cepas $parcela^{-1}$		% de sobrevivencia
	Inicial (marzo 2000)	mayo del 2009	2009
0,25	128	68,40	53
0,50	64	45,30	71
0,75	44	34,20	78
1,00	32	25,90	81

El largo ($p<0,001$), el ancho ($p=0,0001$) y la altura ($p=0,0001$) de las cepas, nueve años después de sembradas las plantas, fue diferente entre distancias de siembra (Cuadro 6). Esto afectó la forma de cada cepa, tal y como se aprecia, en las imágenes de la Figura 2. La cepa fue más larga, más ancha y más alta conforme aumentó la distancia entre planta; eso era lo esperado, considerando el espaciamiento entre ellas (sembradas originalmente a un metro entre sí).

Cuadro 6. Largo, ancho y altura de las cepas en cada distancia de siembra a los nueve años del estudio (2009). Guápiles, Limón, Costa Rica. 2001-2011.

Distancia entre plantas (m)	Largo cepa (cm)	Ancho de cepa (cm)	Altura de cepa (cm)
0,25	50 cm (surco)	27,71 c	5,83 d
0,50	38,16 a	30,25 bc	11,17 c
0,75	43,50 b	32,54 b	14,79 b
1,00	55,12 c	42,75 a	19,04 a

Medias con diferente letra en la misma columna, difieren según Duncan (P≤0,05).

El crecimiento de la cepa en el tiempo, es importante porque tiene que ver con el equilibrio que se da cuando otras cepas cubren el espacio de las que se mueren tal y como se analizó anteriormente. En el caso de las plantas sembradas 0,25 m entre sí, a los nueve años, la cepa ya se había convertido casi que en un surco (Figura 2) incluso, no se pudo medir la longitud individual y se referenció solo el ancho y su altura en un espacio predefinido de 50 cm de largo (Cuadro 6). En relación con cepas altas, lo importante es eliminar los hijos encimados o sea los que crecen en la parte alta o sobre la cepa y nunca tocan el suelo para que crezcan los hijos periféricos que son los que agregan raíz y rejuvenecen el sistema radical (Mora *et al.* 1999).



Figura 2. Cepas de palmito con diferente distancia (original) de siembra entre sí y con nueve años de edad. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Con respecto al número de estípites (hijos por cepa) a los nueve años de edad, hubo diferencias entre distancias ($p<0,0001$). El número de hijos disminuyó en forma curvilínea conforme disminuyó la distancia entre plantas (aumento de densidad), estabilizándose entre 6 a 8 hijos por cepa cuando la distancia fue 0,25 m entre plantas (mayor densidad) (Figura 3). La producción de estípites en los materiales sin espinas es más baja que en los que tienen espinas, situación que no limita la producción, sobre todo, a altas densidades (más de 10 000 pl ha^{-1}) en las que se requieren dos o tres hijos por cepa (Mora 2002).

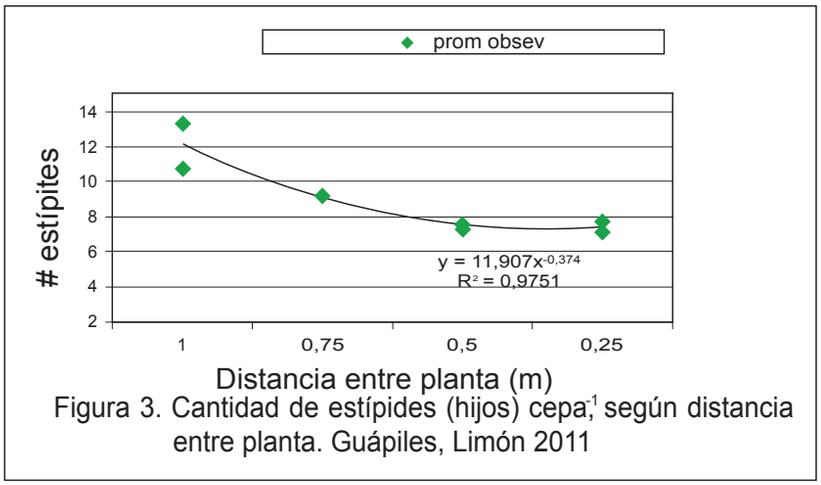


Figura 3. Cantidad de estípides (hijos) $cepa^{-1}$ según distancia entre planta. Guápiles, Limón 2011

La altura de los estípites, no varió entre distancias ($p=0,70$) y estuvo entre 71 y 77 cm, en la medición que se hizo en el 2009. Sí hubo diferencia en el grosor de esos hijos ($p=0,004$) y que coincide con lo encontrado cuando se midió el grosor del tallo a la cosecha. El grosor aumenta conforme hay más distancia entre plantas (menos densidad) (Figura 4). Es evidente que ese comportamiento se da en respuesta a la competencia por espacio en el tiempo, contrario a los primeros seis meses en los cuales hubo buen espaciamiento entre plantas y los tallos tenían similar grosor (Bogantes *et al.* 2004).

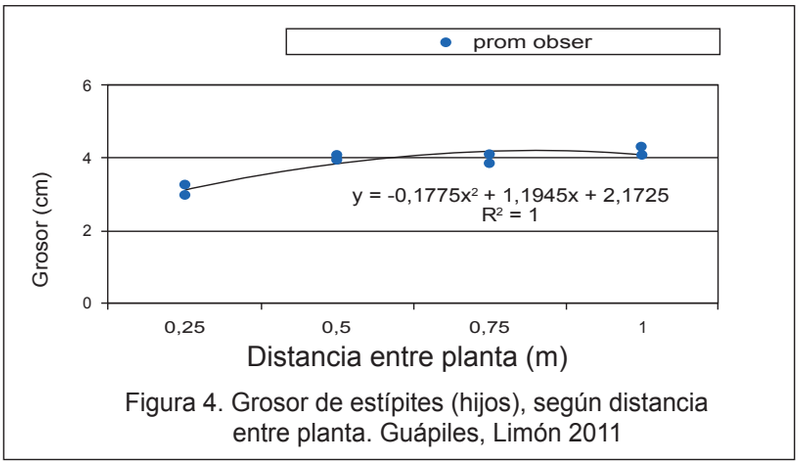


Figura 4. Grosor de estípites (hijos), según distancia entre planta. Guápiles, Limón 2011

Cobertura de arvenses (malezas)

El porcentaje de arvenses presentes tanto en mayo, como en octubre del 2011 varió (p=0,002) según la distancia de siembra (Figura 5 y Cuadro 7). Como se esperaba, la cobertura aumentó conforme al aumento en la distancia entre plantas. Se observa una tendencia asintótica que tiende a estabilizarse en la distancia de un metro entre planta (Figura 5, Cuadro 7). Este mismo comportamiento pero con mayor cobertura (60 hasta 75%) se observó en los centros de estas parcelas a los nueve meses después de la siembra (Bogantes y Agüero 2003).

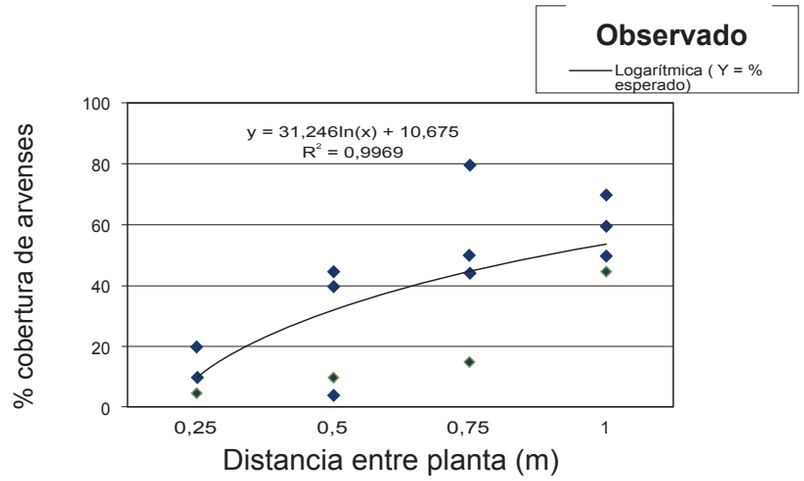


Figura 5. Porcentaje de cobertura de arvenses a diferente distancia (m) en parcelas con once años de edad. Guápiles, Limón 2011.

En general, se identificaron un total de 23 especies de arvenses (Cuadro 7) a los once años de sembrado el experimento (mayo del 2011). Esa cantidad, es muy similar a las 24 especies identificadas a los 14 meses de edad (Bogantes y Agüero 2003). No obstante, si se comparan las épocas, la diversidad es otra, ya que un total de 10 especies actuales no estaban a los 14 meses de edad de la plantación, mientras que, aproximadamente 12 especies que prevalecían a los 14 meses, no están en la actualidad. Más interesante aún, son los cambios en las especies dominantes, ya que, a los 14 meses de edad *Paspalum fasciculatum* y *Ageratun conyzoides,* eran las especies de arvenses que dominaban en el sistema (Bogantes y Agüero 2003) pero en la actualidad, la especie dominante es *Spermacoce laveis* (Cuadro 7), una especie difícil de controlar con el herbicida glifosato y que se ha diseminado en varios cultivos (Bogantes *et al.* 2010). Es muy probable que los cambios en la entrada de radiación lumínica, la humedad, los residuos de la cosecha depositada, así como, la aplicación de herbicida hayan contribuido como factores de modificación y selección, relacionados con la prevalencia o ausencia de especies en este período (11 años).

Cuadro 7. Especies de malezas y sus promedios de cobertura en parcelas de palmito de pejibaye con diferentes distancias de siembra y con once años de edad.Pococí, Limón. Costa Rica. 2011.

Especie	Familia	Cobertura (%) por distancia de siembra.			
		0,25 m	0,50 m	0,75 m	1,00 m
Alternanthera sessilis (L.)	Amaranthaceae	0	0	0,62	0
Colocasia esculenta (L.)	Araceae	0	0	0	2,5
Ageratum conyzoides (L.)	Asteraceae	0	0	0	0,62
Emilia fosbergui (N.)	Asteraceae	0,62	0	0	0
Vernonia patens (K.)	Asteraceae	0	0,38	0,62	0
Rottboellia exaltata (L.)	Poaceae	1,25	0,62	0,12	0
Panicum trichoides (S.)	Poaceae	0,25	0,62	0,88	1,25
*Paspalum paniculatum (*L)	Poaceae	0	0	3,12	20,25
Eleusine indica (L.)	Poaceae	0	0,38	0	1,25
Drimaria cordata (L.)	Caryophyllaceae	1,43	0,25	3,75	3,75
Conmelina diffusa (B.)	Conmelinaceae	0	0	1,25	0
Cyperus spp	Cyperaceae	1,25	6,25	6,62	3,75
Scleria pterota (P)	Cyperaceae	0	1,88	2,12	1,88
*Acalypha alopecuroides (*J)	Euphorbiaceae	0,88	0,25	1,50	1,50
Phyllantus niruri (L.)	Euphorbiaceae	2	0,12	0,38	1,62
(Pteridium sp)	Hypolypodiaceae	0	0,25	0,38	0
Sida acuta (B.)	Malvaceae	0,12	0	0,25	0
Clidemia hirta (L.)	Melastomaceae	0	0	0,25	0,38
Ludwigia decurrens (W.)	Onagraceae	0	1,12	0	1,25
Peperomia pellucida (L.)	Piperaceae	4,88	0,88	0,25	0,88
Spermacoce lavéis (L.)	Rubiaceae	21,25	39,75	28	25,38
Lindernia sp	Scrophulariaceae	0	0,75	0	0,25
Cissus verticillata (L.)	Vitaceae	0,38	0	2,5	3,38
Cobertura total por distancia entre planta (%)		34,31 n=8	53,50 n=8	52,62 n=8	69,86 n=8

Estudios de suelo

1) pH y Al intercambiable

En general el pH osciló entre 5,00 y 5,30, según la distancia. El promedio antes de la siembra fue de 4,88 y aumentó a alrededor de 5,20 en el segundo muestreo, 13 meses después de la siembra (Cuadro 8).También los valores de Al fueron similares entre distancias y en general parecidos a los resultados obtenidos al inicio y los 13 meses después de la siembra (Bogantes *et al.* 2006).

2) Bases Ca, Mg, K

Las cantidades de Ca, Mg y K entre distancias fueron parecidas con excepción del Ca en la parcela sembrada a 0,75 m entre planta (Cuadro 8). En general solo el K se ha mantenido estable desde el inicio. El Ca y el Mg descendieron sus niveles con respecto a

los mostrados hace 10 años (al inicio y a los 13 mds) (Bogantes *et al*. 2006).

3) P, Zn y Mn

La cantidad de P, Zn y Mn en este último muestreo, también fue similar entre distancias con excepción del Zn en la distancia a 0,75 m en la que bajó a 0,40 mg l^{-1} (Cuadro 8). El P mantuvo los niveles que mostró al inicio del estudio, a pesar de que en el segundo muestreo había bajado. Las cantidades de Zn y de Mn sí descendieron en el segundo y aún más, en este último muestreo (Bogantes *et al.* 2006).

4) N y materia orgánica (M.O.)

El N en el suelo fue similar entre distancias (Cuadro 8) y en general mantuvo sus niveles con respecto al muestreo inicial (Bogantes *et al.* 2006). Las cantidades porcentuales de materia orgánica (MO) no variaron mucho entre distancias (Cuadro 8), pero en general, bajaron como en un 1,5% con respecto a los promedios iniciales (Bogantes *et al.* 2006).

La estabilidad de las mediciones de N-P-K en el suelo a lo largo del tiempo (11años) concuerda con lo descrito por Soto *et al.* (2002), quienes demuestran que hay una rápida liberación de estos nutrimentos (K-P-N) derivada de los residuos de cosecha y el orden de esa liberación en su estudio fue N=K>P > Mg>Ca.

Soto *et al.* (2002) también estimaron que la cantidad de nutrimentos provenientes de los residuos de cosecha y potencialmente disponibles en base anual, oscila entre 93 y 107 kg ha^{-1} de N, 14 a 15 kg ha^{-1} de P, 90 a 116 de K, 19-23 de Ca y 13-14 de Mg. En el caso particular del fósforo (P), Boniche *et al.* (2008) determinaron que su adición con fertilizante, no afectó en forma importante el crecimiento de las plantas ni la producción de palmitos y recomiendan aplicarlo al suelo en plantaciones establecidas de 10 000 plantas ha^{-1} con una dosis de mantenimiento máxima de 30 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de P_2O_5.

Soto *et al.* (2002) estimaron que con un 19% de los residuos originales que se incorporan al suelo cada 48 semanas, es posible que una plantación de palmito de 16 años se encuentre cerca del punto de equilibrio, refiriéndose al N, P, K, Mg y Ca. En este mismo sentido Molina *et al.* (2002) estimaron que el 16% del P y K, así como, el 13% del Mg y el 12% del Ca se exportan del campo con la cosecha del palmito a dos cáscaras. De los residuos que permanecen en el campo el follaje contiene la mayor parte de nutrimentos que oscila entre 59% para K y P y 74% para N.

En este estudio y en el caso particular del Mg y de el Ca, parece que las cantidades incorporadas con los desechos más la fertilización química aplicada, no fueron suficientes para mantener un equilibrio en el suelo, dado los bajos niveles mostrados al final del período. Igual atención se le debe poner al Zn y al Mn, muy deficitarios, después de estos 11 años de producción.

Cuadro 8. Valores* en suelo de pH, Al, bases (cmol l^{-1}); P, Zn, Mn (mg l^{-1}); M.O. y N (%) según distancia de siembra y estrategia de control de malezas, en el segundo muestreo (13 mds), en pejibaye para palmito. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Distancia (m)	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	M.O.	N
0,25	5,00	0,35	2,00	0,60	0,41	5,00	0,70	4,00	3,59	0,15
0,50	5,00	0,45	1,70	0,50	0,30	5,00	0,80	5,00	3,61	0,15
0,75	5,30	0,30	4,10	0,90	0,27	4,00	0,40	5,00	4,19	0,21
1,00	5,10	0,40	2,10	0,80	0,31	6,00	0,60	4,00	3,89	0,16

*Valores reportados por el laboratorio de suelos del INTA-MAG

5) Microorganismos en el suelo

Las cantidades de UFC de hongos y bacterias, fueron muy bajas en las parcelas a 0,25 m y fueron aumentando conforme aumentó la distancia. Todo lo contrario, las cantidades de UFC de actinos en el suelo de las parcelas a 0,25 m, fueron mucho más altas que en las otras tres distancias (Cuadro 9). En general, las UFC de hongos bajaron con respecto al segundo muestreo hecho 13 mds, pero fueron similares con las del inicio del estudio (Bogantes *et al.* 2006).

Los actinos, bajaron mucho sus poblaciones con respecto al primer muestreo (con excepción de la parcela a 0,25). Solo en el segundo muestreo 13 mds esas poblaciones fueron muy superiores al muestreo inicial. Coincidimos con Ramírez (1996) en que las prácticas de manejo como las de este estudio, relacionadas con densidades, la cosecha y la deshija podrían afectar la actividad de los microorganismos de una manera directa, al alterar los parámetros físicos y químicos, tales como penetración de radiación y temperatura del suelo, humedad, aireación, estado de oxireducción, contenido y composición de gases del espacio poroso y accesibilidad a sustratos. También la actividad microbiana depende mucho más de la disponibilidad de carbono fácilmente accesible que es utilizado como fuente de energía (Espinoza 1996) y que en nuestro caso está en función de los residuos de cosecha y podrían variar con la densidad.

Cuadro 9. Promedio de UFC de hongos, bacterias y actinos según la distancia y estrategia de control de malezas en palmito al final del estudio. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Distancia (m)	Hongos UFC*10 e^4	Bacterias UFC*10 e^5	Actinos UFC*10 e^5
0,25	1,46	43,75	29,17
0,50	10,42	125,00	1,88
0,75	13,04	130,43	0,87
1,00	21,74	97,83	2,17

*Valores reportados por el laboratorio de Fitoprotección del INTA-MAG.

La descripción de los hongos que crecieron en medio de cultivo (jugos vegetales V8) correspondió a *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, *Geotrichum* sp, *Mucor* sp, *Choanephora* sp, *Trichoderma* sp. presentes en el suelo de las parcelas con la distancia a 0,25 m entre planta; *Phytophthora* sp, *Choanephora* sp, *Trichoderma* sp. en las parcelas con la distancia a 0,50 m; *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, *Geotrichum* sp, *Mucor* sp, *Blakeslea* sp,

Trichoderma sp. en la distancia a 0,75 m y *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, *Mucor* sp, *Trichoderma* sp. en las parcelas con plantas a 1m. En el caso de *Phytophthora,* es un hongo patógeno asociado con pudrición del cogollo en pejibaye (Vargas 1999). *Fusarium,* también es un hongo patógeno de follaje de palmito, asociado con "vena corchosa" (Vargas 1999) y relacionado con la bacteriosis del palmito (Mora *et al.* 2005). Los otros hongos son no patogénicos al palmito e incluso algunos son saprófitos (Vargas 2011[2]).

6) Lombrices en el suelo

El número de lombrices por muestra de 16 litros de suelo, varió entre distancias (P=0,005). La cantidad de las lombrices fue superior en el suelo de las parcelas a 0,25 m y disminuyó en forma curvilínea conforme aumentó la distancia entre plantas (Figura 6). Habría que estudiar más en detalle, estas diferencias de lombrices entre las densidades y su relación con el microambiente, propiciado por la densidad de las plantas y sus raíces, los residuos de cosecha, las especies de malezas y su cobertura. Las lombrices son anélidos pobladores del suelo y en alguna medida son parámetro de la salud del suelo. En banano, Agüero *et al.* (2002), atribuyen a la morfología de las malezas presentes (parte aérea y raíz) un rol importante en la conservación de la humedad del suelo y por ende en la cantidad de lombrices presentes o ausentes bajo cada especie. Se podría atribuir a la materia orgánica, un papel importante en las poblaciones de lombrices; sin embargo, Boschini *et al.* (2009) estimaron el peso vivo de las lombrices por unidad de área y lo correlacionaron con la materia orgánica incinerada (r=0,27) y con la materia orgánica titulable (r=0,08) y concluyeron, que esos valores de correlación entre el contenido de materia orgánica existente en el suelo y la población de lombrices, indican poca relación de causa-efecto entre ambas variables.

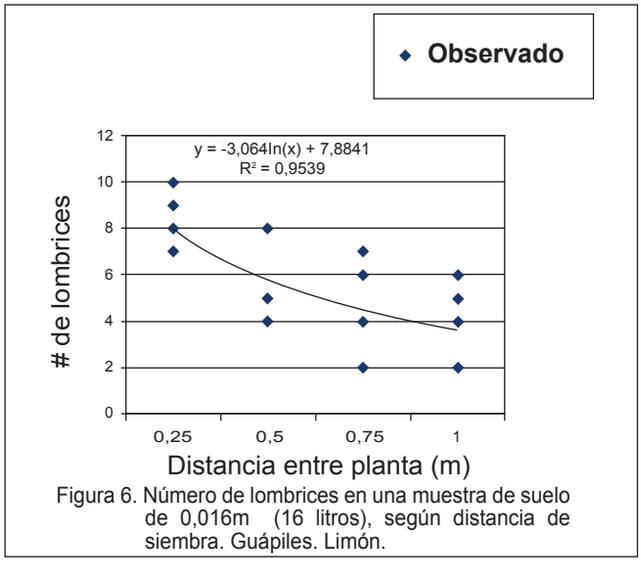


Figura 6. Número de lombrices en una muestra de suelo de 0,016m (16 litros), según distancia de siembra. Guápiles. Limón.

En términos generales la producción de palmitos fue superior en la distancia 0,25 m y descendió conforme aumentó la distancia. Es claro, que la variedad Diamantes 10, sin espinas, puede dar un mejor aprovechamiento del palmito caulinar en la industria si se corta más largo (más de 55 cm de longitud y con más de 9 cm de palmito caulinar). A mayor densidad de plantas hay mayor aporte de biomasa al sistema e independiente de la distancia de siembra por cada 100 kg de biomasa fresca cortados, 80 kg se incorporan

[2] Vargas L. 2011. Relaciones entre hongos identificados en suelo de parcelas de palmito. Laboratorio de Fitoprotección. INTA, San José, C.R. (comunicación personal).

al sistema (suelo) y 20 kg se van en el palmito extraído. En las parcelas con las plantas sembradas a 0,25 m entre sí, la cepa ya se había convertido casi que en un surco a los nueve años de edad. Se identificaron un total de 23 especies de arvenses, después de once años de sembrado el experimento y se evidenciaron cambios en la diversidad de las especies dominantes, comparando diferentes épocas de muestreo. Se notó estabilidad en las cantidades N-P-K en el suelo obtenidas al final del estudio, comparado con información de once años atrás.

Con base en los resultados de este estudio y las referencias de otros relacionados también con el palmito de pejibaye sin espinas, cultivar Diamantes 10, es importante que se considere esta variedad en los futuros proyectos nacionales de ampliación, renovación o resiembras de plantaciones de palmito.

Agradecimiento: A los miembros de la Fundación FITTACORI por el apoyo económico en las diferentes etapas de esta investigación.

LITERATURA CITADA

Agüero, R.; Rojas, S.; Pérez, L. 2002. Poblaciones de lombrices bajo seis estrategias de manejo de malezas en una plantación de banano. Agronomía Mesoamericana 13(1):25-29.

Arroyo, C.; Mora, U, J. 2002. Producción comparativa de palmito entre cuatro variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.). Agronomía Mesoamericana. 13 (2):135-140.

Arroyo, C.; Mora, U, J. 2002. Relación entre el desarrollo de la hoja guía y el peso del palmito foliar en pejibaye (*Bactris gasipaes* KUNTH). Agronomía Mesoamericana 14(2):157-164.

Bogantes, A.; Agüero, R. 2003. Dinámica y control de malezas en pejibaye para palmito (*Bactris gasipaes* K). Agronomía Mesoamericana. 14 (1): 41-49

Bogantes, A.; Agüero, R.; Mora, J. 2004. Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*): Distancias de siembra y manejo de malezas. Agronomía Mesoamericana. 15 (2):185-192.

Bogantes, A.; Agüero, R.; Mora, J.; Vargas, M. 2006. Distancias de siembra y manejo de malezas en pejibaye (*Bactris gasipaes*) para palmito: Efecto en el suelo y artrópodos. Agronomía Mesoamericana. 17(1):25-33.

Bogantes, A. 2007. Diferentes técnicas de manejo de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para palmito y su efecto en la producción, incidencia de la “bacteriosis” y del “picudo”. Revista Alcances Tecnológicos. 5(1):9-18.

Bogantes, A.; Hernández, M.; Mora, E. 2010. Herbicidas para el control de *Spermacoce tenuior* en papaya (*Carica papaya*) Agronomía Mesoamericana. 21 (1): 185-192.

Bogantes, A. 2010. Manual de Recomendaciones técnicas en el cultivo de de palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.). INTA. San José, Costa Rica. 15 p.

Boniche, J.; Alvarado, A.; Molina, E.; Ares, A.; Smyth, J .2008 Respuesta del pejibaye para palmito a la fertilización con fósforo en la zona Norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 32(1):31-54.

Boschini, C.; Chacón, A.; Araya J. 2009. Población de lombrices (*Oligochaeta: Annelida*) en una finca con bovinos lecheros, en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 20(1):91-99.

Chalá, V. 1991. Evaluación de 8 densidades de siembra de *Bactris gasipaes* H.B.K. para producción de palmito en la región amazónica ecuatoriana. In IV Congreso internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo. U.C.R. San José, Costa Rica. pp 255-265.

Chaimsohn, F. P.; Mora-Urpí, J.; Villalobos-R. E. 2007. Densidades de siembra arreglos

espaciales y fertilización en pejibaye (*Bactris gasipaes* cv 'DIAMANTES-10') para palmito. Agronomía Mesaoamericana 18(2):205-220.

Espinoza, J. 1996. Relación entre la fertilización mineral, la materia orgánica y los microorganismos del suelo. In X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. EUNED. pp 119-128.

Herrera, W. 1989. Fertilización del pejibaye para palmito. Serie técnica. Pejibaye-UCR. San José, Costa Rica. Boletín Informativo 1(2):5-10.

López, P G.; López, P J. 1995. Introducción al Micro-SAS: Aplicación al análisis de experimentos agrícolas. Unidad de Informática y Bioestadística. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119 p.

Molina, E.; Alvarado, A.; Boniche, J.; Smyth, T. 2002. Acumulación de biomasa y nutrimentos en plantaciones de palmito en Guápiles, Costa Rica. Agronomía Costarricense 26(2):53-62

Mora, J. 1989. Densidades de siembra para producción de palmito. Universidad de Costa Rica. Serie técnica Pejibaye 1. (1):10-12.

--------. 1999. Morfología (cap 1). Variedades (cap 2). Prácticas agronómicas de la araña (cap 5). In: Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) su cultivo e industrialización. San José, Costa Rica. Editorial U.C.R. pp 32-114.

--------. 2002. Presente y futuro del palmito en Costa Rica. Análisis y comentario. Agronomía Costarricense 26(2):95-100.

Mora, U.; Sánchez, E.; Wang, A.; Uribe, L.; Pizarro, L.; Chaimsohn, P.; Vargas, L.; Bogantes, A.; Mexzón, R.; Arroyo, C. 2005. Combate de la "bacteriosis" del palmito de pejibaye. Folleto técnico, CONICIT-UCR-INTA-PITTA PEJIBAYE. SIEDIN-UCR, Costa Rica. 22 p.

Ramírez, C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: Oportunidades en la Fitoprotección. In: X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. EUNED. p 81.

SEPSA. (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, CR). 2006. Boletín Estadístico Agropecuario Área de Estudios Económicos e Información. Boletín 17. pag 22-69.

Soto, G.; Luna, P.; Wagger, M.; Smyth, T.; Alvarado, A. 2002. Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrimentos en plantaciones de palmito en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 26(2):43-51.

Vargas. A. 1994. Evaluación de 8 densidades de siembra en pejibaye para palmito (*Bactris gasipaes* k.) en el Atlántico de Costa Rica. CORBANA 19 (42):11-16.

--------. 2000. La palmera de pejibaye (*Bactris gasipaes K)* y su cultivo en Costa Rica para la obtención de palmito. CORBANA, San José, Costa Rica 67 p.

Vargas, E. 1999. Principales enfermedades del palmito de pejibaye. Malezas, enfermedades y plagas (cap 6). In: Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) su cultivo e industrialización. Editores J. Mora y J. Gainza. San José, Costa Rica. Editorial U.C.R. pp 133-137.

Zamora, C. 1984. Densidades de siembra de pejibaye para palmito con tallo simple y tallo doble. In: Sexto Informe de labores 1983-1984. ASBANA. p 75-80.

MANEJO NO TRADICIONAL DEL CULTIVO DE ÑAME DIAMANTES 22 EN EL CARIBE DE COSTA RICA

Edgar Aguilar Brenes[1]

RESUMEN

Manejo no tradicional del cultivo de ñame Diamantes 22 en el Caribe de Costa Rica. Este estudio se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto de prácticas no tradicionales sobre el rendimiento del cultivo de ñame *Dioscorea alata* var. Diamantes 22. La primera fase del experimento consistió en la producción de semilla entera, para lo cual se estableció una parcela en la Estación Experimental Los Diamantes. El área de siembra fue de 1500 m^2 utilizando secciones de tubérculos de ñame Diamantes 22 con pesos que oscilaron entre 40 y 60 gramos por unidad. Esta cosecha tuvo una producción de 12 000 tubérculos pequeños con un peso promedio de 150 gramos, los cuales se utilizaron para la segunda fase del ensayo, conjuntamente con semilla proveniente de una finca comercial, la cual se fraccionó en trozos con un peso comprendido entre los 150 y 200 gramos, dado que cortar las raíces es una característica del sistema de producción tradicional. La continuación del estudio se llevó a cabo en fincas de productores ubicadas en los distritos de la Rita y Cariari del cantón de Pococí. Se establecieron cuatro parcelas con dos tratamientos: manejo tradicional y manejo no tradicional, cada tratamiento tuvo un área de 1000 m^2 y cuatro repeticiones. Se evaluaron las variables número y peso de tubérculos totales comerciales y de desecho. Se utilizó la prueba de “t Student” para el análisis estadístico. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas. La variable que presentó diferencias significativas (p=0,04) fue el peso de tubérculos de desecho y favorece el manejo tradicional con un valor de 0,52 kg/m comparado con 0,30 kg/m correspondiente al manejo no tradicional. El estudio de costos parciales mostró que el manejo tradicional superó en ¢33 580,00/ha al manejo no tradicional. Se concluye que un sistema de producción de ñame utilizando el método no tradicional; en el cual se utilizan prácticas orgánicas: disminuyen los costos, la contaminación por residuos, provee un ambiente más equilibrado y favorece la aparición de organismos benéficos para el cultivo.

Palabras clave: *Dioscorea alata* var. Diamantes 22, tubérculo, raíces tropicales.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de raíces tropicales se incrementó en Costa Rica en la década de los 80, con la iniciativa de la Cuenca del Caribe, principalmente con la exportación de ñame y yuca. Para el primer cultivo se han desarrollado tres zonas de importancia como son, Huetar Norte, Brunca y Huetar Atlántica, donde se ubica el 60% de la producción nacional. Las áreas de siembra han presentando variantes pero con una tendencia al alza. Para el año 2012 se estima que en el país existirá un área de siembra de 1200 hectáreas con la participación de aproximadamente 600 productores con un promedio de dos hectáreas cada uno.

Las raíces tropicales tendrán una función muy importante en la alimentación del mundo durante las próximas décadas. Para el año 2020, más de 2000 millones de personas de Asia, África y América Latina dependerán de estos cultivos como fuente de alimento, forraje

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA, Costa Rica. eaguilar@inta.go.cr.

o ingresos. Para los hogares rurales, el valor de las raíces y tubérculos reside en su capacidad de producir más energía digerible por hectárea por día que cualquier otro producto básico, y en su capacidad de seguir produciendo en condiciones donde otros cultivos no se desarrollan (CIP 1999).

El cultivo de ñame pertenece al orden Dioscoreales, familia Dioscoreaceae, la cual contiene seis géneros; *Dioscorea* es el más importante con 600 especies identificadas de los cuales solamente hay 12 especies comestibles (Melgar 2006). Este cultivo es una de las raíces comestibles de mayor potencial económico y alimenticio que produce Costa Rica. Se cultiva tanto para consumo nacional como para la exportación, siendo comercializado en mercados como New York y Florida. Dentro de las especies comestibles, la que más se cultiva es la especie *D. alata*, con fines de exportación y en menor grado la especie *D. trífida.*

En Costa Rica se tiene poco conocimiento sobre el cultivo de ñame, razón por la cual se ha limitado el aumento de áreas en Costa Rica; no obstante, con rendimientos de 15 t/ha y con precio de venta de ¢400/kg, puede generar un ingreso neto de ¢3 000 000/ha (Aguilar 1991).

El uso de soportes vivos, funcionan como instrumento para el control microclimático; se pueden modificar los procesos de balance y distribución de la radiación solar dentro de la plantación, el balance de energía, la intercepción y distribución del agua, la circulación de dióxido de carbono, humedad del suelo, aire y temperatura (Acosta 2000); logrando incrementar los rendimientos en comparación con la práctica de no usar soportes o usar soportes muertos (Ruiz 2003). Díaz *et al*. (2005) mencionan que dicha práctica permite el uso de maíz con ñame alcanzando rendimientos de 1,5 toneladas de maíz y 15 toneladas en ñame con incrementos de 50% y 25% respectivamente.

El cultivo de ñame no escapa al ataque de plagas y enfermedades, destacándose el nematodo fitoparásito *Pratylenchus sp*. que produce agrietamiento y apariencia carbonosa de la cáscara del tubérculo, así como daños físicos tales como: deformaciones, agallas, que lo hacen inaceptable para la exportación. Las heridas provocadas en los tubérculos son puntos de entrada de una serie de enfermedades secundarias, que aceleran su deterioro (Aguilar 1991). Además en el manejo tradicional del cultivo, el recurso suelo se ve afectado por un uso excesivo de productos químicos que conjuntamente con las fuertes precipitaciones en los suelos desnudos; que caracterizan el caribe costarricense, promueve pérdidas de nutrientes por lixiviación; así como una disminución de la actividad microbiana. Por lo tanto la aplicación de prácticas orgánicas como el uso de cobertura vegetal, aplicación de fertilizantes orgánicos, control biológico, podría restablecer el ecosistema (Zwart *et al.* 2005). La capacidad de retención del agua y nutrientes se incrementa gracias al alto nivel de materia orgánica y a la cobertura permanente del suelo. Los microorganismos poseen una base sólida de alimentación y crean una estructura estable en el suelo (FAO 2003).

El objetivo de este estudio fue comparar el uso de prácticas de producción no tradicionales con las prácticas tradicionales en el cultivo de

Cuadro 1. Análisis de suelo del área de ñame (*Dioscorea alata)* variedad Diamantes 22 y su efecto en el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La primera fase (producción de semilla entera) de este ensayo, se estableció en la Estación Experimental Los Diamantes, distrito de la Rita, cantón Pococí, provincia de Limón. El propósito fue obtener semilla entera para establecer las parcelas de la segunda fase del ensayo correspondiente al método no tradicional. Se procedió a rastrear el terreno y alomillarlo. Una vez preparado el terreno se llevó a cabo la preparación de la semilla, utilizando secciones de tubérculos de ñame Diamantes 22 con un peso comprendido entre 40 y 60 gramos de la sección media del tubérculo. Se curó el material con carbonato

de calcio, colocándolo en un costal y luego agitándolo para que se impregnara totalmente. Dos días después se sembró la semilla a una distancia de 15 cm entre golpes y tres hilera por lomillo, los cuales se encontraban a una distancia de 1,5 m entre ellos; en un área total de 1500 m².

En esta parcela de multiplicación de semilla de ñame se cultivó sin soporte para favorecer el desarrollo de tubérculos pequeños, además, se realizaron tres deshierbas manuales, se utilizó un control preventivo de enfermedades y plagas con *Trichoderma spp* y se incorporaron 300 kg de un tipo de compost cuya composición se presenta en el Cuadro 3.

Para el método tradicional se utilizaron tubérculos procedentes de una finca comercial, los cuales se fraccionaron en trozos con un peso comprendido entre los 150-200 gramos, dado que segmentar el tubérculo es una característica de este sistema de producción.

Cuadro 1. Análisis de suelo del área de producción de semilla entera. Pococí, Limón

Cmol (+) / L					µg / ml				
pH H_2O	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
4,9	1,5	3,3	0,8	0,12	4	1,0	53	2	96

Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Abonos Orgánicos, INTA 2012.

Durante la segunda fase (establecimiento y evaluación de parcelas experimentales), se establecieron cuatro parcelas en cuatro fincas comerciales de ñame.

En cada finca se seleccionaron dos áreas de 1000 m², donde se asignaron los dos tratamientos, el método tradicional y el método no tradicional.

Cuadro 2. Resultado del análisis de suelo antes de la siembra en las fincas comerciales de ñame. Pococí, Limón. 2010.

	cmol (+) / L					µg / ml					
Finca	pH	AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	Textura
1	5,8	0,25	7,1	1,6	0,49	8	0,8	3	4	51	FAL-AL
2	6,1	0,15	0,8	0,3	0,11	3	0,5	3	2	32	FAL-
3	5,9	0,15	1,8	0,4	0,59	3	0,4	3	4	33	FAL-FL
4	5,2	0,90	3,6	0,9	0,22	7	0,8	54	2	99	F

Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Abonos Orgánicos, INTA 2012.

Descripción del método tradicional utilizado en el cultivo de ñame

Semilla

Se utilizaron tubérculos procedentes de la finca de un productor; los cuales se fraccionaron en trozos con un peso comprendido entre los 150-200 gramos, posteriormente, se trataron con TCMTB (2-(Thiocyanomethylthio benzothiazole).

Siembra de la semilla.

Una vez seca la semilla, se procedió a realizar la siembra abriendo huecos con espeque a una distancia de 0,25 m entre semillas y a 1,50 m entre lomillos.

Establecimiento del soporte

El soporte se estableció utilizando maíz híbrido H5 para la producción de elote, a razón de dos semillas por golpe a una distancia de un metro entre golpes.

Combate de malezas preemergentes

El herbicida (triazina) se aplicó a razón de 300 ml/parcela experimental. Para el combate de gramíneas se utilizó fluazifob-butil a 200 ml/parcela.

Fertilización

La fertilización se realizó a los 22 días de sembrado con 30 kilogramos de 10-30-10/ parcela experimental, aplicado en bandas sobre el lomillo y a los tres meses se aplicaron 30 kg/parcela experimental de la fórmula 15-3-31.

Combate de antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*).

Para este fin se aplicó benomyl a razón de 90 gramos /parcela experimental.

Descripción del método no tradicional

Siembra de Mucuna

Inicialmente se sembró Mucuna *(Mucuna* spp) a una distancia de un metro entre plantas y 1,5 m entre lomillos para dos semillas por golpe.

Chapia de Mucuna

A los tres meses se chapeó la Mucuna, dejando el material sobre los lomillos.

Siembra de la semilla

Para la siembra se utilizó la semilla entera de ñame obtenida en la primera fase del estudio, la cual tuvo un rango de peso entre 150 y 200 gramos, a una distancia entre plantas de 0,25 m.

Aplicación de compost

Antes de la siembra de la semilla de ñame y a los dos meses después de la misma se aplicaron 300 kg de compost (Cuadro 3).

Siembra del soporte

El maíz hibrido H5 se sembró a dos semillas por golpe a una distancia de un metro entre plantas y a 1,5 entre hileras, quince días antes de la siembra de ñame.

Deshierbas manuales

Después de las deshierbas manuales se aplicó *Trichoderma* spp a razón de 200 gramos/parcela experimental en tres momentos durante el ciclo del cultivo para disminuir el riesgo de ataque de enfermedades.

Cuadro 3. Análisis del compost. Pococí, Limón, 2010.

Hum.	M.O	C.O	N	C/N
47,33	58,90	39,98	0,77	51,90

Laboratorio Protección de Cultivos, INTA 2012.

Variables a evaluar

1. Número de tubérculos comerciales
2. Peso de tubérculos comerciales
3. Número de tubérculos de desecho
4. Peso de tubérculos de desecho
5. Número de tubérculos totales
6. Peso de tubérculos totales

Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando la prueba de “t Student“, se compararon las medias para cada tratamiento. Cada una de las parcelas se consideró como una unidad de muestreo para la prueba. Se utilizó el procedimiento Proc T Test del programa SAS (SAS 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de tubérculos comerciales por metro lineal

Los valores promedio obtenidos para la cantidad de tubérculos comerciales o de exportación producidos para ambos tipos de manejo, fueron similares; no hubo diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de “t Student” (Figura 1). Esta variable

es de gran importancia en el cultivo de ñame dado que afecta directamente los ingresos del productor.

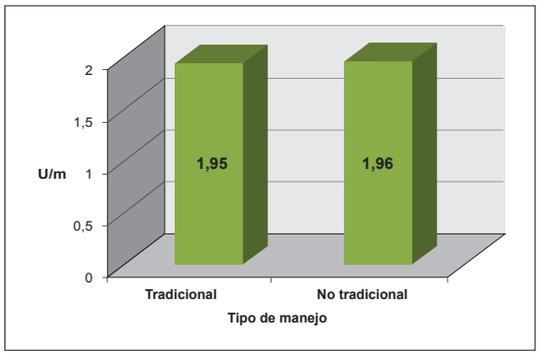


Figura 1. Número de tubérculos comerciales según tipo de manejo Pococí, Limón, 2010.

Peso de tubérculos comerciales por metro lineal

Los resultados indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de "t Student" (Figura 2). El peso de los tubérculos comerciales o de exportación, conjuntamente con el número de tubérculos comerciales por metro lineal (variable anterior) son de suma importancia para el productor de ñame ya que define la cantidad de producto para la exportación. Se puede inferir que el estándar de exportación de este cultivo no se vio afectado por el cambio en las prácticas agrícolas del método no tradicional. Sin embargo las prácticas orgánicas utilizadas en el método no tradicional, favorecen la conservación de los recursos renovables y no renovables, lo cual protege el ambiente, la inocuidad de los alimentos y por lo tanto la salud de las personas (Soto y Muschler 2001).

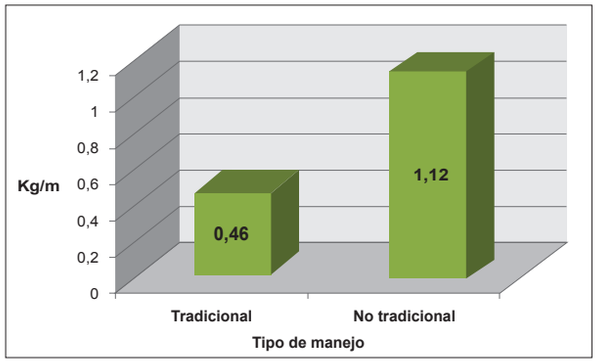


Figura 2. Peso de tubérculos comerciales según tipo manejo. Pococí, Limón, 2010.

Número de tubérculos de desecho

Respecto a esta variable los resultados demuestran que los valores promedio para ambos tipos de manejo fueron similares. La prueba de "t Student" demostró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 3).

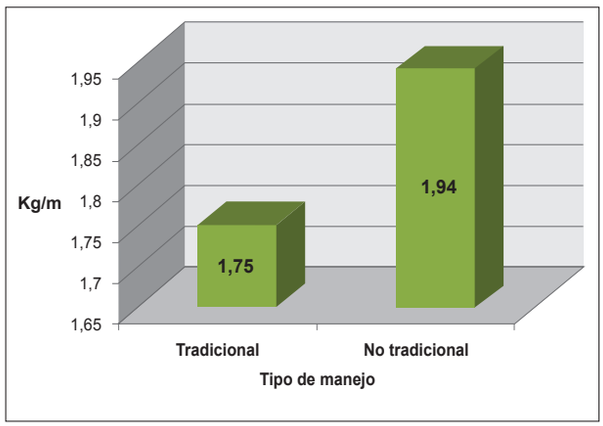


Figura 3. Número de tubérculos de desecho según manejo. Pococí, Limón, 2010.

Peso de tubérculos de desecho

La variable peso de tubérculos de desecho presentó valores promedio de 0,52 kg/m contrastado con 0,30 kg/m para el manejo tradicional y no tradicional respectivamente. Según la prueba "t de Student" hubo diferencia significativas entre tratamientos (p=0,04) (Figura 4). Este aspecto es una

desventaja para el método tradicional ya que la presencia de mayor peso de tubérculos de desecho afecta el potencial del cultivo para la exportación; dado que los tubérculos de desecho se utilizan solamente para consumo local o para semilla y lo que se pretende es producir para la exportación, lo cual favorece los ingresos del productor y por lo tanto su calidad de vida[2].

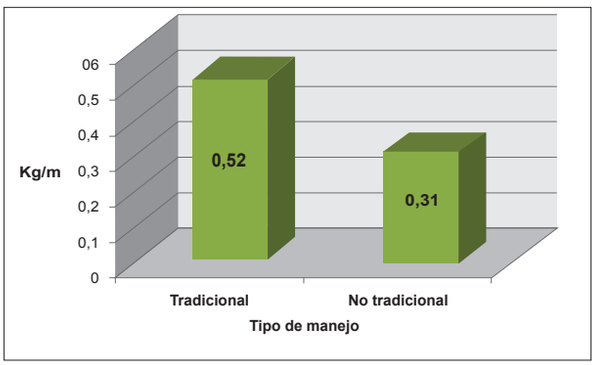


Figura 4. Peso de tubérculos de desecho según manejo. Pococí, Limón, 2010.

Número de tubérculos totales

Los resultados indican que el total de tubérculos por metro lineal para ambos sistemas de producción es similar; no hubo diferencias significativas según la prueba "t de Student" (Figura 5).

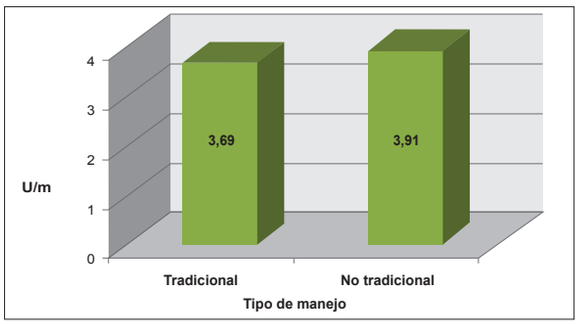


Figura 5. Número de tubérculos totales según manejo. Pococí, Limón, 2010.

Peso de tubérculos totales

El peso total de los tubérculos producidos por metro lineal en ambos tipos de manejo fue semejante. No se presentaron diferencias significativas según la prueba "t de Student (Figura 6). Los resultados indican que los rendimientos por hectárea fueron de aproximadamente 6,5 y 9,5 toneladas métricas para el manejo tradicional y no tradicional respectivamente. Alvarado 2012[3] reporta rendimientos de 8 a 10 t/ha para la zona del Caribe costarricense; mientras que en Colombia se reporta un rendimiento mundial de 9,5 t/ha (MADR 2000).

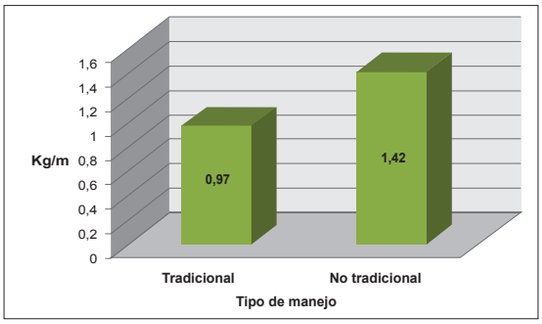


Figura 6. Peso de tubérculos totales según manejo. Pococí, Limón, 2010.

Costos parciales

El manejo no tradicional del ñame presenta un menor costo de producción que el manejo tradicional; el único rubro superior es la fertilización; sin embargo la diferencia en costo total es de ₡3358,00/1000 m^2. Uno de los aspectos que ocasiona mayor costo en el manejo tradicional es el combate de enfermedades y plagas (Cuadro 4). El cultivo de ñame presenta alto riesgo de ser atacado por plagas; esto se debe principalmente a que es un tubérculo que se encuentra dentro del suelo y además es rico en carbohidratos (Moreno y Martínez 2012). La posibilidad de que una plantación se pierda por el ataque de enfermedades, ocasiona que los productores utilicen gran cantidad de agroquímicos disponibles en el mercado, y aumenten los costos de producción del cultivo hasta alrededor de ¢3 000 000/ha.

Esta condición se agrava cuando el ñame

[2]Alvarado, M. 2012. Tubérculos de desecho. Entrevista. FOPRORCA-Pococí-Costa Rica. Comunicación personal.

[3] Alvarado, M. 2012. Producción de ñame por hectárea. Entrevista. FOPRORCA-Pococí-Costa Rica. Comunicación personal.

es cultivado en los suelos de la zona del Caribe de Costa Rica, donde la alta humedad, la temperatura y los suelos arenosos promueven la manifestación de ataque de nematodos y de antracnosis, enfermedad que afecta severamente el follaje de la planta.

Cuadro 4. Costos parciales por 1000 m^2 para los dos tipos de manejo evaluados. Pococí, Limón, 2010.

ACTIVIDAD	Manejo tradicional		Manejo no tradicional	
Soportes	Caña brava	₡18 000	Maíz 2 kg	₡5600
Fertilización	10-30-10 15-3-31	11 880 11 160	Compost 400 kg	32 000
Control de hierbas	Oxifluorfen Haloxyfop -methyl Glifosato	2490 2050 1098	Canavalia 2 kg	4000
Control de enfermedades	Azoxystrobin	11 160	*Trichoderma spp* 500 g	1000
Costo total		₡45 958,00		₡42 600,00
Diferencia	₡3358,00/1000 m^2			

Se concluye que un sistema de producción de ñame utilizando el método no tradicional; en el cual se utilizan prácticas orgánicas: disminuyen los costos, la contaminación por residuos, provee un ambiente más equilibrado y favorece la aparición de organismos benéficos para el cultivo.

LITERATURA CITADA

Acosta, M. 2000. Manejo integrado de la antracnosis causada por *Colletotrichum* sp.,en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata L*) Darién. IDIAP. Panamá. Plegable.

Aguilar, E. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Investigación y Extensión Agropecuaria. San José, Costa Rica. 485 p.

CIP (Centro Internacional de la Papa). Perú. 1999. Raíces y tubérculos en el sistema alimentario mundial: visión al 2020. Informe anual.

Díaz, M.; Romero A.; Herazo L. sf. Desarrollo de sistemas integrados de producción para economía campesina, (en línea). Colombia. Consultado 5 ene. 2012. Disponible en http:/ www.agronet.gov.co/.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura). Roma. 1999. La agricultura orgánica. La demanda de productos orgánicos ha creado nuevas oportunidades de exportación para el mundo en desarrollo. Roma. 10 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura). Roma. 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria, (en línea) Roma. Consultado 10 set. 2012. Disponible en: http:// www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s00.htm.

MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). Colombia. 2000. Manual del Exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos. (En línea). Consultado 19 de junio. 2013. Disponible en: http://interletras.com/manualCCI/fuentes_consultadas.htm.

Melgar, C. M. 2006. Guía del Cultivo de Ñame, cv. Diamantes 22, (en línea). Costa Rica. Consultado 10 set. 2012. Disponible en: http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/tuberculos/name.htm

Moreno, F.; Martínez, A. 2012. Guía práctica para el manejo orgánico del cultivo de ñame. Colombia. Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo. 48 pag.

Ruiz, E. E. 2003. Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata*) en diferentes densidades de siembra y soportes vivos de madero negro ([*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp y su rentabilidad en Azuero, Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). no.62:101-105.

SAS Institute Inc. 1991. APPLIED STADISTIC AND THE SAS PROGRAMING LANGUAGE. Cary. North Caroline. 401 pp.

Soto, G.; Muschler, R. 2001. Agricultura orgánica. Génesis. Fundamentos y situación actual de la Agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62. P. 1 0 1 - 1 0 5.

Zwart, M.A.; Rojo, J.M.; De la Cruz, R.; Yeomans, J. 2005. Coberturas y la salud del suelo. Universidad EART Limón, Costa Rica. Tropical. 1(1):9-20.

INFORMACIÓN TÉCNICA

BALANCE DE NITRÓGENO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE ESPECIALIZADO

Johnny Montenegro Ballestero[1]

RESUMEN

Balance de nitrógeno en un sistema de producción de leche especializado. El nitrógeno es un elemento que es asociado con el nivel productivo logrado en cualquier actividad agrícola; el sector lechero aplica grandes cantidades (hasta 500 kg de N ha^{-1} a^{-1}) para estimular el crecimiento de los pastos y poder utilizar alta carga animal. Una cantidad importante del nitrógeno presente en el pasto consumido por las vacas en pastoreo es nuevamente retornado al suelo, y absorbido por las raíces de los pastos. Esta condición se presenta en todas las pasturas, reciban o no fertilizante nitrogenado. Debido al alto costo de los fertilizantes nitrogenados se ha disminuido su aplicación, y dado que el reciclaje de este nutriente se convierte en la fuente más importante, se requiere conocer la magnitud del nitrógeno reciclado. El objetivo de la investigación fue determinar la cantidad de nitrógeno reciclado por vacas lecheras en pastoreo en una finca donde no se aplicaba fertilizante nitrogenado a las pasturas. Se utilizaron datos de una finca con pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) pastoreado con 23 vacas Holstein (450 kg de peso vivo, y 10 kg de leche $vaca^{-1}$), con ciclos de uno y 30 días de ocupación y de descanso. Las vacas consumían 35 kg de verdura de desecho, 2,6 kg MS de concentrado por día, y 1,2 kg MS de pasto picado. Muestras de los alimentos proporcionados se analizaron en el laboratorio de piensos y forrajes del INTA para obtener los contenidos de nitrógeno. Con estos datos se calculó el nitrógeno total consumido diariamente por vaca. También se estimó la cantidad de heces y orina producidos; con base en la concentración de nitrógeno en ellos se calculó la cantidad de nitrógeno excretado. Adicionalmente se consideró el contenido de proteína en la leche producida. Los resultados mostraron que el reciclaje de nitrógeno que realizan las vacas es muy significativo ya que el mismo equivale a la aplicación de 17,9 kg de nitrógeno por hectárea por año para cada una de las vacas presentes en la finca.

Palabras clave: reciclaje de nitrógeno, vacas Holstein, heces y orina.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno normalmente es asociado con el nivel productivo logrado en cualquier actividad agrícola, existiendo una relación positiva en el sentido de que a mayor cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado mayores son los rendimientos a obtener. Sin embargo, este elemento presenta normalmente baja eficiencia de utilización, principalmente en el trópico entre otros debido a los frecuentes y grandes eventos lluviosos que provocan la pérdida de nitrógeno por escorrentía y lixiviación debido a que el nitrógeno es hidrosoluble.

El nitrógeno es un elemento que se usa mucho en el sector lechero costarricense donde se aplican grandes cantidades (hasta 500 kg de N ha^{-1} a^{-1}) para estimular el crecimiento de los pastos y poder utilizar alta carga animal en ciclos de pastoreo inferiores a 30 días (Montenegro y Abarca 2001). Lo anterior es debido a que estos sistemas de producción intensivos dependen de la producción de biomasa de los pastos para alimentar a las vacas en pastoreo. Sin embargo, debido al costo incremental de este insumo, durante los últimos años se ha reducido significativamente la cantidad aplicada y en muchas fincas se ha

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica.
Convenio: INTA-Instituto Meteorológico Nacional, IMN. Costa Rica. jmontenegro@inta.go.cr, jmontenegro@imn.ac.cr.

dejado de fertilizar.

Bajo estas condiciones de no fertilización nitrogenada se requiere cuantificar las entradas de este nutriente, y cuánto se está reciclando, ya que ello constituye la principal fuente de nitrógeno para ser utilizada por la especie de pasto para su crecimiento y la producción de biomasa que será consumida por las vacas en pastoreo en un sistema especializado de producción de leche.

Por lo expuesto anteriormente, se realizó la presente investigación con el objetivo de determinar la cantidad de nitrógeno reciclado por vacas lecheras en pastoreo en una finca donde no se aplica fertilizante nitrogenado a las pasturas.

La información generada podría servir, entre otros aspectos, también para explicar la emisión de óxido nitroso en sistemas de producción de leche donde no se aplica fertilizante a las pasturas, particularmente donde se utiliza pasto kikuyo bajo pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta evaluación se utilizaron datos de una finca comercial de ganado de leche ubicada en el cantón de Vázquez de Coronado, distrito Jesús, con un promedio de precipitación anual de 2450 mm y una temperatura media de 18 °C.

La finca se ubica a 2438 msnm y en su totalidad está cubierta de pasto kikuyo y no se le aplica fertilizante nitrogenado. Es pastoreada con vacas Holstein a una carga animal de 5,1 UA ha^{-1}, con ciclos de un día de ocupación y 30 días de descanso. La alta carga animal se explica por el suministro diario, a la hora del ordeño, de aproximadamente 35 kg de verdura fresca que proviene del desecho de grandes cadenas de supermercados del área metropolitana. Adicionalmente también se suministran 2,6 kg MS de concentrado por vaca por día, y regularmente también se ofrece aproximadamente 1,2 kg MS de pasto gigante (*Pennisetum purpurem*) picado por día.

La finca maneja un total de 23 vacas en ordeño, y para la presente investigación se estimó un peso promedio de 450 kg de peso vivo, y una producción promedio de leche diaria de 10 kg $vaca^{-1}$. La información de la producción láctea se calculó del recibo de la leche que extiende la empresa comercial que recoge este producto en la finca.

De los alimentos proporcionados se recogieron muestras que se analizaron en el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA, ubicado en el Alto de Ochomogo; en el caso del concentrado se utilizó la información registrada en la etiqueta comercial del mismo, del cual se promedió el consumo total por semana para estimar el consumo diario promedio por animal por día.

En el caso de los residuos vegetales, para obtener el consumo y dado que a cada vaca se le proporciona una cubeta llena con este alimento, se pesaron varias cubetas llenas para obtener el peso promedio correspondiente; el mismo procedimiento se realizó con el pasto picado. Debido a que el consumo de alimentos proporcionados al momento de los ordeños fue de 100%, por diferencia se estimó la cantidad de pasto consumido en los apartos.

Con base en trabajos previos de investigación se asumió que:

1- Debido a que el consumo de materia seca presenta un rango entre 2,2% y 4,4% del peso vivo (Castro *et al.* 2009, León *et al*. 2008), se consideró un valor promedio de 3,5%.

2- La leche tiene un contenido proteico del 3,0%.

3- En el caso de los residuos vegetales, fuente netamente energética, se asumió un contenido de proteína de 1%.

4- El nitrógeno total excretado se calculó de acuerdo con Elizondo (2006).

5.- La producción de heces se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

PH=[(CPP*(1-DMSPP)/100)+(CPPi*(1-DMSPPi)/100)+(CC*(1-DMSCC)/100)+(CV*1-DMSCV)/100]*(MSH/100)

Donde:

PH: producción de heces, kg MS vaca^{-1} día^{-1}
CPP: consumo de pasto de piso, kg MS vaca^{-1} día^{-1}
DMSPP: digestibilidad de la materia seca del pasto de piso
CPPi: consumo de pasto picado, kg MS vaca^{-1} día^{-1}
DMSPPi: digestibilidad de la materia seca del pasto picado
CC: consumo de concentrado, kg MS vaca^{-1} día^{-1}
DMSCC: digestibilidad de la materia seca del concentrado
CV: consumo de verduras, kg MS vaca^{-1}día^{-1}
DMSCV: digestibilidad MS de las verduras
MSH: materia seca de las heces

La digestibilidad de los alimentos consumidos se estimó basándose en valores comúnmente reportados en la literatura, y se realizó para cada uno de los alimentos proporcionados.

6.- La producción de orina se estimó de acuerdo con Castro *et al*. (2009) y León *et al.* (2008).

7.- No se incluye en el cálculo la cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas nativas (las cuales no se observan en la finca) ni el proveniente de la deposición atmosférica. Tampoco se hace estimación alguna del nitrógeno que se mineraliza en el suelo.

Finalmente, los datos mostrados en la sección de resultados se refieren a una vaca promedio, dado que en la finca de donde proceden los datos las vacas en producción se encuentran en diferentes momentos de lactancia, pero todas reciben iguales condiciones de manejo y alimentación ya que se manejan como un grupo homogéneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de proteína cruda

La composición química de los alimentos consumidos por las vacas en la finca donde se realizó esta evaluación mostraron niveles adecuados de proteína cruda para el caso del pasto de piso (Cuadro 1), el mismo es superior al nivel recomendado por el NRC (2001). Los restantes componentes de la dieta animal presentan valores normales para el tipo de alimento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda (PC,%) de los alimentos consumidos por las vacas productoras de leche. Coronado, Costa Rica. 2012.

Tipo de alimento	PC, %
Pasto de piso	15,8±0,8
Concentrado*	16
Pasto picado	5,0
Residuos vegetales	1

* Se utilizó la información de la etiqueta del producto comercial

Consumo de materia seca

De acuerdo con el consumo estimado en base seca, como porcentaje del peso vivo, la mayor proporción de éste se presenta durante el pastoreo, aportando el concentrado y los residuos vegetales una parte considerable de la dieta total (Cuadro 2). El consumo total estimado relativo al peso vivo promedio de las vacas en pastoreo está dentro de los valores de consumo normales, e inclusive inferiores, a los reportados por otros investigadores (León *et al*. 2008, Castro *et al.* 2009) quienes determinaron valores superiores a 4%.

Cuadro 2. Consumo diario, kg de MS vaca^{-1}, de los diferentes componentes de la dieta. Coronado, Costa Rica. 2012.

Tipo de alimento	Materia seca, kg vaca^{-1} día^{-1}
Pasto de piso	9,8
Concentrado	2,8
Pasto picado	0,4
Residuos vegetales	2,8
Total	15,8
Porcentaje del peso vivo	3,5

Consumo de nitrógeno

De acuerdo con el consumo estimado de materia seca, y utilizando los supuestos y valores obtenidos en los análisis químicos de los alimentos, se calculó el consumo de nitrógeno por vaca por día (Cuadro 3). El pasto de piso y el concentrado aportan la mayor parte de este nutriente (72% y 26% respectivamente). El pasto picado aporta muy poco debido a su bajo contenido proteico (Cuadro 1) y a que lo ofrecido diariamente de este alimento es muy poco (Cuadro 2). Se estima que los residuos vegetales aportan más que el pasto picado debido a la cantidad consumida de este alimento (Cuadro 2).

Cuadro 3. Estimación del consumo diario de nitrógeno, gramos por vaca, proveniente de diferentes componentes de la dieta. Coronado, Costa Rica. 2012.

Componentes de la dieta	Consumo de N, g día^{-1}
Pasto de piso	200,2
Concentrado	71,3
Pasto picado	2,8
Residuos vegetales	4,5
Total	278,8

En total las vacas estarían consumiendo diariamente un promedio aproximado de 279 gramos de nitrógeno para cubrir sus necesidades productivas y de mantenimiento (Cuadro 3). Esta cantidad es similar a la que se puede calcular utilizando las tablas del NRC (2001), y muestra que el consumo de este nutriente es adecuado para las condiciones productivas y corporales de las vacas que se manejan en la finca evaluada.

Reciclaje de nitrógeno

El nitrógeno reciclado por las vacas en pastoreo, así como el exportado en la producción animal se resume en el Cuadro 4. En la producción de leche se estimó que se encuentra el 21% del total del nitrógeno consumido. Este valor es congruente con otros trabajos de investigación los cuales señalan que normalmente el contenido de nitrógeno en la leche se ubica en un rango entre 20% y 30% del total consumido (Moorby y Theobald 1999).

La mayor salida de nitrógeno se presenta en las excretas (orina y heces), donde se estimó el 79% del total del nitrógeno ingerido, y el cual es reciclado ya que el mismo es depositado en los diferentes apartos donde las vacas diariamente pastorean.

De acuerdo con los cálculos realizados, estos muestran claramente como el reciclaje de este nutriente es importante, y se convierte en una fuente significativa de nitrógeno para las pasturas, las cuales al no recibir fertilizante químico, dependen en buena medida de este aporte de nitrógeno para mantener el crecimiento y producción de biomasa. Este nitrógeno reciclado también tiene un rol muy importante en la generación de óxido nitroso, un potente gas con efecto invernadero, tal y como ha sido reportado por Montenegro y Herrera (2012).

Cuadro 4. Estimación del contenido de nitrógeno, g vaca^{-1} día^{-1}, en la leche producida, heces y orina excretada por las vacas. Coronado, Costa Rica. 2012.

Componente	N, g día^{-1}	Porcentaje del consumido
Leche	57,6	21
Orina	117,9	42
Heces	103,1	37
Total	278,6	100

Balance de nitrógeno

El balance final de nitrógeno muestra que la cantidad de nitrógeno reciclado por una vaca en pastoreo (Cuadro 5), en la finca evaluada, constituye un aporte importante del nutriente para el crecimiento y producción de biomasa de la pastura. Es importante mencionar que la cantidad de nitrógeno reciclado por una vaca en pastoreo, dependiendo de la fuente de nitrógeno utilizada, es equivalente a aplicar entre 38 y 53 kg de fertilizante en una hectárea de pasto.

Cuadro 5. Balance de nitrógeno en un sistema de producción de leche sin fertilización nitrogenada al pasto. Coronado, Costa Rica. 2012.

Balance final	Nitrógeno
Total consumido, g N d^{-1}	278,8
En leche, g N d^{-1}	57,6
En excretas, g N d^{-1}	221,0
Total reciclado, kg N ha^{-1} a^{-1}	17,9

De acuerdo a los datos mostrados en la presente investigación, si se considera que 71,3 gramos de nitrógeno consumidos provienen del concentrado, una fuente alimenticia externa a la finca, y que la producción de leche diaria (promedio) exporta un total de 57,6 gramos de ese nitrógeno, la diferencia del nitrógeno consumido proveniente del concentrado (13,7 g de nitrógeno) podría estar siendo reciclado y adicionado al suelo de las pasturas lo cual constituye una fuente importante de este nutriente para sostener la producción de biomasa de la pastura.

LITERATURA CITADA

Castro, E.; Mojica, J.; León, J.; Pabón, M.; Carulla, E. 2009. Balance de nitrógeno en pasturas de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. Revista Corpoica-Ciencia y tecnología agropecuaria 10:91-101.

Elizondo, J. 2006. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. Agronomía Mesoamericana 17:69-77.

León, J.; Mojica, J.; Castro, E.; Cárdenas, E.; Pabón, M.; Carulla, J. 2008. Balance de nitrógeno y fósforo en vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Revista colombiana de ciencias pecuarias 21:559-570.

Montenegro, J.; Herrera, J. 2012. Determinación de la emisión de óxido nitroso en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo pastoreo: Efecto de diferentes fuentes y niveles de nitrógeno. En prensa, 15 p.

Montenegro, J.; Calderón J. 2012. Respuesta productiva del pasto kikuyo *(Pennisetum clandestinum)* al fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Revista INTA (en prensa) 9 p.

Moorby, J.; Theobald, V. 1999. The effect of duodenal ammonia infusions on milk production and nitrogen balance of the Dairy cow. Journal of Dairy Science 82:2440-2442.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. ISBN: 0-309-51521-1, 408 p.

INFORMACIÓN TÉCNICA

RESPUESTA PRODUCTIVA DEL PASTO KIKUYO (*Kikuyuocloa clandestina*) AL FERTILIZANTE NITROGENADO DE LENTA LIBERACIÓN

Johnny Montenegro Ballestero[1], *Jesús Calderón Fallas*[2]

RESUMEN

Respuesta productiva del pasto kikuyo *(Kikuyuocloa clandestina)* al fertilizante nitrogenado de lenta liberación. El sector lechero costarricense se caracteriza por tener sistemas de producción intensivos que dependen de la producción de biomasa para alimentar a las vacas lecheras; por lo que se aplican grandes cantidades de nitrógeno. Debido al costo incremental de los mismos se requiere evaluar nuevas fuentes nitrogenadas, como los de lenta liberación, que podrían presentar ventajas para los productores. Por esta razón se evaluó la respuesta productiva del pasto kikuyo a la aplicación de una fuente nitrogenada de lenta liberación en un sistema de producción de lechería especializada y se comparó con la obtenida con un fertilizante nitrogenado comercial convencional. Los resultados mostraron que el promedio anual de la disponibilidad de la materia seca obtenida con el fertilizante de lenta liberación, comparado con la lograda con el fertilizante nitrogenado comercial convencional, fue similar a lo largo del período evaluado (2,22±0,34 tMS ha^{-1} con fertilizante de lenta liberación contra 2,59±0,23 tMS ha^{-1} con fertilizante convencional). Sin embargo, hubo variaciones estacionales importantes con cada uno de los fertilizantes evaluados. La calidad nutritiva de la pastura no se afectó por el uso del fertilizante de lenta liberación. La comparación económica entre ambos fertilizantes mostró que existe ventaja por el uso de la fuente de lenta liberación lo cual significa un ahorro anual importante para el productor.

Palabras clave: sistemas de producción de leche, fertilizante nitrogenado de lenta liberación, fertilizante convencional.

INTRODUCCIÓN

El sector lechero costarricense se caracteriza por tener sistemas de producción intensivos que dependen de la producción de biomasa para alimentar a las vacas lecheras. Por esta razón se aplican grandes cantidades de nitrógeno (hasta 500 kg de N por unidad de área, Montenegro y Abarca 2001) para incrementar el crecimiento de los pastos y poder establecer ciclos de pastoreo cortos con alta carga animal. Esto se basa en el hecho de que el nitrógeno tiene un efecto estimulante en el desarrollo de las plantas, condición que ha sido aprovechada por los productores de leche para la obtención de grandes cantidades de biomasa para alimentar animales en pastoreo. Sin embargo, durante los últimos años se ha experimentado un incremento significativo en el precio de los fertilizantes nitrogenados por lo que se requiere evaluar nuevas alternativas para fertilizar los pastos, y generar información tendiente a la productividad de los mismos. En este sentido la evaluación de fertilizantes nitrogenados producto de nueva tecnología aplicada en su producción, tales como los fertilizantes nitrogenados de lenta liberación, tiene varias ventajas entre las cuales se puede mencionar el hecho de que tienen el potencial para suministrar nitrógeno durante

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA-Costa Rica. Convenio: INTA-Instituto Meteorológico Nacional, IMN. *jmontenegro@inta.go.cr, jmontenegro@imn.ac.cr.*

[2] Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG-CR. ASA Coronado.

un tiempo más prolongado que los fertilizantes convencionales, reduce su lixiviación (Fernández-Escobar *et al*. 2004) al mismo tiempo que estimula el crecimiento de los pastos.

La utilización de fertilizantes de lenta liberación es relativamente nueva en nuestro país y no hay resultados disponibles en producción de pastos en el sistema de producción de leche, ni información relacionada con aspectos económicos, razón por la cual se hace necesario realizar este tipo de investigación y generar esta información.

Los resultados generados por esta investigación serán de utilidad para los productores, quienes dispondrán no solo de alternativas productivas, sino también menos contaminantes ya que este tipo de fertilizantes reducen significativamente la generación de gases con efecto invernadero como el óxido nitroso (Montenegro y Herrera 2012). Adicionalmente, si esta fuente nitrogenada mejora la eficiencia de utilización del nitrógeno por parte de la pastura, y en consecuencia hace más rentable las explotaciones lecheras, los productores también se beneficiarían.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de un fertilizante nitrogenado de lenta liberación sobre la producción de materia seca en una pastura de kikuyo bajo pastoreo con vacas de lechería, y compararla con aquella obtenida con la aplicación de un fertilizante nitrogenado convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se llevó a cabo en una finca comercial de ganado de leche ubicada en el cantón de Vázquez de Coronado, Costa Rica, el cual presenta una precipitación media anual de 2450 mm y una temperatura media de 18 °C.

La finca se encuentra ubicada a 1461 msnm, con una extensión de 7,0 ha y manejada con animales de la raza Holstein, a 3,2 UA ha^{-1}. El pasto kikuyo se pastorea con ciclos de ocupación y descanso de uno y 30 días respectivamente. Los apartos tienen un tamaño promedio de 2300 m^2.

Para la presente investigación se seleccionaron dos apartos por su representatividad en términos de topografía ondulada típica de la zona, y presencia de la especie de pasto antes mencionada. Los apartos utilizados en la evaluación se ubicaron uno al lado del otro y fueron manejados de manera idéntica; los pastoreos se realizaron con diferencia de un día como parte del manejo normal de la finca. En ambos casos la fertilización fue aplicada al voleo y de forma manual el siguiente día de que los animales pastorearon el área, previo a ello los residuos sólidos dejados por los animales (boñiga) se distribuyeron mediante la utilización de una pala, práctica que es normal en la finca. Usualmente esta práctica se realizó durante la mañana y en el transcurso de la tarde se aplicaba el fertilizante.

A uno de los apartos se le continuó aplicando el plan de fertilización empleado en la finca (tratamiento 1 (nitrato de amonio): 200 kg de nitrógeno ha^{-1} $año^{-1}$), mientras que al otro se le aplicó un fertilizante nitrogenado de lenta liberación (tratamiento 2: 96 kg de N ha^{-1} $año^{-1}$).

En el fertilizante de lenta liberación, la urea está recubierta con azufre y polímeros, y de acuerdo con la información técnica proporcionada por la casa comercial, tiene una tasa de liberación de 60 días, por esta razón se aplicó cada dos ciclos de rotación. En total durante el período de evaluación, este fertilizante se aplicó cinco veces: tres de ellas en la época de mayor precipitación (julio, setiembre, noviembre), y dos en época de transición (a verano en enero, a invierno a inicios de mayo). En el caso de la fertilización convencional, éste se aplicó cada ciclo de pastoreo.

La aplicación de ambos fertilizantes se

suspendió de febrero a mayo del 2012 debido a la falta de lluvia consecuencia de la época seca, lo cual reduce significativamente la disponibilidad de humedad del suelo y en consecuencia la disolución, absorción y utilización por la planta. Por esta razón se decidió hacer la estimación de la disponibilidad de forraje solamente en enero (cuando la condición seca ya se manifestaba) y a inicios de mayo (previo al inicio de la estación lluviosa).

La disponibilidad de materia seca del forraje de kikuyo se muestreó en agosto, setiembre, octubre y noviembre del 2011, y enero, mayo, junio y julio del 2012, utilizándose la técnica del doble muestreo (Haydock y Shaw 1975) la cual se reseña brevemente, más detalle pueden ser obtenidos en la mencionada referencia. De acuerdo con esta metodología se escogen cinco puntos que representen el rango de producción de la pastura. De manera que se utiliza una escala de 1 a 5, donde el 1 representa aquellos lugares de la pastura con menor producción de forraje, y el 5 los de mayor productividad. Los puntos del 2 al 4 representan la producción intermedia de la pastura entre los puntos de menor (1) y mayor (5) producción. Una vez identificados los cinco puntos antes mencionados, se procedió a hacer una evaluación visual en la pastura, para lo cual se caminó en zigzag y cubriendo todo el aparto donde, de manera sistemática cada ocho pasos, el punto seleccionado se comparó con el de los cinco sitios antes seleccionados para asignarle un valor (de 1 a 5) de acuerdo con la mencionada escala. De esta manera se cubrió en su totalidad la pastura y se anotaron aproximadamente 45 evaluaciones visuales para cada aparto.

Al finalizar las observaciones estos cinco puntos se cosecharon, se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas, se pesaron y trasladaron al laboratorio para la determinación de la materia seca lo cual se realizó en el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA ubicado en el Alto de Ochomogo.

Posteriormente y de acuerdo con los valores de materia seca de cada muestra, y la frecuencia de la misma evaluada visualmente en el campo, se procedió a calcular la cantidad de materia seca disponible en cada una de las dos pasturas a las cuales se les aplicó el fertilizante (nitrógeno convencional o de lenta liberación). Los resultados se reportan en toneladas de materia seca ha^{-1} en cada ciclo de pastoreo durante el período evaluado para cada uno de los tratamientos.

Con el propósito de tener información referencial del efecto del fertilizante de lenta liberación en los contenidos de proteína cruda, fibra neutro y ácido detergente (AOAC 1990, Van Soest *et al.* 1991), se analizaron muestras provenientes de este tratamiento, y se compararon con los obtenidos con la aplicación del fertilizante convencional. Estos análisis se efectuaron en el Laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA.

También se realizó un muestreo de suelo para determinar el contenido de humedad gravimétrica y la densidad aparente. Con estos datos se calculó el espacio poroso lleno de agua. Finalmente, se comparó el costo anual de los fertilizantes a la dosis utilizada en esta evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca

La tendencia observada en la producción de materia seca en las pasturas, independientemente del fertilizante nitrogenado aplicado, sigue el patrón estacional de la lluvia ya que los rendimientos se redujeron durante la época de menor precipitación, y fueron mayores cuando las lluvias se estabilizaron a partir de junio (Figura 1)

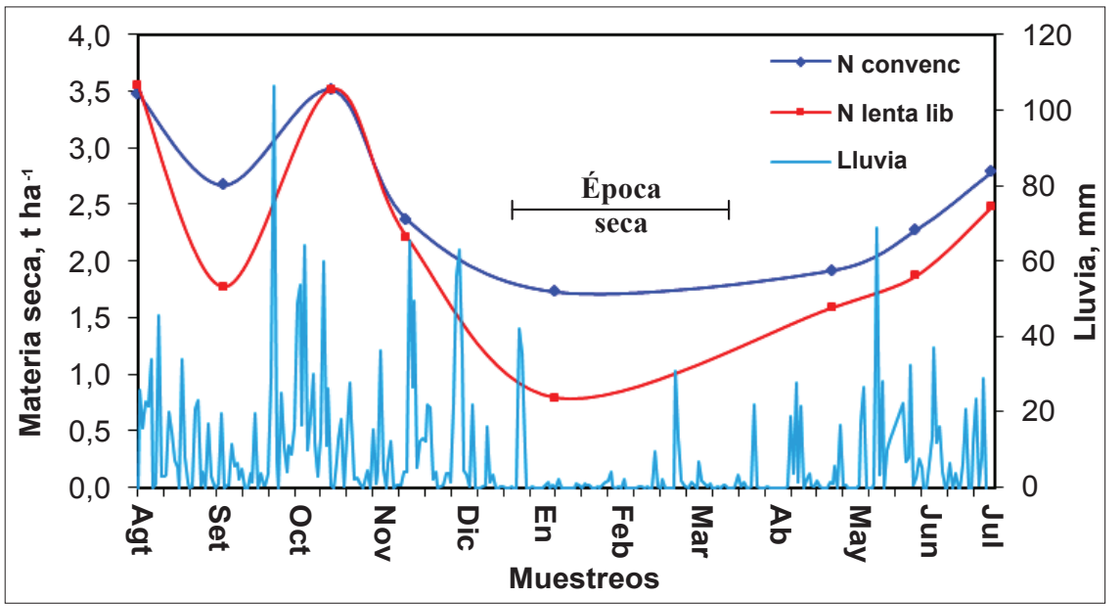


Figura 1. Efecto del fertilizante nitrogenado convencional y de lenta liberación en la producción de biomasa, tMS ha^{-1}, de pasto kikuyo. Coronado, Costa Rica. 2012.

Si bien la disponibilidad promedio anual de la materia seca fue similar (P>0,05) para ambos fertilizantes (2,22±0,34 tMS ha^{-1} (± 1 EE) con fertilizante de lenta liberación contra 2,59±0,23 tMS ha^{-1} con fertilizante convencional), el rendimiento promedio observado con la aplicación del fertilizante convencional durante la época de menor precipitación (1,82±0,09 t MS ha^{-1}), fue menor (P<0,05) que el obtenido durante la estación lluviosa (2,85±0,22 t MS ha^{-1}). De manera similar, con el fertilizante de lenta liberación las mayores disponibilidades (P<0,05) se determinaron durante la época de precipitación (2,57±0,32 t MS ha^{-1}) comparado con las observadas durante la época seca (1,19±0,40 t MS ha^{-1}).

Con respecto a la producción estacional, se determinó diferencia significativa en la disponibilidad durante la época de menor precipitación, siendo mayor la biomasa aérea (P<0,05) en el tratamiento donde se aplicó fertilizante nitrogenado de lenta liberación (1,82±0,09 t MS ha^{-1}) con respecto a aquella observada con fertilizante convencional (1,19±0,40 t MS ha^{-1}).

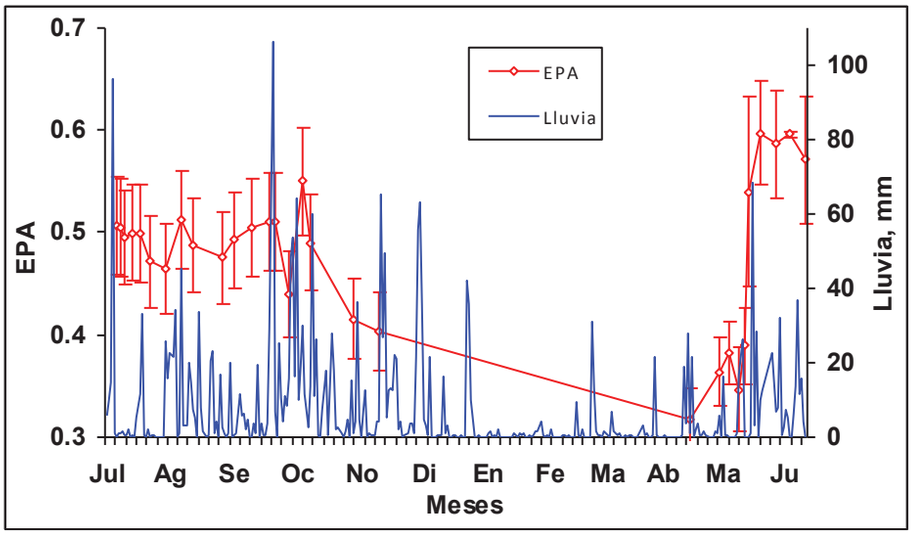
Con respecto a la respuesta del kikuyo al fertilizante de lenta liberación, es interesante notar que cuando se aplicó el fertilizante de lenta liberación la disponibilidad de forraje previo al ingreso de los animales en pastoreo mostró una productividad similar al fertilizante convencional (muestreos 1, 3 y 7, Figura 3), pero los rendimientos disminuyen para el siguiente ciclo donde no hubo aplicación del fertilizante de lenta liberación (muestreos 2, 5 y 8, Figura 3). Esto parece indicar que la tasa de liberación (60 días) del nitrógeno de lenta liberación utilizado en esta investigación, es más rápida que la estipulada por la casa comercial, ya que la respuesta productiva de la pastura se reduce en el segundo ciclo. Ello podría ser el resultado de menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo para ser absorbido por

las plantas durante el segundo ciclo de descanso, cuando no se aplica el fertilizante, y en consecuencia se presenta menor crecimiento de la pastura. En estos fertilizantes, el proceso de liberación es un fenómeno físico que se activa o inicia cuando el agua, o el vapor de agua, penetra gradualmente por capilaridad/difusión a través de la membrana o capa semipermeable que cubre el gránulo (azufre y polímeros en este caso) y posteriormente la solución nutritiva concentrada dentro del gránulo sale gradualmente hacia el suelo por difusión, proceso que es dependiente y acelerado por la temperatura (Molina 2003).

En consecuencia, debido a las precipitaciones experimentadas durante la época lluviosa en la zona donde se realizó la evaluación (Figura 1), probablemente la humedad del suelo fue lo suficientemente alta como para acelerar más de lo previsto, por la casa comercial, la liberación del N contenido en los gránulos. Por esta razón, en el segundo ciclo cuando no se aplicó el fertilizante decreció la disponibilidad de nitrógeno en el suelo proveniente del fertilizante aplicado, ya que ocurrió mayor liberación de N durante los primeros 30 días, y por ello la pastura no creció tanto como se esperaba durante el segundo período de 30 días.

Adicionalmente, quizá la temperatura del suelo (promedio de 20,5 °C) en combinación con la disponibilidad de humedad (de alrededor de 0,5 EPA durante la época de mayor precipitación, (Figura 2) estimuló la actividad microbiana, la cual según el fabricante de este fertilizante, es uno de los factores que influyen positivamente en el proceso de liberación del nitrógeno contenido en los gránulos. En consecuencia, la cantidad de nitrógeno remanente y que quedaría disponible para ser absorbido y estimular el crecimiento del pasto en el siguiente ciclo de pastoreo no fue suficiente para lograr disponibilidades de materia seca similares a las obtenidas en el ciclo inmediatamente después de la aplicación del fertilizante.

Con respecto al patrón de producción estacional observado en la disponibilidad de la materia seca, dos factores influenciaron directamente este comportamiento. El primero de ellos fue la reducida precipitación durante la época seca (12% del total anual) lo cual se reflejó directamente en la disponibilidad de agua en el suelo (Figura 2).



Valores promedio ±1EE

Figura 2. Disponibilidad de agua en el suelo, expresada como espacio poroso lleno de agua (EPA), bajo pasto kikuyo. Coronado, Costa Rica. 2012.

El contenido de agua, expresado como espacio poroso lleno de agua (EPA), estuvo en el rango en el cual las plantas siempre tienen disponibilidad de agua (Figura 2), donde 0,3 es el punto de marchitez permanente y 0,6 es capacidad de campo. Sin embargo, es notorio que a partir de diciembre a finales de abril se observan los valores más bajos de EPA, lo cual coincide con los menores rendimientos de biomasa determinados en la pastura (Figura 1). Con el inicio de las lluvias a finales de mayo, los valores de EPA muestran contenidos de humedad próximos a capacidad de campo (Figura 2) y la producción de biomasa también muestra un incremento importante (Figura 1).

Un aspecto que se observa claramente en la Figura 2 es el hecho de que grandes precipitaciones no contribuyen significativamente con la humedad del suelo (tal como sucede a inicios de octubre donde se presentó un evento lluvioso de casi 100 mm). Ello puede estar directamente relacionado con la compactación del suelo producto de los animales en pastoreo, ya que existe evidencia del incremento de la densidad como consecuencia del pisoteo (Wing Ching *et al*. 2009). Lo cual hace suponer que en este terreno cuando se presentan eventos lluviosos muy intensos como el mencionado, ocurre escorrentía mediante la cual se traslada el agua de la parte superior a la inferior de la ladera, sin que haya infiltración suficiente para incrementar el contenido de humedad del suelo. Además, es también probable que se arrastre suelo superficial, el cual llevaría materia orgánica y minerales lo que estaría disminuyendo la fertilidad de las partes altas de las laderas desfavoreciendo el crecimiento de la gramínea.

El segundo factor que influyó en la disponibilidad de biomasa de la pastura, asociado con el anterior, fue la suspensión de la fertilización nitrogenada por la falta de humedad. En consecuencia menos agua en el suelo y la no fertilización nitrogenada hicieron que los rendimientos de materia seca decrecieran significativamente durante la época seca en ambos tratamientos.

Composición química del forraje

Los resultados de los análisis químicos efectuados mostraron que los valores correspondientes al contenido de proteína cruda, así como los de fibra (neutro y ácido), fueron similares independientemente de la fuente y cantidad de nitrógeno recibida (Cuadro 1).

Basándose en estos resultados se puede asumir que los valores de digestibilidad de la materia seca probablemente son similares con ambos fertilizantes, por lo que la aplicación del fertilizante de lenta liberación, con una frecuencia y cantidad inferior al fertilizante convencional que se aplicó en cada ciclo, no estaría afectando negativamente la calidad de la pastura y por tanto tampoco afectaría negativamente el consumo y la productividad animal.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda y fibra, %, en pasto kikuyo fertilizado con diferentes fuentes de nitrógeno. Coronado, Costa Rica. 2012.

Fracción, % en base seca	Fertilizante convencional	Fertilizante de lenta liberación
Proteína cruda	15,8±0,8	16,1±0,9
Fibra neutro detergente	64,9±0,7	64,6±0,7
Fibra ácido detergente	35,5±0,6	35,9±0,6

Promedios ± 1 EE: error estándar

Los valores de proteína cruda fueron similares a aquellos determinados por Castillo *et al*. (1983) con la misma especie de pasto en la misma zona donde se efectuó la presente investigación, los cuales tuvieron un rango entre 16,6% y 16,9% con la aplicación de 125 y 250 kg de N ha^{-1} respectivamente, rango en el cual está la cantidad aplicada de fertilizante comercial, aunque ligeramente superior que aquella utilizada para el fertilizante de lenta liberación.

Comparación económica

Para realizar esta comparación económica solamente se consideró el costo de los fertilizantes. De acuerdo con la cantidad de nitrógeno aplicado de cada fuente, el costo anual por hectárea para el nitrógeno de lenta liberación totalizó ¢135 501, mientras que con el nitrógeno de la fórmula comercial el costo anual fue de ¢165 210. En consecuencia, la utilización del nitrógeno de lenta liberación representa un ahorro anual de ¢29 709 por cada hectárea de pasto.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el financiamiento parcial obtenido de FITTACORI, lo cual hizo posible la compra de insumos claves para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1990. 15th ed. Washington, D.C. 1008 p.

Castillo, E.; Coward, J.; Sánchez, J.M.; Jiménez, C.; López, C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad in vitro del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Agronomía Costarricense. 7(1/2):9-15.

Fernández-Escobar, R.; Benlloch, M.; Herrera, E.; Garcıa-Novelo, J. 2004. Effect of traditional and slow release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. Scientia Horticulturae 101:39-49.

Haydock, K.P.; Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15:663-670.

Molina, E. 2003. Fertilizantes de lenta liberación. En: Fertilizantes: características y manejo. CIA-UCR p. 103-111.

Montenegro, J.; Abarca, S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del cambio climático. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 96 p.

Montenegro, J.; Herrera, J. 2012. Determinación de la emisión de óxido nitroso en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo pastoreo: Efecto de diferentes fuentes y niveles de nitrógeno. En prensa. 19 p.

Van Soest, P.; Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74:3583-3597.

Wing Ching, R.; Cabalceta, G.; Alvarado, A. 2009. Impacto del pastoreo con ganado Holstein y Jersey sobre la densidad aparente de un andisol. Agronomía Mesoamericana 20(2):371-379.

NOTA TÉCNICA

INSECTOS, ÁCAROS Y AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO ASOCIADOS AL CULTIVO HELECHO HOJA DE CUERO

Ruth León González[1]

RESUMEN

Insectos, ácaros y agentes de control biológico asociados al cultivo helecho hoja de cuero. El estudio se realizó en el cantón Central de Alajuela en el año 2000. El objetivo fue identificar los insectos y ácaros causantes de los daños en el cultivo de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*), así como sus controladores biológicos. El cultivo se visitó semanalmente y los artrópodos relacionados con las diferentes partes de la planta fueron recolectados, montados, etiquetados e identificados para ser conservados en la colección de insectos del INTA-CR. Los principales insectos y ácaros encontrados causando daños al cultivo son los siguientes: *Brachypnoea* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), *Undulambia polystichalis* (Lepidoptera: Crambidae) *Orthezia* sp. (Hemiptera: Orthezidae), *Rhizoecus* sp. (Hemiptera: Rhyzoecidae) y los ácaros *Hemitarsonemus tepidariorum* y *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemiidae). El enemigo natural de *Undulambia polystichalis* identificado fue *Bracon* sp. y las arañas depredadoras de varios artrópodos fueron *Gasteracantha cancriformis* y *Leucage mariana.*

Palabras clave: Artrópodos, fronda, pínulas, parasitoide, depredadores, *Rumohra adiantiformis*.

INTRODUCCIÓN

El helecho hoja de cuero es una especie ornamental, es cultivado en forma intensiva en las zonas altas y medias del Valle Central de Costa Rica, con fines de exportación principalmente. La zona de cultivo se localiza desde Coris en la provincia de Cartago hasta Valverde Vega en Alajuela. La agroindustria de esta actividad es de gran importancia económica y social, ya que genera una gran cantidad de empleo, permitiendo el desarrollo de la región.

El cultivo del helecho tiene varias limitantes agronómicas, entre ellas las plagas de artrópodos debido a los daños que causan en las diferentes partes de la planta. Las plagas comunes en plantaciones de helecho hoja de cuero según Esquivel y Yu Fone (1995), son las cochinillas, los áfidos, los ácaros y las moscas blancas. Mientras que Dekle & Kuitert (1962) y Capps (1965) registran como plaga en la Florida, Estados Unidos a *Undulambia polystichalis*.

El estudio se realizó debido a la falta de información sobre los artrópodos que se asocian al cultivo en Costa Rica.

El objetivo fue identificar los insectos y ácaros causantes de daños y sus controladores biológicos en el cultivo helecho hoja de cuero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Follajes Telón ubicado en Sabana Redonda de Poás y en Follajes El Espino en Sabanilla de Alajuela, a una altura de 1600 msnm. La zona se caracteriza por tener suelos de

[1]Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA-Costa Rica. rleon@inta.go.cr.

origen volcánico tipo andisol. Dos estaciones climáticas bien definidas, una lluviosa y de alta humedad relativa que se extiende desde finales de abril hasta principios de diciembre; y la estación seca entre mediados de diciembre y finales de abril, la cual es de mínima o escasa precipitación y de menor humedad relativa. La temperatura promedio en ambas épocas del año es menor a 20 °C.

Las plantaciones se visitaron cada semana y se realizó el muestreo de insectos durante un año (2000), sin embargo en los siguientes años se ha visitado ocasionalmente las zonas helecheras y no se ha encontrado ni reportado nuevas plagas o la presencia de otros artrópodos. Para la localización de los insectos en las áreas del cultivo, se consideró al encargado de la finca el cual tenía localizadas las áreas afectadas por los insectos o ácaros. Los insectos se recolectaron según la parte de la planta afectada. En los tallitos se recolectaron las larvas de Lepidoptera y se colocaron en cajas de cría para obtener los adultos. En el caso de los ácaros, ubicados en las frondas, propiamente en el envés de las pínulas, se cortó la fronda y de ahí se recogieron con un pincel número 00 y se trasladaron a frascos del tipo ependorf con alcohol. Las arañas se atraparon manualmente y se introdujeron en alcohol de 70°. El suelo se removió hasta llegar a la cepa donde se localizaron las cochinillas. Los demás insectos se recolectaron con red entomológica.

Los artrópodos se prepararon para ser enviados a identificar, los ácaros se conservaron en alcohol. Los insectos adultos se montaron en alfileres entomológicos y las larvas se prepararon en agua hirviendo y se trasladaron a frascos viales con alcohol de 70°.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ácaros fueron identificados por el Dr. Ronald Ochoa en USDA, Estados Unidos. La identificación del lepidóptero fue realizada por M. A. Solís del Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos, a través de Eugenia Phyllips Rodríguez del Instituto Nacional de Biodiversidad (INbio), el Coleoptera por el Dr. Wills Flowers, de la Universidad de Florida, especialista en crisomélidos. Los Hemiptera (cochinillas) por el biólogo Axel Retana Salazar y la autora.

Los principales insectos y ácaros relacionados al cultivo de helecho hoja de cuero en Costa Rica fueron: *Brachypnoea* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), *Undulambia polystichalis* (Lepidoptera: Crambidae) *Orthezia* sp. (Hemiptera: Orthezidae), *Rhizoecus* sp. (Hemiptera: Rhizoecidae) y los ácaros *Hemitarsonemus tepidariorum* y *Polyphagotarsonemus latus* ambos de la familia Tarsonemidae.

A continuación se detallan de acuerdo a la parte de la planta que estaban afectando.

Plagas que atacan la fronda

Brachypnoea sp. (Coleoptera: Chrysomelidae)

En su estado adulto es un abejoncito pequeño, de color negro, brillante, robusto, con once segmentos antenales y élitros finamente punteados (Figura 1). La importancia de este insecto radica en que se alimenta de las espínulas u hojitas de la fronda, por lo que pierde su valor comercial. El daño es en el borde de la pínula y con forma semicircular.

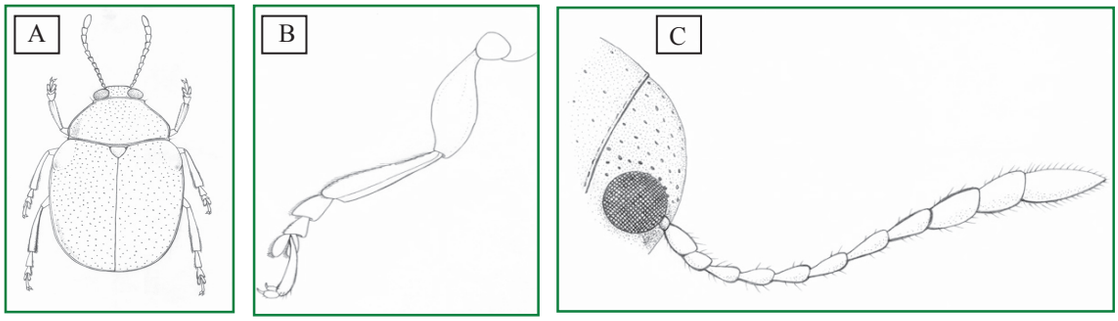


Figura 1**.** A: Adulto de *Brachypnoea* sp., B: Pata donde se observa grupo de setas, C: Antena con 11 segmentos cubierta por setas. San José, Costa Rica. 2005.

Este insecto se observa principalmente durante las horas de la mañana, se ha observado que en los sitios donde se concentra esta plaga se presenta más la enfermedad conocida como "chicharrón", producida por el hongo *Colletotrichum acutatum* enfermedad de gran importancia económica en este ornamental (Mora y Robert 1999). Esta observación debe investigarse.

Coleoptera: Curculionidae

Este insecto se encuentra principalmente en el cultivo durante las mañanas y las tardes; alimentándose de las pínulas muy jóvenes.

Hemitarsonemus tepidariorum (Acari: Tarsonemidae)

El ácaro *Hemitarsonemus tepidariorum,* afecta las frondas causando una decoloración o manchado, que da la apariencia de una deficiencia de algún microelemento.

Biología y descripción del ácaro *Hemitarsonemus tepidariorum*

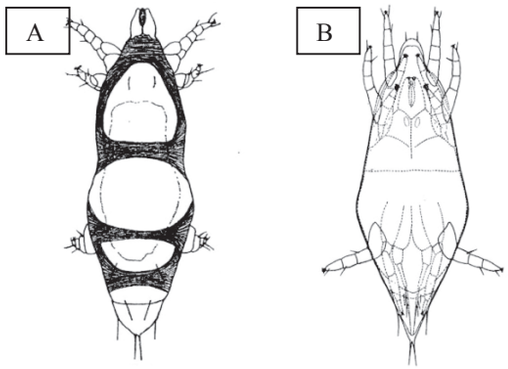


Figura 2**.** A: Larva de *H. tepidarorium,* B*:* Pupa de *H. tepidarorium.* San José, Costa Rica. 2005.

Estos ácaros viven en el envés de las frondas del helecho, en grandes poblaciones con todos los estadios de desarrollo del insecto (huevo-larva-ninfa-adulto) principalmente durante la época seca (Figura 2). El cuerpo de la hembra adulta mide en promedio de 272 µm de largo y 109 µm de ancho. Sus órganos pseudoestigmáticos son ovoidales. El primer par de apodemas es en forma de Y. Los apodemas II son más largos y fuertes. El macho tiene un largo y ancho promedio de 217 x 120 µm. Se distingue por la presencia de un par de setas en forma de cuchillo sobre el fémur y la gena IV como se puede observar en las Figuras 3 y 4 (Warburton 1904 y Pritchard 1951).

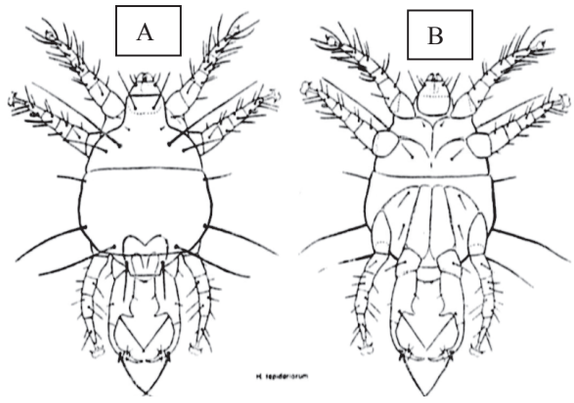


Figura 3. A: Hembra de *H. tepidarorium, B:* Macho de *H. tepidarorium.* San José, Costa Rica. 2005.

Los huevos son depositados en grupos de dos a seis; en cantidades de hasta 160 huevos. Estos son de color blanco, translúcidos, ovoides y alargados. Eclosionan a los cinco días. Las ninfas también son blanco-translúcido y presentan una placa blanca en la parte trasera del idiosoma.

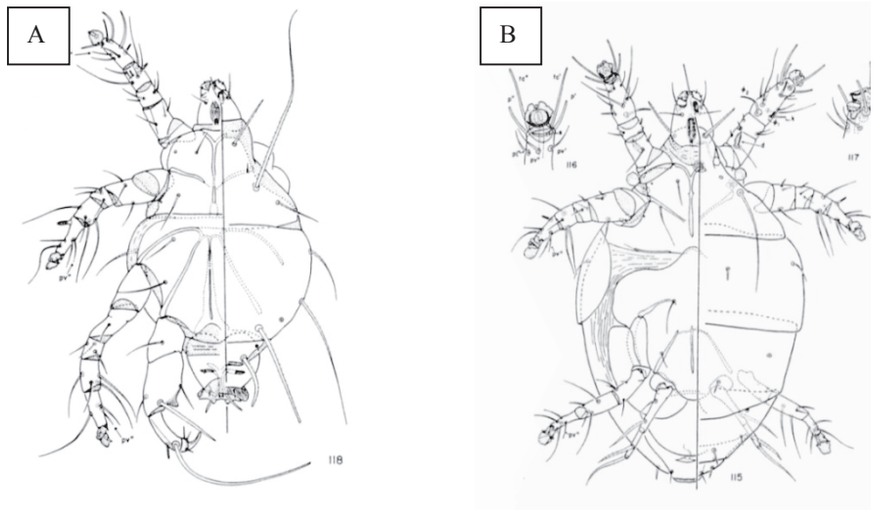


Figura 4**.** Detalles de la morfología de la hembra (A) y el macho (B). San José, Costa Rica. 2005.

Estudios realizados por Mora y León (2003), mostraron que la población del ácaro varía según la época, en invierno disminuye debido al efecto que ejerce la lluvia sobre la población. Además el plástico adicional que se coloca bajo el sarán con el objetivo de aumentar la calidad de la fronda, provocó un aumento en las poblaciones de ácaros. Esto causa un aumento de frondas deformes, sin valor comercial, debido probablemente a que el plástico aumenta la temperatura lo que hace que se aumenten las generaciones al año y además evita el efecto físico que ejerce el agua sobre la fronda y por ende sobre el organismo. Lo cual provocó que el rendimiento de frondas exportables disminuyera en un 40% con respecto a la forma conservadora o convencional de producción.

Los ácaros se ubican debajo del tejido foliar entre la nervadura y el tallo. Al levantar el tejido se encuentran huevos y ninfas principalmente, las larvas son muy difíciles de observar y los adultos se movilizan rápidamente. En la parte superior de la fronda se encuentran el mayor número de huevos, en la parte media y en la parte inferior se ubican los adultos y las mudas. Esta información se tomó como base para mejorar y aligerar el muestreo. Además se consideró que una hoja de madurez intermedia era la indicada para encontrar todos los estadios del ácaro.

PLAGAS QUE AFECTAN EL RAQUIS

Undulambia polystichalis (Lepidoptera: Crambidae)

La importancia de la mariposa *Undulambia polystichalis* radica en que su larva es un taladrador del raquis, lo que causa el quiebre de la fronda, unido al hecho de que es una especie activa durante todo el año. Se encontró una sola larva por raquis. Otro aspecto que hace peligrosa su presencia en el cultivo (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Daño causado por la larva de *U. polistychalis*. Alajuela, Costa Rica. 2009.



Figura 6. Tallo afectado por la alimentación de la larva de *U. polistychalis*. Alajuela, Costa Rica. 2009.

De acuerdo con los datos disponibles en Costa Rica, esta especie ha sido recolectada en ambas costas y hasta los 1400 metros de altura (Phyllips 2000).

La hembra oviposita en la parte superior de la fronda, una vez que la larvita emerge, (Figura 7) penetra la vena media y empieza a barrenar el peciolo a medida que se alimenta y llega hasta la inserción del raquis con el rizoma, lo que causa que se quiebre.



Figura 7. Larva de *Undulambia polystichalis.* Cartago, Costa Rica. 2003.



Figura 8. Pupa y adulto de *Undulambia polystichalis*. San José, Costa Rica. 2005. (Criada por Allan González).

El estadio larval requiere de cinco a seis semanas y el de pupa de dos semanas y media en promedio. Antes de pupar, la larva hace un pequeño agujero de salida entre cinco y ocho centímetros del suelo, y pupa dentro del pecíolo, a ocho centímetros debajo del hoyo de salida (Dekle & Kuitert, 1962).

En el año 2005 se encontró un parasitoide del género *Bracon* (Braconidae: Hymenoptera), suprimiendo larvas de este insecto, por lo que se considera un agente potencial para el control biológico de esta plaga. En Costa Rica existen más o menos 300 especies de este género[2] .

PLAGAS QUE AFECTAN LAS RAÍCES

Orthezia sp. (Hemiptera: Orthezidae)

El hemíptero *Orthezia* sp. (Figura 9) afecta el rizoma, las raíces secundarias y los tallos, se alimenta de la savia o líquidos de la planta lo que causa un amarillamiento, oscurecimiento de venas, deformación de la fronda y hasta pérdida de la hoja. Estos daños dan la apariencia de una deficiencia de algún microelemento y se presentan en la Figura 10.

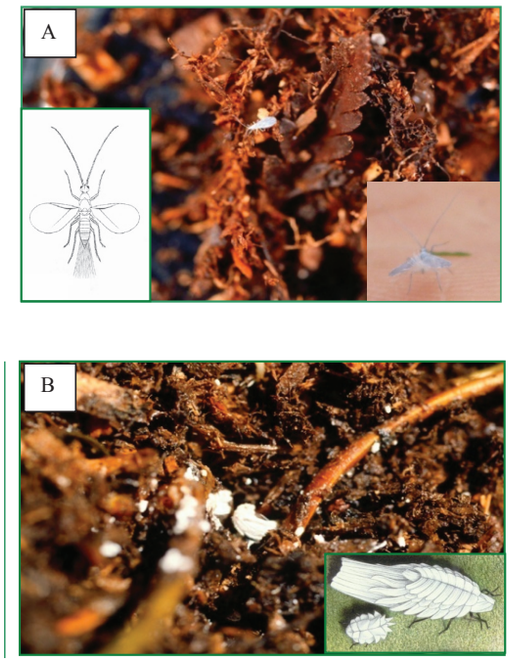


Figura 9. A: Macho de *Orthezia* sp., posado en la base del tallo, cerca de la hembra, B: Hembra de *Orthezia* sp., entre la raíz y la base del tallo. San José, Costa Rica. 2005.

[2]Hanson, P. 2005. Especies de *Bracon* sp. Entrevista. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.



Figura 10. Síntomas del daño causado por la cochinilla gigante, *Orthezia sp.* Alajuela, Costa Rica. 2009.

Se encontró un hongo entomopatógeno afectando las hembras de *Orthezia*, como se muestra en la Figura 11, el cual se clasificó como un *Fusarium* sp. Fue aislado y está conservado en la colección de entomopatógenos del INTA-CR, para iniciar estudios de control biológico en el cultivo.



Figura 11. Hembras de *Orthezia* sp. parasitadas por el hongo *Fusarium* sp. San José, Costa Rica. 2005.

Rhizoecus sp. (Hemiptera: Rhizoecidae)

Por primera vez se informa en Costa Rica afectando al cultivo del helecho hoja de cuero, la magnitud de los síntomas es afectada por la distribución del insecto, la cual es realizada por hormigas y por los trabajadores. Al igual que *Orthezia,* afecta el rizoma y las raíces secundarias, lo que causa la muerte parcial de la planta, dejando en su lugar parches en los lotes dañados sin posibilidades de aprovechamiento también de los tallos, se alimenta de la savia o líquidos de la planta causando un amarillamiento y pérdida de la fronda.

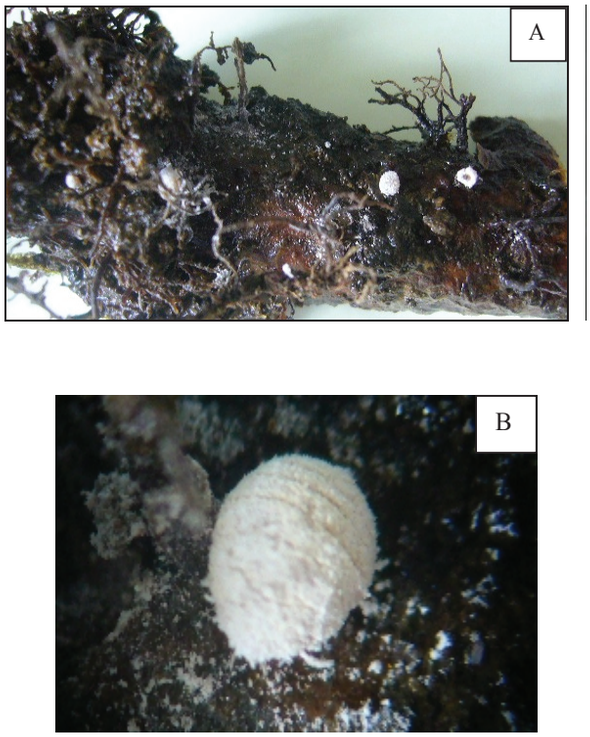


Figura 12. A: *Rhizoecus* sp. en rizoma del cultivo. B: Hembra de *Rhizoecus* sp. San José, Costa Rica. 2011.

La hembra es ovalada, con cinco segmentos antenales, moderadamente gruesa, colocada cerca del ápice de la cabeza, placa cefálica más ancha que larga, y triangular. Patas grandes y bien desarrolladas, cuerpo con muchas setas de tamaño variable (Figura 12).

ENEMIGOS NATURALES

Gasteracantha cancriformis (Araneidae) y *Leucage mariana* (Tetragnathidae)

Se encontraron dos tipos de arañas

depredando varios insectos: *Gasteracantha cancriformis* (Araneidae), las hay de diferentes colores, son llamadas panaderas, se cuelga del sarán (Figura 13). La *Leucage mariana* (Tetragnathidae) (Figura 14), se observa entre el follaje y los senderos. Se encontraron también arañas de la familia Araneidae, las cuales parasitan la tela de las otras arañas.



Figura 13. *Gasterocantha cancriformis*. San José, Costa Rica. 2005.



Figura 14. *Leucage mariana*. San José, Costa Rica. 2005.

Cabe mencionar que durante este estudio no se encontraron áfidos, moscas blancas ni trips.

Para el control de los ácaros, la aplicación de los productos a base de actinomycetes y de lactosa-abamectin así como de otras moléculas acaricidas selectivos en las áreas con historial de la presencia del ácaro deben hacerse cuando aparecen los bastones y frondas tiernas. Las frondas adultas son las que esparcen los ácaros, de ahí que lo mejor es realizar una poda de frondas con ácaros y luego aplicar los productos. La forma de aplicación debe ser con la manija hacia arriba cuando se aplican a las frondas y hacia abajo cuando es dirigida a los bastones.

En la época de verano la diseminación de los ácaros es mayor debido al manejo. Al existir más demanda hace que se aumenten los cortes o cosecha de frondas, los cosechadores se movilizan más entre las plantaciones, además el ácaro se distribuye con mayor intensidad en las entradas o bordes de cabecera por haber trasiego de personas y más polvo, lugar donde se refugian los ácaros.

Buscar los enemigos naturales de los diferentes artrópodos ayudaría a minimizar el uso de insecticidas. También es conveniente evaluar el control integrado de los insectos y ácaros así como realizar estudios de eficacia biológica de insecticidas, repelentes y extractos vegetales.

Este trabajo constituye el primer reporte de identificación de plagas del helecho hoja de cuero en Costa Rica.

Se determinó que el ácaro *Hemitarsonemus tepidariorum* y los insectos *Brachypnoea* sp., *Orthezia* sp. y *Undulambia polystichalis* afectan al cultivo del helecho hoja de cuero, al reducir el valor del mercado del producto y causar daños económicos, por lo tanto se pueden considerar plagas del cultivo. Estos artrópodos cuentan con enemigos naturales nativos, los cuales deben explotársele sus virtudes, en los momentos oportunos.

AGRADECIMIENTO

A la especialista en microlepidóptera Eugenie Phillips Rodríguez del Instituto Nacional de Biodiversidad, por enviar a clasificar el espécimen de *Undulambia polystichalis* al Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. A Carlos Víquez Núñez del Instituto Nacional de Biodiversidad, por la clasificación de las arañas y por las fotos facilitadas. A Axel Retana Salazar por la identificación de *Rhizoecus* sp. Al Dr. Bernardo Mora Brenes y a Eleonor Vargas Aguilar por la revisión y sugerencias del presente trabajo. A los productores de helecho hoja de cuero, Rafael Rodríguez Toledo y Alfredo Robert Polini por la colaboración brindada.

LITERATURA CITADA

Borror, D. J.; De Long, D. M.; Triplehorn, C. A. 1976. An Introduction to the study of insects. 4 ed. Holt, Rinehart and Winston. Estados Unidos. 852 p.

Esquivel, A. J.; Yu Fone, T. 1995. Manual práctico del cultivo de los helechos. San José, Costa Rica. Monografía no convencional. 36 p.

Phillips, R. E. 2000. *Undulambia polystichalis* Capps, 1965. Barrenador del helecho "hoja de cuero", (en línea). Consultado 16 oct. 2012. Disponible en: http://darnis.inbio.ac.cr.

León G, R. 2003. Identificación y control de insectos y ácaros en el cultivo del helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*). En Memoria Congreso Alianza Tecnológica para la Agricultura con Calidad. (5. Congreso Iberoamericano de Agroplasticultura. 4. Congreso Nacional de Suelos. 5. Congreso Nacional de Fitopatología). San José, Costa Rica. 17-19 Nov. 2003. p. 55.

Linsenmaier, W. 1972. Insects of the world. 1ed. Mc Graw-Hill Book Company. Nicholasville, KY, Estados Unidos. 392 p.

Mora, B.; Robert, A. 1999. Manejo integrado del chicharrón causado por el hongo *Colletotrichum acutatum*. En el cultivo de helecho hoja de cuero. In resumen 61 del XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales/IV Congreso Nacional de Fitopatología. San José, Costa Rica. 63 p.

Capps, H.W. 1965. A new *Undulambia* species on leatherleaf fern in Florida, and a note on a closely related Central American species (Lepidoptera: Pyraustidae, Nymphulinae). Florida Entomologist (Gainesville), 48: 155-157.

Dekle, G.W.; Kuitert, L.C. 1962. Mysterious invader. Sunshine State Agriculture Rep. Agriculture Experiment State. University of Florida, 7(3):10-12.

Munroe, E.G. 1995. Crambidae: Musotiminae. In J. B Heppner (ed.), Atlas of Neotropical Lepidoptera, Checklist Part II: Hyblaeoidea-Pyraloidea-Tortricoidea, 47. Gainsville: Assoc. Trop. Lepid.

Pritchard, A.E. 1951.The fern mite: a newly recognized pest on California ferns readily controlled by treatment with proper chemicals. California Agriculture. July 1951.

Warburton, C. 1904. Mites of the genus *Tarsonemus* with a description of two new species. Journal of the Royal Agricultural Society, England. 65: 273-287.

NORMATIVA PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ALCANCES TECNOLÓGICOS

ASPECTOS GENERALES

1. La edición de la revista es una de las actividades relevantes del área de transferencia de tecnología del INTA-Costa Rica, por lo que se publicará un número por año.

2. Únicamente se aceptarán aquellos artículos que no hayan sido publicados en otra(s) revista(s).

3. La revista tiene carácter técnico-científico y en ella se pueden publicar:

• Artículos formales

Se refiere a una investigación profunda y detallada con todos los elementos de un artículo científico (resumen, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión y literatura citada). Se debe demostrar la profundidad del estudio y resaltar los méritos del trabajo para su publicación en una revista científica.

• Comunicaciones cortas

Son resultados preliminares de urgencia e interés. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo formal, debe contener introducción y resultados.

• Notas técnicas

Se refiere a la publicación de técnicas o metodologías innovadoras. La extensión máxima es de cinco páginas.

• Revisiones bibliográficas

Son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés en las ciencias agrícolas.

• Análisis y comentarios

Es el análisis de una situación específica, realizado por un especialista con reconocida trayectoria en el campo.

• Informaciones técnicas

Están enfocadas en aprovechar la amplia experiencia de un experto en un campo específico (Araya 2009).

PROCEDIMIENTOS

1. La aceptación o no de los escritos será de acuerdo con las normas y procedimientos para publicar artículos científicos y es competencia del Comité Editorial del INTA.

2. Una vez que el Comité Editorial recibe el artículo, dispone de un mes para enviarlo a los revisores. Los revisores internos tendrán un plazo máximo de un mes para entregar las publicaciones revisadas con un informe escrito de las mismas. A los revisores externos se les sugerirá el mismo tiempo para revisarlo.

3. Cuando el artículo es devuelto por los revisores, la editora o el editor dispondrá de ocho días hábiles para enviarlo a los autores con una nota en la que se indican las correcciones respectivas. Por su parte, los autores contarán con un plazo máximo de 15 días hábiles para hacer las correcciones y devolverlo, a la editora o al editor.

4. Los artículos científicos deben tener una extensión máxima de 20 páginas escritas a doble espacio, en Microsoft Word con letra Arial 12.

5. Las notas técnicas deben tener una extensión no mayor de 12 páginas escritas a doble espacio, con el mismo tipo de letra.

6. En la redacción de los artículos se deben utilizar las normas de la Real Academia Española y las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal.

• Las unidades no llevan punto, se escriben con minúscula y no tienen plural. Algunos ejemplos son: kilogramo (kg), gramo (g), metro (m), hectárea (ha), grados Celsius (C), milímetro (mm), miligramo (mg) litro (l), metros sobre el nivel del mar (msnm), elementos (N,P entre otros), compuestos químicos (como por ejemplo: NaOH, NaCl).

• Cuando las unidades no están precedidas por un número, se expresan por su nombre completo sin utilizar su abreviatura. Por ejemplo: metro en lugar de m.

• Los decimales se indican con coma; los miles y los millones con un espacio. Ejemplo: 8 327 451,25. Los números de cuatro cifras se escriben sin espacios. Ejemplo: 2458.

• En el caso de los números del cero al nueve, cuando no van seguidos de unidades, se escriben con palabra; y números para valores iguales o mayores a diez.

7. Cuando se citan plaguicidas se debe utilizar solo los nombres genéricos del producto. Ejemplos: Terbufos, Oxidemeton Metil. No se acepta el uso de nombres comerciales excepto en el caso que sean formulaciones particulares que influyen en los resultados.

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

1. Título

Tiene que ser breve, específico y resumido. No más de 14 palabras. Indicar los nombres científicos en cursiva y negrita (cuando el nombre común no es muy conocido), en el texto solamente en cursiva. Las palabras del título no se repiten en las palabras clave.

Lo que no se usa en los títulos (Araya 2012)[1].

• Estudio sobre…….
• Informe de……..
• Investigación acerca de……..
• Contribución a……
• Resultados de un estudio sobre…….
• Análisis de los resultados……

Los nombres científicos (género, especie, cultivar y el nombre del clasificador) deberán ser citados para cada organismo en su primera mención, posteriormente se puede continuar usando el nombre común. Se escriben con letra cursiva.

2. Autor(es)

Se considera (n) autor (es), el (los) individuo (s) (autor (es) personal (es), o la entidad (es), institución (es), asociación(es), organización (es), sociedad (es) (autor (es) corporativo (es), responsable (s) de los contenidos intelectuales de las publicaciones.

El orden en el que se mencionan va de acuerdo con su contribución y aportes en la investigación y se colocan debajo del título. Con una nota al pie de página indicando la institución para la cual labora el (los) autor (es). Se omiten los grados académicos del (los) autor (es). Si el (los) autor (es) lo desea (n) puede (n) indicar la dirección electrónica.

3. Resumen:

Se coloca después del nombre de los autores y presenta en forma concisa el mensaje del artículo, describiendo brevemente los materiales y condiciones más relevantes del experimento. Debe indicar el año y lugar, los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes. Las oraciones usadas deben ser racionales, objetivas y justificar el porqué de la investigación y el objetivo, evitando describir directamente los materiales y métodos. La extensión no debe exceder las 250 palabras. Debajo del resumen se colocan las palabras clave.

[1]Araya R. 2012. Lo que no se usa en los títulos. (entrevista). San José, CR. Comunicación Personal.

4. Introducción

Define el problema que motiva la investigación y al final de esta sección se indican los objetivos o razones del estudio. Pueden incluirse citas bibliográficas para ayudar a la definición del problema y del trabajo. La extensión de ésta se recomienda sea de aproximadamente 350 palabras (MAG 1990).

5. Materiales y Métodos

Describen en forma bien detallada la ubicación, la fecha de inicio y término, el ambiente, los materiales, las técnicas, los tratamientos, el diseño experimental, los análisis estadísticos y las variables a evaluar expuestas con suficiente claridad para que otros científicos puedan repetir el estudio. Si el método es muy conocido, solamente se incluyen referencias bibliográficas aclaratorias; si es nuevo o modificado se debe escribir nuevamente. Escribir en orden cronológico (MAG 1990).

6. Resultados y Discusión

Se recomienda que ambas partes vayan juntas. Los resultados describen la información generada por la investigación; debe escribirse en forma concisa y siguiendo una secuencia lógica, usando cuadros y figuras (cuando se incluyen fotografías, se les da el nombre de figuras y su numeración se debe ajustar a la secuencia de los gráficos). Los cuadros se presentan sin divisiones internas. Los cuadros y figuras deben estar ubicados donde se mencionan, deben ser auto explicativos y la información debe presentarse en forma completa, clara y concisa, de tal forma que no se tenga que recurrir al texto para entender el resultado presentado. Use decimales cuando sea justificado, si no, redondee o aproxime apropiadamente. Además de la descripción del contenido de la figura, en el título debe contener el lugar y el año en que se hizo el trabajo de investigación.

En la discusión no abuse de la estadística, úsela como una herramienta para probar la(s) hipótesis propuesta(s), con una base objetiva. Suministrar la significancia de las pruebas.

Se discutirán los resultados obtenidos, comparándolos con otros trabajos afines para dar interpretaciones o hacer deducciones lógicas sobre las diferencias o concordancias encontradas.

En la "Discusión" se debe explicar hasta qué punto los resultados obtenidos contribuyen a la solución del problema (limitantes) y qué puede traducirse en recomendaciones, aplicaciones, sugerencias e hipótesis (MAG 1990).

7. Conclusiones

Van incluidas en la discusión

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (LITERATURA CITADA)

La lista de la literatura citada debe estar conformada por no menos de diez citas bibliográficas recientes y se deben utilizar las NORMAS DE REDACCIÓN (IICA-CATIE) en su 4 ed.

- **Libros y Folletos**

La portada es la fuente principal de la información para redactar la referencia, sin embargo, hay otras partes como la cubierta, la falsa portada, el colofón, la solapa, la introducción, etc.

Los elementos son:

Autor(es). Año de publicación. Título: Subtítulo. Mención del traductor y /o editor. Edición. Ciudad y/o país de publicación en caso necesario, Casa editora. Páginas o volúmenes (Mención de serie).

Crosby, PB.1990. Dinámica gerencial: el arte de hacer que las cosas ocurran. México, DF, Mc Graw-Hill.272p. (Serie de Administración).

- **Tesis**

Se elabora de la misma forma que la de los libros y folletos, pero después del título se anota la palabra Tesis seguida del grado académico en forma abreviada, en el idioma en que está escrita la tesis.

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del grado académico. Ciudad y país donde se ubica la institución, Nombre de la institución que otorga el grado. Páginas.

Yah Correa, E. V.1988. Crioconservación de suspensiones celulares embriogénicas de *Musa* spp iniciadas a partir de flores inmaduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p.

- **Conferencias, Congresos, Reuniones y otros**

Los informes, memorias, actas, resúmenes de las conferencias, congresos, reuniones, simposios, nacionales e internacionales se anotan por el mismo nombre de la conferencia, congreso, o reunión.

Los elementos son:

Nombre del evento (Número, Año de realización, Lugar donde se realizó). Año de publicación. Título. Mención del Editor (es). Ciudad y país de publicación, Casa editorial. Páginas o volúmenes.

Regional Workshop Needs and Priorities for Forestry and Agroforestry Policy Research in Latin América (1993 San José, CR). 1994. (Report). Eds. M Alfaro, R de Camino, M. I. Mora, P Oram. San José, CR, IICA. 298 p.

- **Analíticas**

Obra colectiva

Es la referencia biográfica de un trabajo escrito por un autor en un documento editado o compilado por otro(s) autor(es) tal y como es el caso de las conferencias, reuniones o congresos.

Los elementos son:

Autor, Año de publicación .Título del trabajo consultado. Preposición latina In, la referencia bibliográfica completa de la fuente que lo contiene, con las páginas iniciales y finales de la parte analizada sin mencionar nuevamente el año de publicación.

Mortimer, A.M.1990.Thebiologyofweeds. In Hance, JR; Holly, K. eds. Weed control handbook: principals. 8 ed. Oxford, GB, British Crop Protection Council. p. 1-42.

Santos Pereira, H dos. 1997. Brasil. In Reunión de los puntos focales de los Programas forestales nacionales de América Latina y el Caribe (1997, Brasilia, DF). Memoria. Santiago, CL. p. 49-56.

Trabajo de un autor en su propia obra.

La redacción de la referencia bibliográfica de una parte o capítulo con título específico escrito por un autor en una obra propia, tiene los elementos siguientes:

Autor. Año de publicación. Título de la parte o capítulo. Preposición **In** y los datos que incluye la referencia bibliográfica completa del libro o folleto sin mencionar nuevamente el autor ni el año de publicación. El autor se vuelve a mencionar en el caso que la publicación contenga más de un autor o un editor.

Phetig, R. 1994. Valuing the environmental methodological and measurement issues. In Ecological dynamics and the valuation of environmental change. Dordrecht, kluwer. p. 3-22.

Mugabe, J.; Otieno-Odek, J. 1997. National access regimes: capacity building and policy reforms. In: Mugabe, J; Barber, CV; Henne, G; Glowka, L. eds. Access to genetic resources. Nairobi, ACTC. p. 95-41.

- **Publicación periódica**

Es aquella obra editada por lo general con título distintivo, en fascículos o partes a intervalos regulares, en orden numérico o cronológico y que pretende continuar indefinidamente. Incluye trabajos sobre temas diversos en un solo ejemplar, con la colaboración de varios autores (revistas, periódicos diarios).

Revistas

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título del artículo. Nombre de la revista Volumen de la revista (Número de la revista): página inicial y final del artículo.

El volumen y el número se mencionan en números arábigos.

Singh, CK.; Grewal, GS. 1998. Detection of rabies in central nervous system of experimentally infected buffalo calves. Indian Journal of Animal Sciences 68(12):1242-1254.

Sin Volumen y sin número

Se recurre a algún elemento que pueda ayudar a su identificación, como son los meses o las estaciones del año.

Powles, H. 1987. Fencing off fish. Caribbean Farming feb. 1987. 13, 21.

Con Volumen sin número

Si la revista tiene solamente el volumen se indica dicho dato, sin ninguna abreviatura.

Pierce, F. 1999. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy 67:1-58

Sin Volumen con número

Se utiliza la abreviatura **"no"** antes de dicho número.

Chamorro-Trejos, G. 1993. Zoca de café intercalada con nogal. Bosques y Desarrollo no. 9:46-49

Periódicos o diarios

Elementos:

Autor(es). Año de publicación del periódico. Título del artículo. Nombre del periódico, Ciudad de publicación, país abreviado, mes abreviado. Día: página.

Méndez, W. 1998. Prometen apoyo a cooperativismo. La Nación, San José, CR, ene.8:6A.

Separatas

La cita se hace según las normas establecidas para cada tipo de material. La fuente donde fue originalmente publicado el trabajo debe indicarse en una nota y en el idioma en que se redacta la bibliografía.

Sánchez, P. 1995. Science in Agroforestry. Nairobi, ICRAF. 50 p. Reimpreso de: Agroforestry Systems 30:5-55.

Materiales cartográficos

Incluyen mapas o atlas de países, regiones, áreas y continentes; mapas o atlas básicos con datos estadísticos; estudios de observación en agricultura; cartas meteorológicas o hidrográficas, fotografías aéreas con fines cartográficos y otros.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título. Edición. Lugar de publicación, Casa editorial. Escala. Paginación. Indicación de color (Serie).

Cortés, G. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, CR, EUNED. Ese. varía. 513 p. Color COSEFORMA (Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero, CR). Convenio Costarricense Alemán. 1996. Zonas bioclimáticas de la región Huetar Norte de Costa Rica. San José, CR. Esc. 1:200.000. Color.

Material Audiovisual

Materiales gráficos (fotobandas, diapositivas, transparencias, fotografías, diagramas y otros) y colecciones de estos materiales; grabaciones sonoras (cintas, cáseles, discos), microfichas, micropelículas, películas y videograbaciones.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del traductor y/ o editor. Edición. Ciudad y país de publicación, Casa editora. Descripción física (Mención de serie).

Microficha

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1990. Guidelines for soil profile description (microficha). 2 ed. Roma. 10,5 x 14,5 cm.

Diapositiva

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1990. La investigación silvicultural (diapositivas). Turrialba, CR.110 diapositivas, son. 1 casete (26 min.), color.

Videocinta

Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, MX.1995. La mujer y la Agricultura. Tabasco, MX. (videocasete). 1 videocinta VHS (10:49 min), son., color.

Documentos Electrónicos

Actualmente en forma electrónica se encuentran monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora, etc. Por tanto, se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles (en línea, disco compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas y otros).

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. (Tipo de medio). Edición. Ciudad y país de publicación, Casa editora. Fecha en que se consultó el material para los documentos en línea. Descripción física. Disponibilidad y acceso para los documentos en línea. (Nota de serie).

En línea

Documento disponible en línea a través de los servicios de internet.

Libros

Guzmán, M de. 1993. Tendencias innovadoras en educación matemática, (en línea).Bogotá, Unesco. Consultado 5 ene. 1998. Disponible en http://www.oel.org.co/oeivirt/edumat.htm.

Revistas

Rodríguez, I. 1999. Tratamientos del agua potable, (en línea). Globo Terráqueo No. 20610. Consultado 10 set. 1999. Disponible en htttp://www.interbook.net/personal/jigonzales1set99.htp

Base de datos

Fundación Arias para la paz y el progreso humano, CR. 1998. Ceiba: base de datos.

ONG centroamericanas, (en línea). San José, CR. Consultado 15 ene. 1998. Disponible en http://www.arias.or.cr./ceiba.

Correo electrónico

Núñez, R. 1999. Plan de trabajo SIDALC. (correo electrónico). Santo Domingo, RD, IICA.

Disco compacto

Frater, H; Paulissen, D. 1995. El gran libro de multimedia. México, DF. Computec. 1 disco compacto, 8mm.

Comunicaciones Personales

No deben figurar en la literatura citada, se mencionan en nota al pie de página en el texto de la publicación.

Elementos:

Autor. Año en que tuvo lugar la comunicación. Título de la comunicación. Lugar, e institución donde trabaja el autor. Mención de Comunicación personal.

Aguilar, JF. 1997. Forestería social (entrevista). San José, CR, Universidad de Costa Rica. Comunicación Personal.

Salazar, F. 1999. Formación de consorcios (correo electrónico). Bogotá. Comunicación Personal.

Notas

Son datos suplementarios sobre el contenido o ciertas características especiales de un documento, que se agregan a la referencia para aclarar y ampliar información cuando es necesario.

Las hay de dos tipos: Notas de contenido y Notas sobre las características específicas de la publicación.

- Notas de contenido
- Notas sobre las características específicas de la publicación.

Trabajos sin publicar

Si un trabajo no se ha publicado o está en proceso de publicación, se agrega la frase: en prensa o sin publicar.

Somarribas , E. 1997. Shade management in coffee and cocoa plantations. Agroforestry Systems. En prensa.

Presentación, ordenación y organización de la lista bibliográfica

Se presenta al final del trabajo y se le asigna el título de: Literatura Citada.

Hay diversas formas de organizaría según el uso que se le vaya a dar; sin embargo en los trabajos científicos y técnicos predomina el arreglo alfabético por autor y en orden cronológico por año de publicación iniciando con la más antigua para finalizar con la más reciente.

Citas de un mismo autor publicadas el mismo año

Luna, A. 1995a. El bosque protector. Mérida, VE, Instituto Forestal Latinoamericano. 71 p.

Luna, A. 1995b. Ordenación sostenible de los bosques naturales en Venezuela. Criterio para la evaluación de la ordenación sostenible de los bosques tropicales: caso de Venezuela. Mérida, VE. Instituto Forestal Latinoamericano. 68 p.

Si alguna de las citas de un mismo autor no tiene fecha de publicación, se coloca primero que las demás.

Formas de citar las referencias bibliográficas dentro del texto.
Por cuestiones de ética y derechos de autor todo investigador debe dar crédito de los trabajos que ha utilizado para desarrollar su investigación, facilitando con ello identificar a los autores de planteamientos y resultados anteriores que fundamentan dicha investigación.

Hay diferentes modos de citación en el texto que varían según las disciplinas. No obstante, en el caso de trabajos científicos y técnicos el que más se emplea es el *Sistema autor-fecha.* Consiste en referenciar un trabajo, del texto a la lista bibliográfica publicada al final de la publicación, por medio del apellido (s) del autor (es) seguido por el año de publicación.

Cita contextual

En la redacción de cualquier trabajo de investigación se emplea con mucha frecuencia la cita contextual. La cita contextual es aquella en que un autor toma una idea, un resultado o un punto de vista de otro autor y lo presenta en sus propias palabras para reforzar o aclarar su

propia investigación. Puede redactarse de dos maneras:

Haciendo énfasis en el autor

Es cuando el nombre del autor va incluido en la redacción del párrafo.

Brenes (1998) ha demostrado que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

Estudios realizados por Brenes (1998) muestran que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

Haciendo énfasis en el texto

Es cuando se redacta el párrafo sin mencionar el autor. Este se indica entre paréntesis al final del párrafo.

Las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos (Brenes 1998).

Ejemplos con variaciones

Publicación con un autor

Finegan (1992) demostró que el rendimiento...

El mejoramiento genético da mejor rendimiento... (Finegan 1992) Estudios realizados por Rivas Platero (1995) sobre micorrizas... Avances de investigación en micorrizas... (Rivas Platero 1995)

Publicación con dos autores

En el caso de dos autores de una misma publicación se cita por los apellidos de ambos unidos por la conjunción “y”.

Rodríguez y Salas (1993) determinaron que la rentabilidad de los sistemas agroforestales.

Considerando la rentabilidad de los sistemas agroforestales... .(Rodríguez y Salas 1993)

Publicación con tres o más autores

En el caso de tres o más autores de una misma publicación se cita por el apellido(s) del primer autor seguido por la expresión latina *et al.* (y otros).

Estudios realizados por Salazar *et al*. (1994) sobre la densidad de adultos virulíferos... .

La densidad de adultos virulíferos de *Bemisia*... . (Salazar *et al.* 1994).

Más de una cita o publicación

Cuando se requiere citar más de una publicación a la vez, se debe separar cada una de ellas por coma (,). Las publicaciones deben mencionarse en orden cronológico por fecha de publicación, de la cita más vieja a la más reciente.

Ruíz (1980), García y Sánchez (1992) y Rojas (1996) analizaron muestras de suelos... .

Fertilización con N, P, K aplicadas a muestras de suelos. (Ruíz 1980, García y Sánchez 1992, Rojas 1996)

LITERATURA CITADA

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1999. Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y CATIE. 4 ed. Costa Rica Biblioteca Conmemorativa Orton. p. 25.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1990. Normas para la publicación de artículos científicos en la revista investigación agrícola. Investigación Agrícola 4(2):3-6.

Araya, R. 2009. Instructivo para los autores. Agronomía Mesoamericana. 20(2):433-436.

REVISORES TÉCNICOS

Nombre	Institución
Allan González Herrera	UNA
Bernardo Mora Brenes	Consultor
Beatriz Molina Bermúdez	MAG
Beatriz Sandoval Carvajal	INTA
Carlos Luis Loría Quirós	UCR
Cristina Vargas Chacón	INTA
Francisco Álvarez Bonilla	MAG
Jorge Mora Bolaños	INTA
Juan Mora Montero	INTA
Juan R. Mora Camacho	UNA
Laura Ramírez Cartín	INTA
Luis Alpízar Oses	INTA
Luis D. Monge Montero	Consultor
María Mesén Villalobos	INTA
Mauricio Chacón Navarro	MAG
Nevio Bonilla Morales	INTA
Ricardo Guillén Montero	MAG
Ricardo Piedra Naranjo	INTA
Rodolfo Araya Villalobos	Consultor
Yannery Gómez Bonilla	INTA
Sayra Munguía Ulloa	Consultora
Sergio Abarca Monge	INTA
William Villalobos Muller	UNA
William Sánchez Ledezma	INTA

REVISTA ALCANCES TECNOLÓGICOS
En línea
www.platicar.go.cr

La semilla del híbrido Pococí se encuentra disponible en las estaciones experimentales Los Diamantes del INTA, ubicada en Guápiles y en la Fabio Baudrit Moreno de la UCR, ubicada en la Garita de Alajuela. Durante el 2012 ambas estaciones abastecieron de semilla a no menos de 300 productores para un total de 750 ha sembradas del híbrido en todo el país.



Figura 3. Producción de semilla en invernadero. EEFBM. Alajuela, Costa Rica. 2011.

En la actualidad el proceso de mejora continúa buscando nuevas variedades con buenas características productivas y gustativas que satisfagan a los usuarios del país y del exterior.



Figura 4. Día demostrativo de un nuevo material de papaya con técnicos y productores. Guácimo, Costa Rica. 2011.

La tecnología generada en el proyecto se transfiere a los productores a través de las respectivas acciones institucionales y también en conjunto con el equipo técnico del Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología (PITTA) papaya.



Figura 5. Curso nacional sobre manejo de la papaya. PITTA papaya. San José, Costa Rica. 2011.



Figura 6. Día de campo en la planta empacadora del Centro Agrícola de Guácimo. PITTA papaya. Limón, Costa Rica. 2011.