

IMPORTANCIA DE LA NUTRICIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE PIÑON (*Jatropha curcas* L.)

IMPORTANCE OF ORGANIC NUTRITION IN JATROPHA CULTURE (*Jatropha curcas* L.)

Edgar Jaime Salinas¹, Carlos Manuel Acosta Durán^{2*},
Noelia Vázquez Benítez¹, Oscar Gabriel Villegas Torres²

¹Estudiante del Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural de la FCAg, UAEM.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. México.

*Autor responsable. Correo-e: acosta_duran@yahoo.com.mx

RESUMEN

El piñon es una planta originaria de México, el cual se cultiva en gran parte del mundo para ser utilizado como bioenergético. Las escasas condiciones agroecológicas para su cultivo, permiten su explotación en zonas rurales y rústicas. Sin embargo un buen manejo acompañado de una nutrición adecuada aumenta en gran medida la cantidad de aceite obtenida por planta. Se sabe que es una planta que puede tener una alta producción en suelos adecuados y bien nutridos. En la actualidad existe muy poca información sobre la demanda nutricional del piñon. Se sabe que es visiblemente sensible a las deficiencias de macro nutrientes y no es así con la ausencia de microelementos. Diagnosticar

las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de fertilización para alcanzar los rendimientos económicos esperados. Se han evaluado algunas dosis de fertilizantes sintéticos y orgánicos logrando obtener diferentes dosis de recomendación para lograr una buena cosecha.

Palabras claves: *bioenergéticos, suelos, fertilización, biocombustibles.*

ABSTRACT

Jatropha is a native plant of Mexico, which cultivates largely of the world to be used like bioenergetics. The scanty agro ecological conditions for his culture, they allow his exploitation in rural and rustic zones. Nevertheless a good managing

accompanied of a suitable nutrition increases to a great extent the quantity of oil obtained by plant. It is known that it is a plant that can have a high production in suitable and nourished well soils. At present there exists very little information about the nutritional demand of *jatropha* plants. It is known that it is visibly sensitive to the deficiencies of macro nutrients and is not like that with the absence of microelements. To diagnose the nutritional deficiencies of the cultures allows fitting the practices of fertilization to reach the economic awaited performances. There have been evaluated some doses of synthetic and organic fertilizers managing to obtain different doses of recommendation to obtain a good yield.

Key words: *bioenergetics, soils, fertilization, bio fuel.*

INTRODUCCIÓN

La humanidad enfrenta los problemas más grandes de toda la historia moderna: la falta de alimentos y la falta de energéticos, dichos problemas se han generado por el consumo inmoderado y sin responsabilidad de los recursos naturales (incluyendo al petróleo).

En 1972 en la Conferencia de Estocolmo, la comunidad internacional debatió sobre las consecuencias ambientales del manejo de los recursos naturales y la regulación del crecimiento de las sociedades industriales. Se tomó conciencia que en un mundo con recursos finitos no existe la posibilidad de crecimiento infinito de la producción. En esta conferencia surgió el concepto de desarrollo sustentable, entendido como aquél que satisface las necesidades del presente sin afectar las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, con este concepto también surge la necesidad de desarrollar energías renovables.

La población mundial crece más rápido que el crecimiento del combustible líquido. Las reservas mundiales tienen

tendencia de agotarse en los futuros 35 - 40 años, lo que conlleva al encarecimiento de este combustible en un futuro breve. En vista de esta situación, en Europa desde hace varios años está creciendo la producción de biocombustibles a base de aceite vegetal como sustituto del petróleo.

El ahorro de energía, en lo general, y de producción de energía renovable en lo particular, ha adquirido importancia mundialmente a partir de la primera crisis petrolera, en la década de los 70, por razones políticas y actualmente por razones ambientales, debido al calentamiento del planeta ocasionado por el consumo de hidrocarburos en la generación de energía, que produce polución ambiental, tanto térmica como atmosférica y que ocasionan el efecto invernadero.

Considerando el alto costo que significan las importaciones de hidrocarburos, el alto nivel de desempleo existente en el país, la crisis económica, la necesidad de reforestación, la gran cantidad de áreas disponibles y la falta de divisas líquidas; es de vital importancia el desarrollo de una alternativa de fuente energética, como el cultivo de la *Jatropha* para la extracción de aceite y su procesamiento para poder ser utilizado como combustible, que además de ser renovable y de menor grado de contaminación que los combustibles de origen fósil amplía el nivel de ocupación para el sector rural y mejora el ingreso de los agricultores involucrados (Zamarripa-Colmenero *et al.*, 2009).

México y los agroenergéticos

México es un país privilegiado debido a su gran variedad de suelos y climas que combinados a las adecuadas cualidades de tierra, le permite obtener una amplia variedad de productos agrícolas, dentro de éstas se encuentran plantas de un gran potencial energético como: la soya, la higuera, el piñón, el girasol, el aguacate y otros, que representan una oportunidad invaluable para iniciar un proyecto de

desarrollo de una economía sostenible (Zamarripa-Colmenero *et al.*, 2009).

El piñón (*Jatropha curcas* L.) se encuentra dentro de la categoría de plantas productoras de aceite. Es una planta oleaginosa que se encuentra distribuida en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se conoce con más de 200 nombres y crece de manera silvestre y también plantada como cerca viva. En la actualidad es cultivada para la extracción de aceite y producción de biocombustible usado en motores diesel. El centro de origen de esta especie se encuentra en Mesoamérica, que incluye desde el norte de México hasta el norte de Centroamérica. La historia indica que, el piñón ha sido sembrado como cerca viva desde hace varios siglos. Se la cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África. A pesar de ser una planta originaria del continente americano, su mayor uso se dio en África, (a donde fue llevada en el siglo XVIII en las galeras portuguesas que traficaban con esclavos hacia Brasil). En los países africanos de Cabo Verde, Madagascar y Malí, el aceite de la semilla se utiliza para la producción de combustible para el alumbrado público. Su uso también se remonta a la Segunda Guerra Mundial, cuando el aceite se utilizó en motores de equipos militares en ese continente (Torres, 2007).

En México existen diferentes zonas donde podemos encontrar de manera silvestre plantas de *J. curcas*. En el estado de Morelos, por ser un territorio en el cual su clima favorece al crecimiento de esta planta y por lo tanto está considerado como un estado con alto potencial para este cultivo, ya que en varios de los municipios de la zona sur-poniente del estado, podemos encontrar plantas silvestres, lo cual es indicador para ser un cultivo exitoso y sustentable (Mc Laughlin, 1985). Algunas de las características para ser considerado como un cultivo con potencial en el estado de Morelos son: poseer bajos requerimientos hídricos; tolerar condiciones ambientales extremas; producir algún

compuesto con precio superior a los productos comestibles, tales como resinas, aceites con propiedades para uso industrial, etc.; no ser comestibles y preservar el medio ambiente (Mc Laughlin, 1985).

Solamente en México se han encontrado variedades de *Jatropha* no tóxicas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de comidas tradicionales por los pobladores de la región de Papantla en Veracruz, Otón P. Blanco en Querétaro, Puebla en Veracruz, Yautepec y Mazatepec en Morelos y Huitzilán en Puebla (Makkar *et al.*, 1998; Martínez-Herrera *et al.*, 2006).

Características generales del piñón

Taxonomía

Reino: Plantae
 Filo/división: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida (Dic.)
 Orden: Euphorbiales
 Familia: Euphorbiaceae
 Nombre científico: *Jatropha curcas* L.
 Nombre común: Coquito, Capate, Tempate, Piñón, Piñoncito, Piñol, Higos del duende, Barbasco, Piñones purgativos, Periyasaki (piro); Piñón joshó (amahuaca); Wapa-wapa oshe (ese eja); Josho pionis y Huiso pionis (shipibo-conibo), Peaó branco (portugués); Higo de infierno (Bolivia); Purga de fraile (Colombia), Tua tua (Venezuela); Sket'noto (Surinam).

Morfología vegetal

J. curcas es un arbusto o árbol pequeño de 2 a 6 m de altura con corteza blanco-grisácea, que exuda un látex translúcido.

Tallo: Los tallos crecen con una discontinuidad morfológica en cada incremento, es un cilindro verde robusto que produce ramas con savia láctea o rojiza viscosa.



Figura 1. Semillas maduras de piñón (*J. curcas*).



Figura 2. Plántula de piñón (*J. curcas*).



Figura 3. Planta joven y aspecto de las ramas de piñón (*J. curcas*).

Raíz: Normalmente se forman 5 raíces de los arbolillos, 1 central y 4 periféricas.

Hoja: Las hojas se forman normalmente con 5 a 7 lóbulos acuminados pocos profundos y grandes. Tienen pecíolos largos con una longitud de 10 a 15 centímetros y anchura de 9 a 15 centímetros, ovadas y se colocan de forma alterna a subalterno opuesto con una filotaxis espiral y se caen durante la época seca. Son hojas anchamente ovadas, levemente 3 a 5 lobadas, abiertamente cordadas en la base con 5 nervaduras y pubescentes en las nervaduras del envés (Figura 4).



Figura 4. Aspecto típico de las hojas de piñón (*J. curcas*).

Flor: Las inflorescencias se forman terminalmente en la axila de las hojas en las ramas. Se colocan diez estambres en dos espirales distintas de 5 cada uno en una sola columna en el androceo. Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6-8 mm), de color verdoso-amarillo y pubescentes. Los pétalos son de 6-7 mm de largo. La longitud del pecíolo va entre 6-23 mm. En condiciones dónde ocurre

crecimiento continuo, se observa un desequilibrio de flores pistiladas y estaminadas generando como resultado la producción en un número más alto de flores hembras. Son flores verdosas o blanco-amarillas de 10 a 25 mm de largo y con un pedúnculo de 4 a 10 centímetro del largo. Las flores femeninas presentan brácteas acuminadas y las masculinas presentan brácteas aovadas y pedicelos pubescentes (Figura 5).

Fruto: Son cápsulas drupáceas y ovoides, después de la polinización, se forma una fruta trilocular de forma elipsoidal. Las frutas son cápsulas inicialmente verdes pero volviéndose a café oscuro o negro en la madurez (Figura 6). Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4 centímetros de largo por 2 centímetros de ancho, elipsoidales y lisas que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas. Los frutos se producen en invierno cuando el arbusto tira sus hojas, puede producir varias cosechas durante el año si la humedad de la tierra es buena y las temperaturas son suficientemente altas. Cada inflorescencia rinde un manojito de aproximadamente 10 frutos ovoides o más. El desarrollo del fruto necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla (Kobilke, 1989).

Semilla: La fruta produce tres almendras negras, cada una aproximadamente de 2 centímetros de largo y un centímetro de diámetro (Figura 7). En promedio el peso de 1000 semillas es aproximadamente 500 g, contiene aproximadamente 50-60 % de aceite, 30-32 % de proteína y 60-66 % de lípidos. La cáscara es aproximadamente 43 % de la semilla y el grano 57 % del cual el 30 % es grasa cruda. Su producción anual promedio es de 5 toneladas por hectárea. La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio (Dehgan y Webster, 1979).



Figura 5. Floración y amarre de fruto de piñón (*J. curcas*).



Figura 6. Frutos tiernos y maduros de piñón (*J. curcas*).



Figura 7. Distribución de las semillas en el fruto y aspecto de la almendra de piñón (*J. curcas*).



Figura 8. Aspecto de un árbol adulto de piñón (*J. curcas*).

Las principales bondades del piñón son:

- Crecimiento en cualquier tipo de tierra.
- No tiene ningún insecto, enfermedad o predador (ganado u oveja) que representen una amenaza total.
- Puede sobrevivir períodos largos de sequedad.
- Puede producirse en áreas con baja precipitación pluvial (200 mm por año).
- La propagación es fácil.
- Produce frutos después del primer año, se estabiliza en su producción en el quinto año y continúa durante 25-30 años produciendo frutos de buena calidad.
- Produce muchos productos y subproductos que pueden ser aprovechables.

El cultivo del piñón

Aunque el piñón se siembra en distintas partes del mundo, se marcan comportamientos de productividad muy diferentes en cada región. Mientras que datos de producción en una zona reflejan rendimientos elevados, otras regiones del mundo o aun dentro un país, muestran lo contrario. El piñón crece casi en cualquier terreno, incluso en las tierras pedregosas, arenosas y salinas, puede crecer en la tierra pedregosa más pobre, inclusive puede crecer en las hendeduras de piedras. La materia orgánica de las hojas del cobertizo refuerza la actividad del gusano de tierra alrededor de la zona de la raíz de las plantas que mejoran la fertilidad de la tierra (Fuentes *et al.*, 2006).

Climáticamente, el piñón se encuentra en los trópicos y subtrópicos, le gusta el calor aunque también las bajas temperaturas y puede resistir una escarcha

ligera. Su requerimiento de agua es sumamente bajo y puede resistir períodos largos de sequedad por el derramamiento de la mayoría de sus hojas para reducir la pérdida durante la transpiración (Rowell, 1994).

Nutrición del piñón

Cuando las plantas sufren deficiencias de elementos nutritivos, manifiestan un desarrollo anormal que permite apreciar síntomas más o menos característicos de la falta de un nutriente en particular (Fuentes *et al.*, 2006). La investigación permite aportar soluciones para mejorar la productividad del piñón, a través de la aplicación de las soluciones nutritivas completas, al eliminar un nutriente se puede determinar el efecto de nutrientes en la planta (Rowell, 1994).

Los síntomas pueden ser claramente visibles cuando la deficiencia es aguda y la tasa de crecimiento y rendimiento son claramente bajas (Marschner, 1995). En este caso, es muy importante conocer el estado de disponibilidad de nutrientes en el suelo y confirmarlo con el análisis del tejido vegetal y la respuesta de la planta a la fertilización (Casotti, 2008).

No se debe pasar por alto el diagnóstico de deficiencias de nutrientes, a través de la coloración de la planta, debido a que el color del tejido puede estar influenciado no solo por la composición química del suelo, sino también por la deficiencia o exceso de agua, baja temperatura, la actividad fotosintética o la incidencia de enfermedades. Las manifestaciones de color de las deficiencias nutricionales no siempre son similares en todas las especies de plantas (Casotti, 2008).

Para corregir la acidez del suelo, acelerar la descomposición de la materia orgánica, aumentar el aprovechamiento de

los nutrientes y reducir la acción de las sustancias tóxicas, se aplican: cal o roca fosfórica. El uso de este tipo de correctivos permite mejorar y equilibrar las condiciones físico-químicas del suelo y mejorar la asimilación efectiva de los nutrientes por las plantas (Parthiban et al., 2009).

El diagnóstico basado en los síntomas visibles de la planta requiere un enfoque sistemático (Cuadro 1). Los síntomas aparecen preferiblemente en las hojas más viejas o más nuevas, dependiendo si los nutrientes minerales son fácilmente translocados o no. El patrón de distribución de los síntomas también puede ser modificado por el método empleado para inducir la deficiencia, es decir, el

suministro de insuficiencia permanente o la interrupción repentina de un alto suministro (Marschner, 1995).

Relación entre la nutrición y la calidad del aceite del piñón

Esta especie se ha adaptado a muchas regiones del planeta, dando lugar a una cantidad significativa de cultivares y variedades. Estos se diferencian fundamentalmente en la cantidad y calidad de aceites de sus semillas. La especie es también muy rústica y se adapta a suelos pobres y tolera los periodos de sequía, aunque su producción se ve favorecida con el aporte de agua (Casotti, 2008).

Parte de la Planta	Síntoma Común	Trastorno
Láminas foliares viejas y maduras	Clorosis	Deficiencia N (S) Mg (Mn)
	Necrosis	
Láminas foliares nuevas y ápice	Clorosis	Deficiencia Fe (S) Zn (Mn)
	Necrosis (clorosis)	
	Deformaciones	Ca, B,Cu
		Mo (Zn, B)
Láminas foliares viejas y maduras	Necrosis	Toxicidad Mn (B)
	Clorosis, Necrosis	B (sal) (daño por aspersion) Toxicidad no específica

Fuente: Marschner 1995.

Por otra parte, algunos autores mencionan que las condiciones pobres de suelo hacen que las tierras marginales no puedan soportar plantaciones con alta densidad de siembra sin afectar adversamente la producción por planta, sumado a esto, Openshaw (2000) afirma que el crecimiento de la planta depende de la fertilidad del suelo y especialmente de la precipitación. De igual manera, la floración y la producción de semillas responden a estos factores y además, responden favorablemente a los nutrientes. En suma, un bajo nivel de nutrientes puede afectar el desarrollo de la semilla. Sin embargo, numerosas organizaciones de desarrollo y cooperación internacional, tales como el Banco Mundial y varias ONG's, están planificando y ejecutando proyectos de desarrollo, basados en el cultivo del piñón por parte de los pequeños agricultores en zonas con condiciones agroecológicas desfavorables.

Fertilización del piñón

Es de vital importancia que las plántulas logren enraizar lo más rápido posible después del trasplante.

Ospina y Ceballos (2002), siguiendo el programa de fertilización, el cual fue elaborado en base a conceptos básicos de agricultura, y respaldado por un análisis de suelo se fertilizó por primera vez a las 20-25 días después del trasplante. Se aplicó un fertilizante alto en fósforo (P), un elemento vital en el enraizamiento que va acompañado de nitrógeno (N), elemento esencial para el crecimiento vegetativo. La fórmula que se usó es la 18-46-00 (DAP), es un fosfato diamónico, el cual ha dado excelentes resultados como iniciador en muchos cultivos. La dosis que se aplicó es de 0.75 Kg por planta, la cual fue colocada al lado de las plantas.

Henning en 1998 utilizó una fertilización a las 40-50 días después del trasplante. Se aplicó urea que es un

fertilizante con un alto contenido de nitrógeno a una dosis de 1.5 onzas por planta. La fórmula de la Urea es la 46-0-0. El nitrógeno es esencial para el desarrollo de tejido vegetal nuevo. Lo que se busca durante los primeros cuatro meses después del trasplante es un crecimiento rápido para alcanzar la altura necesaria para comenzar a florecer.

Se realizó una aplicación de fertilizante foliar al comienzo de la floración. La fórmula que se aplicó es 20-20-20 a razón de 1.5 Kg de producto comercial por hectárea. El objetivo principal de la fertilización foliar es el de proveer a la planta los nutrientes necesarios para el desarrollo del fruto y la formación de semillas.

Uno de los grandes mitos del piñón es que se adapta a suelos pobres de baja fertilidad y que no requiere fertilización. Sin embargo resultados del INIFAP demuestran que una planta de piñón sin fertilizar o abonar estará mal nutrida, débil y poco vigorosa propensa a tener una baja producción. Expertos en el cultivo de piñón mexicano del INIFAP, realizaron ensayos de fertilización en ambientes edafoclimáticos diversos. Se encontró una respuesta alta a la aplicación de fertilizantes tanto químicos como orgánicos, en el primer y segundo año de la plantación. La fertilización con Nitrógeno (N) y Fósforo (P) incrementó el rendimiento de 400 a 800 % y favoreció el desarrollo vegetativo (número de ramas, número de hojas, diámetro de tallo, etc.) de manera significativa. En el caso de Chiapas, todos los tratamientos con nitrógeno (N) aumentaron el rendimiento en comparación con el testigo (sin fertilizar), siendo la fórmula 60-40-20, la de mejor respuesta con un rendimiento de semilla superior a 400 %. (Zamarripa-Colmenero *et al.*, 2011)

Fertilización orgánica del piñón

Las prácticas agronómicas de fertilización hacen referencia a todas aquellas técnicas que permiten mejorar la

fertilidad de las tierras desde el punto de vista físico, químico y biológico (Berscht, 2003). Dentro de ellas, el abastecimiento de nutrimentos se realiza a través de fuentes minerales (fertilizantes sintéticos) y abonos orgánicos como los estiércoles, restos de cosecha, composta y vermicomposta, entre otros. En las últimas décadas se ha retomado la importancia en el uso de las fuentes orgánicas debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos y al desequilibrio ambiental que estos ocasionan en los suelos y a la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas que es un aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de dichos sistemas (Salas y Ramírez, 2001). En el país, existe amplia tradición en el uso de abonos orgánicos como fuentes de suministro de nutrimentos y enmiendas del suelo en los sistemas de producción hortícola en las zonas rurales, empleándose principalmente productos como la gallinaza, el estiércol de chivo y el de ganado vacuno y en menor proporción la composta y la vermicomposta. Debido a la creciente demanda en el uso de estos abonos se considera de gran importancia estudiar, analizar y evaluar el efecto de diferentes tipos y dosis usados en los principales rubros agrícolas del país, lo que contribuirá a realizar un uso eficiente y racional de los mismos.

Muchas son las referencias en las que se señalan las ventajas derivadas del uso de materiales orgánicos debido a su capacidad para mantener el humus; sin embargo, muchos aspectos del uso de estos productos no han sido evaluados adecuadamente debido en gran medida a la falta de indicadores y metodologías apropiadas para cuantificar la dinámica de la materia orgánica y métodos que evalúen la calidad de los abonos orgánicos, particularmente, aquellos que estimen el aporte de nutrimentos disponibles a las plantas (Salas y Ramírez, 2001).

Al respecto algunos investigadores (Vandevivere y Ramírez, 1995; Salas y Ramírez, 2001) señalan la inconveniencia

del uso de análisis químicos cuantitativos convencionales que determinan la cantidad de elementos (totales o extraíbles) y que no son los más adecuados para pronosticar con certeza la respuesta de las plantas a la aplicación de los abonos orgánicos; es así como desarrollaron y validaron una metodología para determinar el valor fertilizante de los abonos orgánicos, basada en el incremento de la población y actividad microbiana nativa de una mezcla.

El piñón como regenerador de suelos

El piñón se destaca por su producción de biomasa, versatilidad de usos y adaptabilidad a condiciones marginales (Sotolongo y Beatlon, 2005), también posee la capacidad de restaurar suelos erosionados por la gran cantidad de materia orgánica que produce (Henning, 1998).

Muchas veces se tiende a confundir un síntoma de deficiencia nutricional con el de una enfermedad fungosa (por ejemplo una necrosis causada por antracnosis), daños causados por trips con los síntomas de una deficiencia, clorosis y necrosis causada por un herbicida, clorosis causada por mal drenaje o el exceso de agua (Ospina y Ceballos, 2002).

Requerimientos agroecológicos del piñón

De acuerdo a Tormo (1998) el clima para el cultivo del piñón debe ser tropical o subtropical, con temperatura media anual de 28 °C y altitudes desde 0 hasta los 1,200 msnm. Además, es deseable una precipitación de 300 – 1800 mm/año. La fertilización puede realizarse con la aplicación de nitrógeno (urea) y fósforo (superfosfato) que propician la floración. Los suelos deben ser arenosos, ventilados, bien drenados, con pH 5-7, fertilidad media a escasa y con profundidad mínima de 60 cm.

El descubrimiento y desarrollo de más variedades de piñón alrededor del

mundo impulsan a profundizar el conocimiento de las actuales para darles tratamientos más adecuados, acorde a las condiciones agroecológicas y micro climáticas de cada región y optimizar el aprovechamiento y los beneficios de la planta.

CONCLUSIONES

Como conclusión sobre este trabajo de revisión podemos comentar que existirán diferencias, en cada zona en donde se cultive el piñón de acuerdo con la composición del suelo. Existen factores agroecológicos específicos de cada sitio que determinan el comportamiento del piñón. Estos factores pueden tener que ver con el drenaje, la temperatura, la humedad relativa; la calidad del suelo, etc., sobre lo cual habría que investigar en mayor detalle. Sin embargo, cabe señalar que el piñón crece en cualquier tipo de suelo y resiste todo tipo de climas sin llegar al congelamiento.

Probablemente, la baja eficiencia del piñón en algunas áreas se deba a que los ámbitos de precipitación son menores a los requeridos. De acuerdo a la literatura, el ámbito deseado es de 300 – 1800 mm/año. El comportamiento de la especie también puede tener repercusiones originadas por el manejo, tales como el control de malezas, el control de sombra, la poda, la fertilización, el manejo de la semilla y las plagas, entre otros. Aunque entre las principales razones para seleccionar el piñón como cultivo está sus bajos requerimientos de agua y por su adecuación a tierras áridas y secas, el hecho que el piñón sobreviva a la sequía no significa que este no pueda ser más productivo si tuviera agua. Además, los cultivos perennes están adaptados a soportar por más tiempo las épocas secas. No obstante, aún los árboles requieren de agua durante el inicio de su desarrollo en la que su crecimiento y productividad son afectados de manera permanente.

Las plantaciones de piñón responden con resultados mejores cuando

han sido fertilizadas, sin importar variedad o el contexto agroecológico en el que fueron sembradas. Lo anterior sugiere una posible adaptabilidad del piñón a diversas condiciones que se manifiesta en la medida que se siembra en mayor escala.

Para el cultivo del piñón, la profundidad de los suelos debe ser de 60 cm como mínimo.

La información obtenida en este estudio demuestra, por el contrario, que aunque el piñón pudiese sobrevivir en condiciones degradadas requiere fertilización y manejo apropiado desde el punto de vista de producción y productividad de aceite.

Es posible diagnosticar las deficiencias nutricionales y las necesidades de correctivos en primera aproximación de los cultivos, esto permite ajustar las prácticas de fertilización para alcanzar los rendimientos económicos esperados.

El cultivo de piñón presenta una actividad con gran potencial para las zonas marginadas del país así como toda una nueva cultura sobre los bioenergéticos.

El efecto de deficiencias de los macronutrientes es físicamente y morfológicamente visibles, en comparación a los micronutrientes.

RECOMENDACIONES

Incrementar los estudios científicos con respaldo estadístico en los núcleos de producción sobre temas como fertilización, podas, control de plagas, riego, etc.

Promover la investigación en un mayor número de cultivos agroenergéticos.

LITERATURA CITADA

Bertsch, Floria. 2003. Abonos orgánicos. Manejo de la fracción orgánica y de los

aspectos biológicos del suelo. In: Gloria Meléndez y Eloy Molina (eds.).

Casotti, W.J. 2008. *Jatropha*, perspectivas para la república de Argentina. (En línea). Consultado 15 Sept. 2009.

Dehgan, B., G. Webster. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). Univ. Calif. Publ. Bot. 74 pp.

Fuentes, A., Veliz, J., Imery, J. 2006. Efecto de la deficiencia de macronutrientes en el desarrollo vegetativo de *Aloe vera* (en línea). Caracas, Venezuela. Consultado 14 sept. 2009.

Henning, R.K. 1998. Use of *Jatropha curcas* L. (JCL): A household perspective and its contribution to rural employment creation. Regional Workshop on the Potential of *Jatropha curcas* in Rural Development & Environmental Protection. Harare, Zimbabwe. Mayo, 1998. 5 p.

Kobilke, H. 1989. Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgierfuß (*Jatropha curcas* L). thesis. Universität Hohenheim, Stuttgart. 60 p.

Makkar, H.P.; Becker, K and Schmook, B. 1998. Edible provenance of *Jatropha curcas* from Quintana Roo State of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. 4 pp.

Martinez Herrera, J; Siddhuraju, P; Francis, G; Davila Ortiz; G and Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic / antimetabolic constituents, and effects of different treatment on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Food Chemistry 96: 80-89.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants: Diagnosis of Deficiency and Toxicity of Mineral Nutrients. Segunda Edición. San Diego, CA, U.S. Academic Press Inc. 889 p. measurement of microbial biomasa in soils. Soil Biology & Biochemistry.

Mc Laughlin, S.P. 1985. Economics prospects for new crops in the south western United States. Economic Botany 39:473-481.

Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy. 19 (1); 1-15. Science Direct (En línea). Consultado 16 Sept. 2009.

Ospina, B; Ceballos, H. 2002. La Yuca en el tercer milenio: Suelo y Fertilización de la Yuca. Primera Edición. Cali, Colombia. Imágenes Graficas S. A. 586 p.

Parthiban, K.T., Kumar, R.S.; Thiagarajan, P.; Subbulakshmi, V.; Vennila, S.; Rao. 2009. Hybrid progenies in *Jatropha* - a new development. Current Science 96(6):815-823. (En línea). Mettupalayam, India. Tamil Nadu Agricultural University. Consultado 15 Sept. 2009.

Rowell, D. 1994. Soil Science Methods and Applications: Soil Fertility. Primera Edición. Singapore. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. 560 p.

Salas, E. y C. Ramírez 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos. Calibración en el campo. Agronomía Costarricense. 25 (2): 11 – 23.

Sotolongo, J., Beatlon, P. 2005. Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L. en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo (en línea). Cuba, CATEDES. Consultado 15 jul. 2009.

Tormo M., R. 1998. Lecciones Hipertextuales de Botánica. Universidad de Extremadura, España. En: XVI International Botanical Congress. 1 – 7 August 1999. Saint Louis, Missouri, U. S. A. (CD-Rom: Internet Teaching).

Torres, C. 2007. *Jatropha curcas*: desarrollo fisiológico y técnico. En: Boletín CUBAENERGÍA. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. La Habana, Cuba. 7 p. <http://www.cubaenergia.cu/>.

Vandevivere, P. y C. Ramírez. 1995. Control de la calidad de abonos orgánicos

Zamarripa-Colmenero, A.; Ruíz-Cruz P. A; Solís-Bonilla, J.L.; Martínez-Herrera J.; Olivera-De los Santos A.; Martínez-Valencia B.B. 2009. Biocombustibles: perspectivas de producción de biodiesel a partir de

Jatropha curcas L. en el trópico de México. Folleto Técnico No.12 INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 46 p.

Zamarripa-Colmenero, A., J.L. Solís-Bonilla, A. González Ávila, R. Teniente-Oviedo, B.B. Martínez-Valencia, M. Hernández-Martínez. 2011. Guía técnica para la producción de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en Chiapas. Folleto Técnico No. 26. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 82 pp.