



El Colegio de la Frontera Sur

Estatus socioeconómico, tecnológico y uso de abonos
orgánicos en la producción sustentable de *Alpinia purpurata*
en Tabasco, México

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable

por

María Isabel Saldaña y Hernández

2014



El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco, 28 de Marzo de 2014.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

María Isabel Saldaña y Hernández

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

“Estatus socioeconómico, tecnológico y uso de abonos orgánicos en la producción sustentable de *Alpinia purpurata* en Tabasco, México”

para obtener el grado de **Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable.**

	Nombre	Firma
Director de Tesis	Dr. Regino Gómez Álvarez	_____
Asesor	Dr. Juan Manuel Pat Fernández	_____
Asesor	Dr. José David Álvarez Solís	_____
Asesor	Dr. Carlos Fredy Ortiz García	_____
Asesora	Dra. María del Carmen Rivera Cruz	_____
Sinodal adicional	Dr. David Jesús Palma López	_____
Sinodal adicional	Dr. Rufo Sánchez Hernández	_____
Sinodal suplente	Dr. Julián Pérez Flores	_____

DEDICATORIA

A Dios por darme su amor y las fuerzas para llevar a cabo mis estudios de doctorado.

A mi hijo David por su gran amor y apoyo incondicional.

A mi hija Sara por brindarme su amor, fortaleza y comprensión en todo momento.

A Jesús, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mi madre, por su gran amor, creer en mí y facilitarme los medios para mi educación.

A mis adorados hermanos (Silvia, Graciela, Patricia, María Eugenia, Juan Carlos), por su ejemplo de honestidad, dedicación al trabajo y constante superación.

A mi padre[†] aunque partiste demasiado pronto me dejaste una herencia invaluable, tu ejemplo.

A los productores de flores del estado de Tabasco, porque siempre me abrieron la puerta de sus plantaciones y su experiencia.

AGRADECIMIENTOS

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado, hacer uso de sus instalaciones y conocer a su valioso personal.

Al Colegio de Postgraduados (CP), Campus-Tabasco, institución de gran prestigio, por darme la oportunidad de realizar parte del trabajo doctoral en el laboratorio Agrícola y Ambiental, laboratorio de Fitopatología y laboratorio de Análisis de suelos, plantas y aguas.

Al Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca (ITZO) por otorgarme la oportunidad de superarme académicamente para beneficio de nuestros estudiantes. Gracias al apoyo del director M.C. José Javier Peralta Cosgaya, Ing. Carlos Mario Marín Valenzuela y al Dr. Rufo Sánchez Hernández, por su apoyo administrativo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero brindado.

Al Fondo mixto de fomento a la investigación científica y tecnológica CONACYT-Gobierno del estado de Tabasco (FOMIX) por el apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo mediante el proyecto “Alianza de productores de flores y follajes tropicales del estado de Tabasco (Red de horticultura ornamental en Tabasco)”, Clave TAB-2008-C11-88111

Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública por la beca parcial otorgada.

A la Asociación de productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V. por apoyarme con la información técnica y socioeconómica solicitada. Gracias a todos los socios por su invaluable amistad.

A mi Comité Tutelar:

A mi tutor, el Dr. Regino Gómez Álvarez por su apoyo incondicional y acertada asesoría.

Asesores de ECOSUR, Dr. David Álvarez Solís por la revisión del protocolo, trabajo de tesis y sus acertadas sugerencias; Dr. Juan Manuel Pat Fernández por sus comentarios y apoyo durante la redacción de los aspectos socioeconómicos del primer artículo.

Asesores del CP (Campus Tabasco): Dra. María del Carmen Rivera Cruz por permitirme trabajar en el laboratorio de Microbiología, por todo el apoyo técnico y de gabinete brindado, por su amistad.

Dr. Carlos Fredy Ortiz García, por su tiempo, asesorías y valiosas sugerencias.

A mis sinodales

Dr. David Jesús Palma López, Dr. Rufo Sánchez Hernández y Dr. Julián Pérez Flores, por sus valiosas observaciones al trabajo de tesis.

A mis profesores de ECOSUR, Dr. Salvador Hernández Daumás[†], Dr. Juan Francisco Barrera Gaytán, Dr. Jorge Toledo Arreola, Dr. Alfredo Castillo, Dr. Edi Malo, Dr. Pablo Liedo, por su amistad y conocimientos compartidos.

A mis amigos y compañeros de ECOSUR por su amistad, apoyos y asesorías.

A la M.C.E. Yadira Guadalupe Ramos González por su invaluable apoyo durante los cuatro años del Doctorado, siempre con una sonrisa y amabilidad.

A la Lic. Lorena Reyes por brindarme su amistad en todo momento y apoyo en la búsqueda de información bibliográfica.

Al M.C. Oscar Santos González por su apoyo logístico durante las videoconferencias y examen doctoral.

A todo el personal del ECOSUR porque directa e indirectamente apoyaron el trabajo que culmina, siempre cordiales, humanos y responsables.

A mis alumnas y alumnos del ITZO, por su gran amistad, interés y apoyo brindado en el trabajo de laboratorio y campo.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
RESUMEN	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Justificación	2
1.2. Preguntas de investigación	7
1.3. Objetivo general y específicos	8
1.4. Hipótesis	8
1.5. Estructura de la tesis	9
1.6. Antecedentes	10
1.6.1. Situación social y tecnológica del sector productivo de flores tropicales de corte	10
1.6.2. Los fertilizantes químicos y sus efectos contaminantes en los ecosistemas	12
1.6.3. Los abonos orgánicos y su uso como alternativa de fertilización sustentable	13
1.6.3.1. Los abonos orgánicos en la producción agrícola	14
1.6.4. Alternativas microbiológicas para mejorar la fertilidad del suelo	16
1.6.4.1. Las bacterias solubilizadoras de fosfatos y su impacto en la producción agrícola	17
1.6.4.2. Los hongos micorrízicos arbusculares en el sistema suelo-planta	20
1.6.5. Características generales de <i>A. purpurata</i>	23
1.6.5.1. Origen y países productores	23
1.6.5.2. Características botánicas	24
1.6.6. Generalidades sobre la nutrición de <i>A. purpurata</i>	26
CAPÍTULO 2	32
2.1. Artículo 1: The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico	32
2.2. Artículo 2: Micorrizas arbusculares y bacterias solubilizadoras de fosfatos en la producción orgánica de <i>Alpinia purpurata</i> (Vieill) K. Schum	48
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES GENERALES	71
LITERATURA CITADA	75
ANEXOS	
1. Artículo sometido para su publicación, Revista Ciencia e Investigación Agraria: "Influencia de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo, crecimiento y producción de <i>Alpinia purpurata</i> (Vieill) K. Schum"	93
2. Aspectos éticos de la investigación. Carta emitida por el tutor de la Tesis...	116
3. Acuse de recibido del Segundo artículo aceptado, revista Interciencia.	117
4. Guía de autores para las publicaciones.	118

RESUMEN

El uso de fertilizantes químicos en la floricultura ocasiona contaminación del suelo, dependencia tecnológica y altos costos de producción. Una alternativa para la producción sustentable de *Alpinia purpurata*, son los abonos orgánicos, ya que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El objetivo de la investigación fue caracterizar el nivel socioeconómico de los floricultores, el manejo tecnológico de la producción de flores de corte, el uso de abonos orgánicos y la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en la producción de *A. purpurata* en condiciones de trópico húmedo de Tabasco. Se aplicaron encuestas con variables socioeconómicas y técnicas a floricultores con plantaciones ≥ 0.25 ha. Los abonos evaluados fueron: Composta, Vermicomposta, Estiércol fermentado, Bocashi y Humus líquido ($6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $60 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), Fertilizante Químico (150-50-250) y Testigo absoluto. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se determinó que la floricultura en Tabasco se practica en 111 ha en nueve municipios de las regiones Chontalpa, Centro y Sierra. El 70% de los productores tiene estudios de licenciatura. El 9% ha recibido crédito y 12% asesoría técnica. El 60% recibe ingresos por venta de flor, el 40% no tiene mercado o sus plantaciones son recientes. Los suelos abonados mostraron a los 40 días incrementos de C (40%), N (47%), P (83%) y K (56%), un año después muestran niveles aceptables de fertilidad para la producción. El Estiércol fermentado y Composta aumentaron cinco veces la densidad poblacional de las BSP y 12% la colonización por HMA, favorecieron la producción de biomasa total y calidad de flor.

Palabras clave: bacterias solubilizadoras de fosfatos, fertilización orgánica, floricultura tropical, hongos micorrízicos arbusculares.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

El crecimiento demográfico y el uso de los recursos naturales han alterado los ecosistemas de forma rápida y extensiva en los últimos 50 años, más que en ningún otro de los periodos históricos de la humanidad. En este deterioro, la agricultura industrial empresarial figura como una de las principales causas de la contaminación del planeta (Chapin *et al.*, 2011).

En México, más del 30% de la contaminación de los cuerpos de agua se origina en actividades agrícolas por el uso de fertilizantes inorgánicos, pesticidas y residuos agropecuarios derivados de la producción masiva del ganado, peces, aves y cultivos (World Resources Institute, 2013).

La floricultura intensiva moderna es igualmente contaminante, dados los altos estándares de calidad demandados por los consumidores. En el mundo se cultivan 572,000 ha de flores de corte y en maceta. El 68% de esta superficie se localiza en Asia, 18% en América, 10% en Europa y el resto en África y Medio Oriente (AIPH, 2012).

En México se cultivan 22,000 ha, de las cuales el 52% (12,884 ha) corresponden a flor de ornato y el 48% restante es flor destinada a la industria alimentaria y cosmética. Las principales entidades federativas donde se cultiva flor de ornato son el Estado de

México, Baja California, Coahuila, Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Tabasco y Veracruz (ASERCA, 2008).

A nivel nacional la mayor producción de flores de corte corresponde a rosas, crisantemos, gladiola, estátice, margarita y clavel (ASERCA, 2008). A nivel mundial, se observa un aumento de la superficie cultivada con flor tropical exótica, sobresalen el ave del paraíso, anturios, heliconias y zingiberáceas (López *et al.*, 2006).

En la producción florícola se hace uso frecuente y excesivo de fertilizantes químicos que ocasionan contaminación del suelo y mantos acuíferos (Orozco, 2007; Salgado *et al.*, 2010b). La demanda de “flores limpias” o flores orgánicas por los países consumidores del primer mundo, hacen necesario desarrollar tecnologías sustentables que no degraden el medio ambiente, sean tecnológicamente apropiadas, ecológicamente viables, socialmente aceptables y que generen ingresos dignos a los productores.

El manejo del suelo es el punto de partida para desarrollar una producción florícola sustentable. Una de las alternativas tecnológicas para el manejo orgánico de los sistemas de producción de flor tropical, es el uso de los abonos orgánicos.

Diversos investigadores indican que la fertilización orgánica favorece las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Se han determinado mejoras en la estructura, capacidad de almacenamiento de agua, se evitan cambios extremos de temperatura, control de la erosión, incrementos en la fertilidad, la mineralización del nitrógeno (N),

fósforo (P) y potasio (K), regulan las variaciones del pH y se fomenta la actividad microbiana (Ingelmo y Rubio, 2007; Vargas y Suárez, 2007).

Los suelos de zonas tropicales húmedas son susceptibles de degradarse, presentan problemas de lixiviado de nutrientes por las altas precipitaciones y disminución paulatina de la fertilidad. De igual manera las altas temperaturas que predominan durante la mayor parte del año, favorecen la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica (MO). Cuando la MO alcanza niveles bajos, disminuyen también los nutrimentos en el suelo, baja la capacidad de retención de agua y el pH (McClintock, 2004); el uso de abonos orgánicos en suelos tropicales pueden revertir esta situación y mantener su producción y sustentabilidad.

La capacidad de aporte de nutrimentos de los abonos orgánicos a los cultivos depende de las propiedades de la materia prima, proceso de fabricación, grado de mineralización de los materiales y condiciones imperantes en campo para su consecuente descomposición (Evanylo *et al.*, 2008).

Se ha documentado el efecto favorable del uso de los abonos orgánicos en diferentes cultivos y bajo muy variadas condiciones de campo: Lamas (2002), Vega-Ronquillo (2006), Silva *et al.* (2006), Teixeira y Loges (2008), Cruz-Castillo *et al.* (2008), Mena-Martín *et al.* (2010), Álvarez-Solís *et al.* (2010), Olivares-Campos *et al.* (2012), Pérez-Luna *et al.* (2012).

La descomposición de los materiales orgánicos en el suelo está en función de la población de microorganismos nativos que intervienen en los procesos relacionados con el suministro de macro y micronutrientes a las plantas (Soto, 2003). A su vez los

microorganismos dependen de los compuestos carbonados del medio edáfico en el cual sus niveles no son mayores al 1% (Azcón, 2000).

En la rizósfera de las plantas coexisten un gran número y diversidad de microorganismos, sobresalen las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por su influencia en el rendimiento de las plantas cultivadas. El papel de estos microorganismos en la productividad de los cultivos está relacionado con una serie de procesos mediante los cuales hacen disponible el P y su aprovechamiento por medio de la interacción con las raíces de las plantas (Khan *et al.*, 2009; Camelo *et al.*, 2011).

Los procesos de captación y solubilización del P en el suelo, disminuyen los requerimientos de fertilizantes químicos de origen sintético (Aguirre-Medina *et al.*, 2007).

En la producción de flores de corte, la presencia de microorganismos que faciliten el suministro de P a las plantas cobra gran importancia, debido a que es un elemento indispensable en la floración (Salgado *et al.*, 2010b).

Se sabe que mediante adiciones de materia orgánica al suelo ya sea por aplicación de abonos o establecimiento de coberturas vegetales se inducen cambios en la microflora de la rizósfera (Pérez *et al.*, 2006; Toro *et al.*, 2008), por lo que es posible brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de la microflora nativa solubilizadora de fosfatos en la rizósfera con el uso de abonos orgánicos que contribuyan a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Millaleo *et al.*, 2006).

La presencia y efecto de las poblaciones de microorganismos que intervienen en el ciclo del P ha sido documentada para los cultivos agrícolas, incluidas las plantas ornamentales (Silva *et al.*, 2006; Callejas-Ruíz *et al.*, 2009; Rivera-Cruz *et al.*, 2010).

Alpinia purpurata var. *Red* es una planta perenne de uso ornamental, conocida comúnmente como ginger roja o hawaiana, su cultivo se realiza a nivel comercial y de traspatio en las zonas tropicales y subtropicales (Kent *et al.*, 2007; Mariaca, 2012).

El cultivo de *Alpinia purpurata* se practica en todas las unidades de producción comercial de flores tropicales en América y representa el pilar de la economía de los productores, cuenta con amplia aceptación en el mercado y prolongada durabilidad en florero. De todas las especies tropicales de corte que se cultivan, *A. purpurata* es la que presenta menor estacionalidad en la producción, por lo que es fuente de ingresos para el productor durante todo el año (Kent *et al.*, 2007; Saldaña *et al.*, 2013).

La cosecha de *A. purpurata* implica la extracción constante de flor de corte para su comercialización, lo que trae como consecuencia la pérdida de apreciables cantidades de nutrientes hacia fuera del sistema agroforestal en que se cultiva. Se considera que al igual que en otros cultivos la fertilidad del suelo depende de las tasas relativas de adición y remoción de sustancias nutritivas, por lo que sólo que se restituyan los nutrimentos extraídos, se podrá mantener el nivel de productividad y calidad de la flor a de manera sustentable (Bidwell, 1993).

El uso de los abonos orgánicos es una posibilidad viable de suministro de nutrientes en las plantaciones de flores tropicales, ya que se cuenta con grandes volúmenes de

esquilmos de la cosecha, así como los residuos vegetales y animales diversos, que abundan en la entidad (Núñez, 2007; Salgado y Núñez, 2010).

En todo agroecosistema la conservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo es la base para una producción sustentable. Para obtener información valiosa acerca de la respuesta de *A. purpurata* a prácticas agrícolas que reduzcan el uso de fertilizantes químicos y aumenten la actividad microbiana del suelo, se sugiere el uso y manejo de los abonos orgánicos como la mejor alternativa sustentable para la producción de *A. purpurata* en el estado de Tabasco.

1.2. Preguntas de investigación

¿Cuáles son las características socioeconómicas de los floricultores y el nivel tecnológico de sus unidades de producción en el estado de Tabasco?

¿Los abonos orgánicos pueden mejorar el crecimiento y producción de *A. purpurata* en la misma magnitud que los fertilizantes químicos?

¿Los abonos orgánicos aplicados pueden mejorar las características químicas del suelo cultivado con *A. purpurata*?

¿La aplicación de abonos orgánicos tiene un efecto positivo sobre la densidad de BSP y HMA nativos del suelo en el cultivo de *A. purpurata*?

1.3. Objetivo general y específicos

Objetivo general

El objetivo de esta investigación fue caracterizar el nivel socioeconómico de los floricultores, el manejo tecnológico y comercial de la producción de flores de corte y, evaluar el uso potencial de los abonos orgánicos en la producción de *A. purpurata* en condiciones de trópico húmedo

Objetivos específicos

1. Describir las características socioeconómicas y tecnológicas de los sistemas de producción de flores tropicales en el estado de Tabasco.
2. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento y producción de *A. purpurata*.
3. Determinar el efecto de abonos orgánicos sólidos y líquido, en las propiedades químicas del suelo cultivado con *A. purpurata*.
4. Evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre las poblaciones de Bacterias Solubilizadoras de Fosfatos y Hongos Micorrízicos Arbusculares nativos del suelo en el cultivo de *A. purpurata*.

1.4. Hipótesis

Las características socioeconómicas de los floricultores y el nivel tecnológico de sus unidades de producción hacen factible el uso de abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos favorecen el crecimiento y producción de *A. purpurata* al mejorar las características nutricionales de la planta y las propiedades químico-biológicas del suelo.

1.5. Estructura de la tesis

Los resultados de este trabajo se presentan en capítulos, mismos que se encuentran estructurados de la siguiente forma:

En el capítulo 1 se presenta la Introducción general de la investigación.

En el capítulo 2 se presentan dos artículos (el primero publicado y el segundo aceptado para su publicación), donde se abordaron los siguientes temas: 1. Determinación de las características socioeconómicas y tecnológicas de los floricultores y el cultivo de flores tropicales en el estado de Tabasco, 2. Micorrizas arbusculares y bacterias solubilizadoras de fosfatos en la producción orgánica de *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum.

En el capítulo 3 se presentan las conclusiones generales.

En los anexos se presenta un tercer artículo sometido para su publicación, titulado: Influencia de los abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo, crecimiento y producción de *A. purpurata*.

1.6. Antecedentes

1.6.1. Situación social y tecnológica del sector productivo de flores tropicales de corte

A nivel mundial la producción comercial de flores tropicales (FT) del orden Zingiberales, se realiza en países de América Latina y el Caribe. Destacando por su superficie cultivada Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Brasil, Bolivia y Jamaica (Pizano, 2005; ONU, 2006; USAID, 2007).

Los productores que se dedican al cultivo de FT iniciaron sus actividades hace aproximadamente 30 años, pero fue hasta 1990 cuando fueron consideradas para la exportación (USAID, 2007).

En la mayoría de los países productores de FT, el cultivo ha surgido como una alternativa rentable para los productores agrícolas. Por ejemplo, en Colombia, la crisis cafetalera ha dado lugar a la presencia de pequeños (PP) y medianos productores de flor (MP). Los PP con superficies cultivadas de <0.5 hasta 4 ha, representan el 72 % de las unidades de producción de flor y se caracterizan por realizar prácticas de manejo y poscosecha poco eficientes. Los MP, con superficies cultivadas de 5 a ≥ 16 ha, muestran actitud empresarial, cultivos tecnificados y manejo poscosecha con fines de exportación (ONU, 2006).

De acuerdo al nivel de dependencia económica que muestran los floricultores con relación a sus cultivos, se distinguen cuatro tipos de sistemas de producción: 1) producción por hobby, 2) producción como actividad marginal, 3) producción como actividad principal, pero no única, y 4) producción como actividad única. Los dos

últimos, se caracterizan por sus reducidos ingresos, baja capacidad de asumir pérdidas, ajustar procesos y generar competencias laborales (Lionnet *et al.*, 2004; ONU, 2006).

El grado de organización que se observa en este sector productivo incluye asociaciones de diversos tipos así como productores independientes (ONU, 2006; USAID, 2007).

En México se carece de información relacionada con el nivel socioeconómico de los floricultores de áreas tropicales y sólo se cuenta con aquella proveniente de las principales zonas florícolas de México, que en general se encuentran en las regiones templadas del país, como es el caso del Estado de México, donde se produce el 70% de la producción nacional (Orozco, 2007; Orozco *et al.*, 2009).

El cultivo de FT se caracteriza por realizarse a cielo abierto y con un mínimo de infraestructura (Pizano, 2005; Kent *et al.*, 2007). Las características tecnológicas de este sector tienen como común denominador una infraestructura productiva heterogénea y poca información técnica del cultivo. Al respecto, se reconoce que las condiciones tecnológicas son fundamentales para alcanzar la calidad que exigen los mercados nacional e internacional (ONU, 2006).

La producción de flor normalmente es iniciada y desarrollada por productores privados con una visión empresarial, quienes cuentan con los recursos necesarios para su desarrollo, el éxito de estos atrae a los pequeños productores para incursionar en la producción comercial y no como autoconsumo (Orozco *et al.*, 2009).

Los mismos autores mencionan que el conocimiento del perfil socioeconómico de los productores y las características productivas de sus plantaciones, permite implementar las políticas públicas para su desarrollo y mejorar la economía de los actores.

El éxito de la industria florícola en diversos países ha sido fomentado mediante reformas en las políticas de gobierno y como una consecuencia de la transformación actual del mercado globalizado de la flor (Sawers, 2005).

En el estado de Tabasco se inició el establecimiento de plantaciones comerciales de FT hace 20 años, sin embargo, no se cuenta con información del sector que permita establecer estrategias técnicas y comerciales, para promoverla como una alternativa productiva rentable.

1.6.2. Los fertilizantes químicos y sus efectos contaminantes en los ecosistemas

La agricultura es una de las actividades más importantes para la sobrevivencia del hombre en la Tierra. Al mismo tiempo es la actividad humana que mayor impacto tiene en la transformación ambiental y degradación de la superficie terrestre, donde ha mostrado un efecto negativo sobre la biodiversidad y salud de los ecosistemas (Garbisu *et al.*, 2010).

Una práctica agrícola de efecto negativo sobre la función y calidad de los agroecosistemas y el medioambiente es la fertilización. Actividad de la cual se han hecho dependientes los sistemas de producción intensivos, donde se ha evidenciado un efecto negativo sobre las funciones y fertilidad del suelo (Dudgeon *et al.*, 2006).

El N es un elemento muy móvil en el suelo y puede perderse por diferentes procesos, tales como desnitrificación, lixiviación y volatilización (Salgado *et al.*, 2010b). Esta cualidad presente en el ciclo del N, deriva en un desequilibrio ambiental por la acumulación de nitratos en el subsuelo, aguas subterráneas, cauces y reservorios superficiales, desencadenando serios problemas de salud. Los nitritos se transforman en nitrosaminas, compuestos cancerígenos que afectan estómago e hígado (García y Dorronsoro, 2011).

Los fertilizantes fosfatados son menos móviles, por lo que pasan en mucha menor cantidad a los mantos freáticos, pero son transportados por las escorrentías a las aguas superficiales.

Algunas de las recomendaciones para reducir la exportación de nutrientes a partir de las fuentes difusas, especialmente de las tierras de cultivo son la labranza de conservación, manejo alternativo de la fertilización y prácticas de conservación del suelo que eviten la erosión del mismo (Kronvang *et al.*, 2005).

1.6.3. Los abonos orgánicos y su uso como alternativa de fertilización sustentable

Los abonos orgánicos en el suelo aumentan la vida microbiana y mejoran la calidad del mismo, hecho que es fundamental para practicar agricultura sustentable (Okumoto, 2003).

Un abono orgánico es todo material de origen vegetal y animal utilizado para fertilización de cultivos o como mejorador de suelos. Se incluyen dentro de los abonos

orgánicos materiales como la gallinaza, la broza del café, coberturas como el Kudzu y *Arachis*, ácidos húmicos y compostas (Soto, 2003).

Los abonos orgánicos utilizados como fertilizante, son fuente de nutrimentos, donde las tasas de reciclaje dependen de la fracción de la materia orgánica. Estas fracciones se denominan: activa, lenta y pasiva, con tasas de reciclaje de < 1 año, 5 -25 años y 1000 años, respectivamente. Las diferencias se deben a la naturaleza química de los compuestos orgánicos y a su asociación con las partículas del suelo (Soto y Meléndez, 2003).

La capacidad de suplemento de nutrimentos de los abonos orgánicos a los cultivos depende del grado de mineralización de los materiales y condiciones imperantes en el campo para su consecuente descomposición (Evanylo *et al.*, 2008).

La aplicación de abonos orgánicos a los cultivos para mejorar la producción en el marco de la sustentabilidad, disminuye los impactos negativos, ambiental y social, tales como, la reducción de la biodiversidad, pérdida de la fertilidad del suelo, contaminación ambiental y dependencia de insumos externos que finalmente representan incrementos en los costos de producción, afectando la economía del productor (Gutiérrez *et al.*, 2008).

1.6.3.1. Los abonos orgánicos en la producción agrícola

El uso de abonos orgánicos mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, entre las que destacan la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del N, P y K, mantiene los valores de pH óptimos para la agricultura,

evita cambios abruptos de temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión (Ingelmo y Rubio, 2007; Vargas y Suárez, 2007).

Se considera a los abonos orgánicos como una fuente de bajo aporte de nutrientes, en comparación con los fertilizantes inorgánicos.

El contenido de N de las compostas es de 1 a 3% y su tasa de mineralización cercana al 10% (Sikora y Enkiri, 2001), por lo que sólo una fracción del N y otros nutrientes están disponibles el primer año después de su aplicación. A pesar de ello, existen evidencias de que los abonos orgánicos pueden sustituir a los fertilizantes químicos, mejorando las características de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2009; Cruz-Castillo *et al.*, 2008; Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

El uso de los abonos orgánicos en la producción de flores indica que es posible incorporarlos en sus sistemas de producción.

Cruz-Castillo *et al.* (2008), trabajaron con dos tipos de lombricompostas y encontraron que el área foliar, número de tallos emergidos y la longitud del escapo floral del alcatraz “Green goddess” (*Zantedeschia aetropica* (L). K. Spreng), fueron significativamente mayores en las plantas tratadas con vermicompostas en comparación con las manejadas con fertilizante químico y un promotor de crecimiento. Mena-Martín *et al.* (2010), reportan que la composta de un año de elaborada incrementó la altura, diámetro radial, diámetro polar y el número de flores de Lili (*Lilium* spp.) variedad Vermeer.

Alonso y Souza-Silva (2010) mencionaron que el cultivo de *A. purpurata*, se desarrolla mejor en suelos ricos en materia orgánica.

Silva *et al.* (2006) determinaron que el uso de vermicomposta en diferentes proporciones de suelo+arena+vermicomposta (2:2:1, v/v) y suelo+vermicomposta (3:1, v/v) promovió el crecimiento de las plantas de *A. purpurata*, durante el periodo de aclimatación de plántulas micropropagadas.

Para plantas de *A. purpurata* en etapas productivas, Lamas (2002) recomendó la aplicación de abonos orgánicos en dosis de 12 a 18 kg·m⁻²·año⁻¹. Por su parte, Teixeira y Loges (2008), recomendaron aplicar composta de 200 a 300 g por planta, dos veces al año acompañada de fertilización química, 5-25-15 de NPK en agosto y 20-10-20 en octubre.

Además de mejorar la fertilidad del suelo, los abonos orgánicos favorecen la actividad biológica del mismo ya que aportan un gran número de microorganismos y una cantidad importante de carbono (C) y N. Ambos elementos, son utilizados por los microorganismos como fuente energética y estructural. Esta acción biológica favorece la descomposición de los componentes minerales insolubles, como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas; y el N soluble, es transformado en N orgánico en el cuerpo de los microorganismos. De forma que cuando éstos mueren, quedan de nuevo disponibles para las raíces de las plantas y se disminuye su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire (Soto y Meléndez, 2003).

1.6.4. Alternativas microbiológicas para mejorar la fertilidad del suelo

Como alternativa al uso indiscriminado de fertilizantes químicos en la agricultura moderna, se ha propuesto el uso de microorganismos (Azcón, 2000).

La diversidad de microorganismos es enorme, se estiman 10^7 especies de las cuales sólo 0.01 a 0.1% son conocidas (Curtis y Sloan, 2004; Gans *et al.*, 2005). Las comunidades microbianas pueden ser complejas, con alta riqueza de especies y sus poblaciones están continuamente influenciadas por factores biológicos, químicos y físicos (Little *et al.*, 2008).

Destacan las bacterias benéficas de vida libre o rizobacterias por su acción sobre el crecimiento y desarrollo vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés, Plant Growth Promotion Rhizobacteria) (Kumar *et al.*, 2006).

1.6.4.1. Las bacterias solubilizadoras de fosfatos y su impacto en la producción agrícola

Las PGPR son capaces de estimular el desarrollo de las plantas de manera directa e indirecta y poseen una serie de mecanismos complejos que interactúan entre sí para establecer relaciones benéficas, especialmente con las raíces de las plantas (Camelo *et al.*, 2011).

Ahmad *et al.* (2006) identificaron como mecanismos directos: 1) La producción de fitohormonas (auxinas y giberelinas) o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta y 2) La disponibilidad de nutrientes por la intervención directa de las PGPR en los ciclos biogeoquímicos.

Ejemplos de los ciclos biogeoquímicos en los que intervienen las PGPR y favorecen el desarrollo de las plantas, son la fijación biológica del N y la solubilización de compuestos fosfatados.

Los microorganismos solubilizadores de fosfatos son especialmente abundantes en la superficie radicular, destacan por su eficiencia las bacterias más que los hongos (Alam *et al.*, 2002).

De la población total de microorganismos en el suelo, las BSP representan del 1 al 5%, mientras que los hongos solubilizadores de fosfatos (HSP) son solamente el 0.1 a 0.5% (Chen *et al.*, 2000).

Las razas bacterianas más eficientes en la solubilización de fosfatos corresponden a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Enterobacter*, las especies más importantes son *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *B. sircalmous*, *Pseudomonas striata* y *Enterobacter* spp. (Khan *et al.*, 2009).

Los mecanismos por medio de los cuales las BSP son capaces de mineralizar y solubilizar los fosfatos (orgánicos e inorgánicos, respectivamente) para hacerlos disponibles, son: la producción de ácidos orgánicos, enzimas fosfatasas y polisacáridos (Goenadi *et al.*, 2000; Khan *et al.*, 2009).

Los grupos hidroxilo (H^+) y carboxilo (HCO_3^-) originan la quelatación de los cationes en la periferia de los compuestos fosfatados, convirtiéndolos en formas solubles (Whitelaw, 1999). Los ácidos orgánicos identificados y relacionados con la solubilización de fosfatos inorgánicos son: el ácido cítrico, málico, oxálico, glucónico, glutámico, láctico, succínico, isovalérico, indolacético, adípico, 2-cetoglucónico, butírico, isobutírico y ácido acético (Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, 2010).

Las características benéficas de las BSP han propiciado su uso en consorcios denominados biofertilizantes. Según Acuña (2003), los biofertilizantes son inoculantes microbianos o grupos de microorganismos vivos, que ejercen un efecto benéfico en las plantas a través de diferentes mecanismos.

Hay un potencial relativamente grande para la exploración de nuevos microorganismos con posibilidades de biofertilizante, que podrían superar en eficiencia a las bacterias que actualmente son utilizadas a nivel mundial en los procesos de producción de fertilizantes biológicos (Chen *et al.*, 2001; Compant *et al.*, 2005).

Algunos investigadores han optado por modificar las condiciones químicas y físicas del suelo, adicionando materia orgánica, para fomentar la participación de los microorganismos nativos del suelo que intervienen en el ciclo del P en beneficio de la nutrición de las plantas (Millaleo *et al.*, 2006, Toro *et al.*, 2008).

En el sector de la floricultura, Huilcapi (2007) encontró 12 cepas de BSP, con niveles de bueno a excelente, en cuatro unidades de producción de rosa.

La presencia de bacterias BSP en abonos orgánicos ha sido comprobada por Bobadilla y Rincón (2008), quienes aislaron, a partir de composta elaborada con residuos de mercados, cinco cepas de BSP.

Guzmán (2011), mencionó que el mayor número de aislamientos de BSP los encontró en suelos ricos en materia orgánica. Rivera-Cruz *et al.* (2010), determinaron que la pollinaza al 1% incrementa la densidad poblacional de BSP, el diámetro del tallo y crecimiento de *Citrus aurantium*.

1.6.4.2. Los hongos micorrízicos arbusculares en el sistema suelo-planta

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las hifas de un hongo y los tejidos radicales de las plantas. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, ya que casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas y puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. Se estima que el 95% de las especies vegetales conocidas, establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Azcón, 2000).

Las micorrizas arbusculares (MA) se encuentran en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales, están presentes en casi todas las Angiospermas, excepto en las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferaeae* (Sieverding, 1991)

Los HMA pertenecen a la División *Glomeromycota*, con 10 géneros y 193 especies descritas (Schüßler *et al.*, 2001; Schüßler., 2006).

Los HMA se distinguen por presentar un micelio que penetra a la raíz. Al inicio es intercelular, después penetra a las células corticales y forma minúsculas arborescencias muy ramificadas, denominadas arbusculos, de vida muy corta; también se forman vesículas en el interior de las células y funcionan como órganos almacenadores de lípidos (González-Chávez, 1995).

En el interior de la raíz, el HMA pone a disposición de la planta las sustancias nutritivas que absorbe y transporta del exterior (P, Zn, Ca, S, Cu y Mg). La planta aporta carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos, lípidos, hormonas y vitaminas (Sánchez-Colín *et al.*, 2000).

Un beneficio adicional que reciben las plantas de los HMA es la protección contra microorganismos fitopatógenos, tal como lo menciona Jalaluddin *et al.* (2008), quienes trabajando con girasol variedad Helico-250, encontraron una reducción en la infección causada por *Macrophomina phaseolina* (Maubl) Ashby, en plantas colonizadas por *Scutellispora auriglobosa* (Hall) Walker & Sander.

Lins *et al.* (2003), mencionaron que los beneficios de la micorrización son variados y dependen del genotipo de la planta y el hongo, conjuntamente con las condiciones edafoclimáticas.

La colonización micorrízica en plantas ornamentales ha sido documentada en diversas especies y en la mayoría favorece su crecimiento. Ejemplos sobresalientes son el Anturio (*Anthurium andreanum*) (Corbera *et al.*, 2008); Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) (Callejas-Ruíz *et al.*, 2009); Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) (Meir *et al.*, 2010); Lily (*Lilium* spp.) (Rubí *et al.*, 2009); Crisantemo (*Dendrathermum x grandiflorum* Kitamura) (Patiño *et al.*, 2005); Botón indonesio (*Tapeinochilos ananassae*) (Oliveira *et al.*, 2011).

En Ginger roja (*A. purpurata*) y Maraca, (*Zingiber spectabile*), se reporta reducción en la colonización micorrízica cuando fueron cultivadas en sustratos de vermicomposta e inoculados en la etapa de aclimatación de plántulas producidas *in vitro* (Silva *et al.*, 2006). Los mismos autores consideraron que los elevados valores de P (209 y 192 mg dm⁻³), ocasionaron la disminución en el establecimiento de los HMA. Un efecto similar encontró Varshney *et al.* (2002), en *Lilium* sp. cultivado con altas dosis de P.

Existe poca información con respecto a la colonización de *A. purpurata* por cepas autóctonas de HMA. Santos *et al.* (2000) reportaron que el 62.8% de las especies de monocotiledoneas muestreadas en el noreste de Brasil, presentaron colonización por HMA. Entre estas especies figuran ejemplares botánicos de la familia Zingiberaceae, lo que sugiere la existencia de cepas nativas de HMA asociadas a las raíces de *A. purpurata* en etapa de producción.

Los efectos de los abonos orgánicos sobre HMA se atribuyen a su influencia sobre la estructura del suelo (Pagliai *et al.*, 2004), capacidad de retención de agua (Stamatiadis *et al.*, 1999), actividad microbial y a los exudados químicos liberados a partir de la MO (Ryan *et al.*, 1994). Existen reportes de que la MO incrementa la colonización de la raíz y esporulación de HMA (Douds *et al.*, 2006).

Millaleo *et al.* (2006), reportaron que los abonos orgánicos en altas dosis (20 y 30 Mg·ha⁻¹) incrementan la colonización por HMA nativos del suelo hasta en 68%, así como la producción de biomasa seca aérea.

Bárcenas-Ortega *et al.* (2010), encontraron aumento en la formación de esporas en aguacate abonado con estiércol y recomiendan la aplicación en general de abonos orgánicos ya que favorecen el proceso de colonización de los HMA.

León-Nájera *et al.* (2010) sugieren el uso de bocashi y vermicomposta combinados con *Glomus* spp. para mejorar la altura y peso de frutos de chile habanero (*Capsicum chinense*).

Constantino (2010) recomienda el uso de cascarilla de cacao o composta en dosis altas para incrementar la colonización por *G. intraradices* y el crecimiento de *Carica papaya* a nivel de invernadero.

Üstüner *et al.* (2009) mencionaron efectos negativos ocasionados por extractos acuosos de abonos orgánicos (composta de trigo y estiércol de bovino) sin diluir, los cuales reducen los niveles de colonización de la raíz por HMA, así como la germinación de esporas, lo que sugiere una cuidadosa selección de los abonos orgánicos.

1.6.5. Características generales de *Alpinia purpurata*

1.6.5.1. Origen y países productores

Alpinia purpurata (Vieillard) K. Schumann, es una planta de la familia Zingiberaceae cultivada en regiones tropicales y subtropicales, es utilizada como elemento decorativo en la jardinería y como flor de corte a nivel comercial. Es originaria del Pacífico Sur, Nueva Caledonia, Nuevas Hébridas, Protectorado inglés de Islas Salomón, Archipiélago Bismark y Bougainville.

Alpinia purpurata se conoce comúnmente como ginger, hawaiana o antorcha. De las variedades cultivadas sobresale *A. purpurata* var. roja por su alta demanda, altos precios en el mercado y producción permanente durante todo el año (Kent *et al.*, 2007).

En América los principales países productores de esta planta son Colombia, Costa Rica, Jamaica, Ecuador, Estados Unidos de Norteamérica (Hawai) y México (Pizano, 2005). En éste último, destacan por la superficie cultivada, Chiapas, Tabasco y

Veracruz (Baltazar y Figueroa, 2009). En Tabasco, ginger roja se cultiva como flor de corte en forma comercial y a nivel de traspatio (Mariaca, 2012; Saldaña *et al.*, 2013).

1.6.5.2. Características botánicas

Por su hábito de crecimiento *A. purpurata* var. roja es considerada como una planta herbácea, de porte erecto, llega a medir hasta 3 m de altura, es perenne, presenta inflorescencias con brácteas rojo brillante y flores blancas inconspicuas (Kent *et al.*, 2007).

Los tallos son subterráneos, conocidos como rizomas, de los cuales emergenseudotallos rectos que portan de 7 a 13 hojas (Criley, 1984). Los rizomas se desarrollan lateralmente, una planta puede producir hasta cuatro hijuelos por mes (Lasso y Vallejo, 2007). Tanto el rizoma como losseudotallos son aromáticos.

Losseudotallos alcanzan de 90 a 457 cm de alto y 2.5 cm de diámetro basal (Lasso y Vallejo, 2007; Kent *et al.*, 2007); la tasa de crecimiento de losseudotallos es de 1.0 cm·por día (Lasso y Vallejo, 2007). En el extremo apical de cadaseudotallo emerge una sola inflorescencia de hasta 30.5 cm de longitud (Kent *et al.*, 2007) y 5.4 cm de diámetro en promedio (Lasso y Vallejo, 2007).

Las hojas son verde oscuro, alternas y sésiles. Presentan nervaduras paralelas y una vena media en la hoja como continuación delseudotallo. En su base la hoja cuenta con vaina envolvente alrededor delseudotallo. La lámina foliar es oblonga de 30.5 a 81 cm de largo y de 10 a 23 cm de ancho con ápice en la punta. Las flores se agrupan en

inflorescencias que se desarrollan de 4 a 5 meses después de la emergencia delseudotallo (Lawrence, 1951).

Una planta de 4 años de edad puede emitir 68 inflorescencias en promedio por año. Esta es una espiga compacta de 15 a 30.5 cm de largo, presenta un gran número de brácteas superpuestas que en conjunto forman una estructura en forma de cono, son por lo general erectas pero conforme se desarrollan tienden a curverse de la punta (Lasso y Vallejo, 2007).

Las brácteas son ovaladas o abovadas, de 2.5 cm, se encuentran adheridas a un eje central de donde nacen flores blancas tubulares de 0.64 cm de longitud y presentan un pétalo en forma de labio angosto (Lawrence, 1951).

Las flores son bisexuales, irregulares, el perianto está formado de seis partes en dos series, ambas tubulares. La corola es trilobulada, el lóbulo posterior es más largo. Presenta un estambre fértil, un pétalo estaminoideo opuesto a éste y un estaminodio más pequeño. La antera está formada por dos compartimientos que son dehiscentes verticalmente. El pistilo está integrado por un ovario ínfero, trilocular con placentación axial o unilocular con placentación parietal (raramente basal). En cada una de tres placentas se encuentran una gran cantidad de óvulos. Se presenta un solo estilo filiforme envuelto en parte por el canal del filamento del estambre fértil extendiéndose entre la antera. El estigma es capitado (Lawrence, 1951).

El fruto es una cápsula de tres valvas que se desarrolla en forma ocasional. La forma de la cápsula es globosa, de 10 a 15 cm de largo y de 1.9 a 3.2 cm de diámetro, se

abren en dos partes cuando las semillas están maduras. Las semillas son de 2.5 mm de largo, negras, aceitosas y pueden presentar un arilo rojo (Lawrence, 1951).

1.6.6. Generalidades sobre la nutrición de *A. purpurata*

La nutrición de los vegetales es una de las principales prácticas agronómicas que favorecen el crecimiento y la productividad de los cultivos. El suministro adecuado de nutrientes depende de la fertilidad del suelo y sus propiedades físicas, así como del adecuado suministro de fertilizantes (Alcántar *et al.*, 2007a). Los abonos orgánicos cumplen con la aportación de nutrimentos a los cultivos en las explotaciones agrícolas (Salgado *et al.*, 2010a).

Los principales factores que influyen en el crecimiento y por lo tanto en la producción de los cultivos vegetales son la luz, temperatura, agua, aire y nutrimentos. Las plantas requieren 14 elementos minerales, tales como el N, P, azufre (S), K, calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe) y otros, considerados como elementos indispensables, que generalmente son absorbidos del suelo por las raíces (Alcántar *et al.*, 2007b).

Para *A. purpurata* (Vieill) K. Schum, el contenido nutrimental aceptable en follaje verde y sano es de 2% N, 0.16% P, 1.8% K, 1.8% Ca y 0.4% Mg. Para los microelementos se considera que los niveles adecuados, también en tejido foliar, se encuentran en los rangos de: 450 a 700 ppm de Manganeso (Mn), 30 a 60 ppm de Fe, 10 a 15 ppm de Cobre (Cu), 40 a 90 ppm de Zinc (Zn) y 15 a 25 ppm de Boro (B) (Kent *et al.*, 2007).

Las recomendaciones de fertilización química para *A. purpurata* indican el uso de fertilización completa una vez al mes o de 3 a 6 veces al año en las proporciones de

1:1:1 a 3:1:5 de NPK (Kent *et al.*, 2007). Los mismos autores indicaron que la producción floral se incrementa con altos niveles de N, sin afectar negativamente la vida poscosecha de las flores.

González y Mogollón (2001), recomiendan una dosis de N de $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para cultivos iniciados con rizoma y 300 para plántulas obtenidas *in vitro*. Por su parte Lamas (2002) sugiere aplicar por planta de 12 meses de edad, 200 g de N, 100 g de P y de 200 a 250 g de K, más Ca y Mg; a los 13 meses de edad las dosis por planta se incrementan de 300 a 400 g de N, 200 a 250 g de P y 300 a 350 g de K, más la misma cantidad de Ca y Mg.

Los nutrimentos mencionados determinan el desarrollo de *A. purpurata*, debido a su función en la planta.

Nitrógeno.- El N es componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal: aminoácidos (proteínas estructurales y enzimas), de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas (ureidos, amidas, alcaloides, etc.), por lo tanto, participa activamente en los principales procesos metabólicos importantes de las plantas como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis proteica (Navarro, 2003).

Las plantas absorben el N principalmente en forma de amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-). La mayoría del NH_4^+ absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el NO_3^- se moviliza en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de las plantas (Tisdale y Nelson, 1977).

El N se relaciona con hasta el 50% de la biomasa vegetal seca, es requerido en cantidades adecuadas para que todas las plantas puedan crecer y fructificar normalmente (Gliessman, 2002).

Fósforo.- El P es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, también forman parte de nucleótidos (como ARN y ADN) y de fosfolípidos presentes en las membranas. Es esencial en el metabolismo energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADN, AMP y pirofosfato (Tisdale y Nelson, 1977).

Las formas absorbidas de P por las plantas son los iones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} fosfato mono y bibásico, respectivamente. Se moviliza por el xilema en forma de H_2PO_4^- influenciado por el pH de su propia concentración y altas concentraciones de Ca, Cu, Fe y Zn. En el floema su redistribución es rápida y en forma de fosforil-colina. La carencia de P se asocia con la reducción en el crecimiento de las plantas por lo que la altura de ellas se ve determinada en parte por la presencia de este elemento (Alcántar *et al.*, 2007b).

Potasio.- Es activador o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Participa en el equilibrio iónico y en la regulación osmótica (Alcántar *et al.*, 2007b).

El K es absorbido por la raíz como ion potasio (K^+) y es conducido a la parte aérea por el xilema y el floema. Por la movilidad de este elemento su distribución en la planta es muy fácil. A pesar de que no tiene una función estructural en la planta la demanda es muy grande comparable únicamente con la del N (Alcántar *et al.* 2007b).

Existe una fuerte interacción del K con el N, ya que tiene una función reguladora del metabolismo del N, un adecuado suministro de este elemento asegura contenidos normales de celulosa y lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas. También está relacionado con el crecimiento de los tejidos meristemáticos, por lo que el número de brotes depende en parte de este elemento (Navarro, 2003).

Calcio.- Las principales funciones del Ca en las plantas se relacionan con la división celular, estabilidad de la membrana y pared celular. Este elemento asociado con proteínas (calmodulinas) cumple funciones de mensajero secundario (Alcántar *et al.*, 2007b). Debido a que el Ca participa en la síntesis del pectato de Ca, componente fundamental de la lámina media de las células, se relaciona con la resistencia a necrosis en los tejidos vegetales atacados por microorganismos fitopatógenos (Alcántar *et al.*, 2007b).

La deficiencia de Ca detiene el crecimiento de las raíces y origina clorosis en las hojas jóvenes debido a su poca movilidad dentro de la planta. El Ca en el suelo se encuentra formando parte de compuestos orgánicos e inorgánicos y en forma de Ca^{2+} . La forma catiónica está en la solución del suelo, de allí la planta puede absorberlo directamente o es absorbido al complejo de cambio, donde representa hasta el 90% de la capacidad de intercambio catiónico (Sánchez *et al.*, 2007)

El Ca es antagonista de algunos elementos nutritivos (K, Fe, Mn, B, Zn) reduciendo su asimilación, forma fosfomatos de cal con los ácidos húmicos y fosfóricos inmovilizando temporalmente al P; favorece la transformación de la materia orgánica y

estimula la acción de los microorganismos fijadores de N y nitrificadores (Navarro, 2003).

Magnesio.- Es activador en muchas reacciones enzimáticas, también se asocia al ATP en la transferencia de energía y es componente de la clorofila (Alcántar *et al.*, 2007b).

Manganeso.- Es constituyente de algunas enzimas y activador de descarboxilasas y deshidrogenasas de la respiración. Cataliza la liberación de oxígeno en la fotólisis del agua (Alcántar *et al.*, 2007b).

Azufre.- Estimula la fijación biológica del N, es constituyente de compuestos carbonados, participa en la síntesis de proteínas formando parte de la cisteína, cistina, metionina, principalmente. Es constituyente de vitaminas, ácido lepoico, coenzima A, tiamina, pirofosfato, biotina y ácidos nucleicos, esenciales para el metabolismo de las plantas (Alcántar *et al.*, 2007b).

Hierro.- Es componente de muchas enzimas y juega un papel importante en la transferencia de electrones (reacciones redox), como en los citocromos, en las cadenas de transporte electrónico (Alcántar *et al.*, 2007b).

Cobre.- Componente y activador de muchas enzimas, principalmente SOD (superóxido dismutasas) y constituyente de la plastocianina (Alcántar *et al.*, 2007b).

Zinc.- Componente esencial y activador de numerosas enzimas. Es necesario para la biosíntesis de la clorofila y ácido indolacético (Alcántar *et al.*, 2007b).

Boro.- Participa en el metabolismo y transporte de carbohidratos y en la síntesis de la pared celular (Alcántar *et al.*, 2007b).

CAPITULO 2

2.1. Artículo 1. Publicado en enero 2013 en la revista Ciencia e Investigación Agraria (www.rcia.uc.cl) 40(1):5-15

The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico

María I. Saldaña y Hernández¹, Regino Gómez^{2*}, Juan M. Pat², José D. Álvarez², Julián Pérez³,
and Carlos F. Ortiz³

¹Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Zaragoza s/n. Villa Ocuiltzapotlan, Centro, Tabasco, C.P. 86270. Mexico.

²Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa. Carretera Villahermosa-Reforma Km 15.5 El Guineo 2ªSec. C.P. 86280. Villahermosa, Tabasco. Mexico.* Corresponding author:

regomez@ecosur..mx

³Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km 3.5 Periférico, H. Cárdenas, Tabasco. Cp 86500. Mexico.

Abstract

M.I. Saldaña y Hernández, R. Gómez, J.M. Pat, J.D. Álvarez, J. Pérez, and C.F. Ortiz. 2013. The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. Cien. Inv. Agr. 40(1):5-15. Floriculture in Tabasco, Mexico is part of a diversification and increasing agricultural income, which has the potential for outstanding growth. To determine the socioeconomic status as well as the technical advancement of this sector, surveys were conducted of cut flower producers and combined with official statistics. Socioeconomic and technological indicators showed that 38% of the producers had a high standard of living and 69% of farmers had three or more years of experience in flower cultivation. Most farmers owned their land (66%), and their educational attainment was above the national average. Most of the producers did not depend exclusively on their revenues from flowers. The average income for a cultivated area was \$1,936.33 USD ha⁻¹·yr⁻¹. The technological level and management of the plantations was very different among farms. The yield and quality of the production could be improved through improved handling of weeds, watering and drainage. Plant diseases and pests are not restricting growth at this time. Currently, only 11% of the production is marketed, which means that a national and international market needs to be developed. In addition, it was found that the infrastructure for watering, production and post-harvest is insufficient to develop the activity for the export market.

Key words: Florists, socioeconomic levels, technological usage, tropical flowers.

Introduction

Worldwide cut flower production has had a constant yearly growth rate of 6% (Rodríguez *et al.*, 2007). The main markets are the United States, the Netherlands, Japan, Germany and England, which combined represent 85% of the global market (Granada, 2009). In the Americas, the main producers and exporters are Colombia (52%), Ecuador (17%), Mexico (4%) and Costa Rica (3%) (Proexport Colombia, 2003). Mexico has 11,310 ha of land devoted to cut flower and greenery production (Rodríguez *et al.*, 2007). Demand for traditional species has diversified to include exotic tropical species, including orchids, flamingo flowers, birds of paradise, heliconias and gingers (López *et al.*, 2006).

Commercial planting of tropical flowers started 20 years ago in Tabasco, and according to Criley and Broschat (1992), Tabasco has the proper edaphoclimatic conditions for their harvest. Production, harvest, post-harvest, packing, transport and distribution processes have great potential for growth as a source of rural work and income generation. There is lack of basic information about socioeconomic and productive characteristics of this sector. Therefore, the objective of this study was to determine the socioeconomic and technical status of cut flowers producers in Tabasco.

Materials and methods

The research was carried out in Tabasco, Southeast México. It is located between 17°19'00" and 18°39'00" North latitude and 90°57'00" and 94°08'00" West longitude. The three geopolitical regions included in the study were Chontalpa, Centro and Sierra. The weather is warm, with an annual average temperature of 26 °C; yearly rainfall is from 2,000 to 4,000 mm; and most of the soils are of alluvial origin (INEGI, 2005). This research was conducted from July to September 2009. Socioeconomic characteristics and technology used were assessed with surveys of flower producers with production farms equal to or greater than 0.25 ha. The study included 29 flower production farms. The survey was carried out in 17 rural municipalities by Centros de Atención de Desarrollo Rural (CADER), which is part of the Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), and by the Secretaría de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesca (SEDAFOP). Informants were identified with the help of fellow producers, using a snowball technique. The socioeconomic status was defined with indicators of producers' social level and economic status, such as property ownership, years of schooling,

number of workers, farm area and yearly income. The values for these characteristics were categorized and an overall score was calculated to define producers' socioeconomic level according to a scale (Table 1). Other socioeconomic characteristics evaluated were location, public services received, years of experience, legal status, and organization of production. The main indicators evaluated to determine technological competence were as follows: area, cultivated species, previous and associated crops, soil fertility and chemical input usage, diseases, pests, weeds, harvest, post-harvest treatment, production destination and infrastructure. In order to validate information about phytosanitary issues, phytopathological analysis of four plantations was performed at the Laboratorio de Fitopatología of the Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (México). Infrastructure assessed was grouped as follows: hydrological (wells, irrigation systems and plot drainage), production (area for introduction of new species, greenhouses, compost, and areas for tools and pesticides), and post-harvest (areas for cleaning, packing, display, cold room, parking lot and office). The location of each production unit was recorded using GPS. This information was coupled with data from Tabasco's soil map to assess the soil type.

Phytopathological analysis. To understand the presence of diseases in cultivated species, sampling was carried out in farms located in Hermenegildo Galeana, Teapa; Melchor Ocampo, Cárdenas; and Norte, Comalcalco, Tumbulushal and Medellín y Madero, Centro, Tabasco. The sampling took place in two seasons: Autumn-Winter 2010 and Spring-Summer 2011. Leaf samples, rhizomes and roots with evidence of disease were collected. Durex tape, histological cuts and potato-dextrose-agar were used to identify the causal agents of observed disease.

Statistical analysis. Data was analyzed using statistical tests including normal distribution, mean, standard deviation and X^2 (Chi squared test).

Results and discussion

Socioeconomic characteristics

Production location. There are 29 cut flower farms in Tabasco. Each farm is managed by one person. The cultivation of cut flowers is performed in nine of 17 municipalities, including the three geopolitical regions of Chontalpa, Centro and Sierra Regions. Plantations are located from 3 masl (meters above sea level) in Paraíso, up to 102.5 masl in Tacotalpa. Most of the flower farms are located in Teapa, Centro and Comalcalco, and they represent 82% of cultivated flower area in Tabasco (Table 2).

Services. The flower farms in Tabasco are agroforestry systems that take advantage of plant species of great biological and economic value. These farms are also potential destinations for agricultural tourism. In the future, the producer's quality of life and the diversification of their income will depend to a great extent on the services they can offer visitors and consumers interested in rural tourism and the ecosystem services they can provide. Farmers had limited access to public services including potable water (69%), electricity (59%), access roads (66%) and sewers (38%); these values were correlated ($\chi^2 \alpha = 0.075$). The access of services is below the average level reported for Tabasco, which are potable water (72%), electricity (96.7%) and sewers 97.8% (INEGI, 2011). It is important to mention that improving technology must correspond with current trends in sustainable agriculture and must consider the fragility of tropical ecosystems. Adding innovative technologies such as rainfall water reservoirs, solar energy, ecological waste disposal, and biodigesters using supplies available in rural areas will avoid dependence on external agents and reduce risk to natural resources.

Years of experience and education. Of the producers surveyed, 31% had between one and two years of experience, 14% had 3 to 5 years and 55% had more than 5 years of experience growing flowers. As for education, 70% of producers had a bachelor's degree or other higher academic training; this percentage is twice the average education level of the country (INEGI, 2009). Years of experience were related to years of education ($\chi^2 \alpha = 0.03$). All producers (100%) with more than 10 years of experience had a bachelor's degree. Of producers with less than 10 years of experience, 53% had a bachelor's degree, 23.5% had graduated high school or junior high school, and 23.5% had only finished elementary school or attended elementary school. These results indicate that this activity has been carried out by relatively highly educated producers.

Land ownership and legal status. As for land ownership, 66% were private owners, 24% were communal producers, and 10% were lessees. Private producers were the first to adopt growing ornamental flower crops. According to the OAS (2006), a secure private property regime provides security for producers and incentives to take risks to promote rural development. As for the legal status for operation and taxes to the STA (Service of Tributary Administration), 83% of flower producers were individuals and 17% were associations (three Rural Production Societies and one Civil Association). There is no relationship between the type of property and the legal organization that the producers decided to use ($\chi^2 \alpha = 0.76$). Individuals had the largest (76 %) number of privately owned plantations and are part of the formal sector of the economy.

Organization of production. To carry out the productive activities of their farms, 63% of producers said they were internally organized for production, and 37% were not. Nevertheless, their organization is incipient, as there are still knowledge gaps including cultivated species and varieties, planting density, yield, flower availability through year, investment quantities, scheduling of activities for pest control, diseases, weeds and harvest. Lack of organization in ornamental production systems leads to plantations having inadequate processing, a lack of standardization and reduced flower quality; these patterns are repeated in the cut flower production systems in several Latin American countries (USAID, 2007). Currently, producers are not organized to sell flowers wholesale because they lack access to credit and community services. When surveyed, only 9% of producers had obtained credit, and only 12% had obtained individualized technical advice.

Floriculture's contribution to family income: The percentage of cut flower producers that received income from the sale of cut flowers was 60%, while 40% received no income because their plantations are not yet producing or they had no market. Producers earned an average income of \$8,507.69 USD yr⁻¹ (range: \$230.77 to \$30,769.23 USD, SD \$9,628.64). In comparison to the annual minimum wage, 20% of farmers received less than the minimum wage, 33% received 1 to 3 times the minimum wage, 20% received 4 to 6 times the minimum wage, and 27% received more than six times the minimum annual wage. With respect to annual income by farm area, the average income was \$1,936.33 USD ha⁻¹·yr⁻¹ (ranging from \$57.69 to \$7,692.31 USD ha⁻¹·yr⁻¹, SD \$2,124). In Tabasco, papaya cultivation earns more money (*Carica papaya* L.), according to SIAP (2011), with papaya growers receiving an average income of \$9,326.88 USD ha⁻¹·yr⁻¹, which is 4.8 times higher than that obtained by flower producers.

Producer's socioeconomic level. Flower producers can be divided into three social levels (Table 1), 48% in the low level, 14% in the medium level and 38% in the high level. Socioeconomic status is related to income variables, property type, level of education, number of jobs created and cultivated area ($\chi^2 \alpha = 0.0029$).

Technical-productive characteristics

Surface and cultivated species: There are 111.1 ha planted with ornamental cut flowers in Tabasco, and at the national level, there are 11,310 ha of cut flowers and greenery, including temperate and tropical zones (Rodríguez *et al.*, 2007). The average area cultivated per producer in Tabasco is 3.85 ha (SD 4.66). There are 26 species of flowers grown (Table 3). The fifteen *Heliconia* and eight Zingiberaceae species cultivated in Tabasco represent 6% and 0.6%,

respectively, of the 250 and 1300 species reported for each of those groups worldwide (López *et al.*, 2006). Twenty of the cultivated species are large, five are medium, and one is small.

Previous cultivars and species associated with flower plantations. Tropical cut flowers need shade to grow. To develop flower plantations, producers used two strategies: 1) plant under the canopy of cocoa plantations (39%), forest trees (19%) and fruits trees other than cocoa (23%); and 2) when the producers did not have plantations that could provide shade, they reforested grasslands before planting flowers (19%). Currently, 54% of the farms were associated with forest, 35% were associated with cocoa, and 11% were associated with fruit trees other than cacao. There is a highly significant relationship between the planting of previous crops and flower plantations ($\chi^2 \alpha = 0.005$). Fruit and forest species used for reforestation that are now associated with tropical flowers include rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), cedar (*Cedrela odorata* L.), mahogany (*Swietenia macrophylla* King.), maquilishuat (*Tabebuia rosea* (Bertol.) A.DC.), earpod tree (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) and monkey pod (*Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth.). In all cases, land use changes have been directed to grow trees with several purposes in addition to providing shade for ornamental cultivars, such as producing fine wood, fruit, firewood or improved soil conditions. Therefore, ornamental agroecosystems are considered to act as a factor that slows “detrimental development”, which has been common in Tabasco during recent decades (Tudela, 1992); Tabasco is currently ranked as the third most damaged state in terms of natural resources nationwide (SEMARNAT-CP, 2002).

Soils fertility and nutrient deficiencies. Ornamental cut flowers in Tabasco are found in eight different soil subunits. Fluvisol eutric is the predominant soil type (Table 4). Distribution of cultivated lands for cut flowers in Tabasco is a clear example of the general status of the rural sector in Latin America (Barkin, 1998), where colonization consisted of continuous displacements of inhabitants of profitable lands, who were forced to work in areas not well-suited to certain kinds of production. There is an owner-polarized system in this region, where the most fertile crop lands are held by flower producers of high socioeconomic levels and the poorer soils are used by producers of the lower social sectors. Most of the producers, 93%, did not know the soil's nutrient characteristics. This knowledge would increase their potential to efficiently fertilize the land for effective plant growth. With regard to nutrient deficiencies, 28% of producers believed they did not have problems, 31% said they had problems, and 41% did not know about this issue. In efforts to correct nutrient deficiencies, farmers use triple 17, urea and potassium chloride.

Diseases and their importance. The survey revealed producers' perceptions of disease: 48% of producers indicated that they have no diseases in their plantations; 42% stated they had diseases; and 10% were unaware of them. Producers said that when diseases arise they were very severe (64%), severe (7%) and moderate (29%); 16% of producers tried to control diseases with copper sulfate, promil, terramycin, garlic and chamomile. Phytopathological analysis revealed the presence of several diseases. Rust was found from *Puccinia* sp. Liberato *et al.* (2008), which was found in *P. heliconiae* in Papua New Guinea. Pardo (2006) and Villalobos *et al.* (2009) report rust in Colombia and Costa Rica. Leaf spots were another disease, which was caused by *Cordana* sp., *Helminthosporium* sp., *Pyriculariopsis* sp., *Curvularia* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Periconia* sp. Roya in association with *H. secunda*, *H. psittacorum* cvs. Golden Torch, Andromeda and Fuchia, *H. stricta* cv. Tagami and *H. collinsiana*. These species were reported by Alarcón (2007) in Colombia with high levels of incidence. Bacteria were also found, including *Ralstonia solanacearum* race 2, which was confirmed in *H. wagneriana* cv. Cream and found in Centro and Comalcalco. This bacterium causes bacterial wilt or Moko disease on *Musa* and *Heliconia* (Alarcón, 2007; Lins and Coelho, 2004). There were also nematodes. *Meloidogyne* sp. was identified in five municipalities, with the highest incidence (9%) in *A. purpurata* cv. Pink in Tumbulushal, Centro, which was same incidence level reported by Alarcón (2007). Lins and Coelho (2004) found *A. purpurata* to be the most susceptible to *Meloidogyne incognita*, with an incidence rate of 70%. The autumn-winter season had 2.5 times more plantations with phytosanitary problems than spring-summer.

Pests. When asked about pests, 69% of producers reported pests, and 31% did not report any. The percentage of farmers reporting pests were: 67% - ants (Family: Formicidae), 11% - true bugs (Family: Coreidae), 11% - mealybugs (Family: Pseudococcidae), 9% - beetles (Family: Scarabaeidae), and 2% - whiteflies (Family: Aleyrodidae). For vertebrate pests, 7% of farmers reported gophers (Family: Geomidae). The infestation levels were assessed by the farmers as low (83%), medium (11%) and unaware (6%). The damage reported by the producers was in the foliage (44%), flower and foliage (22%), flower (11%), root (17%) and whole plant (6%). 83% of the producers considered the infestation levels to be below the mean, 11% considered the levels to be at the mean, and 6% unaware about this information. Producers who mentioned that they had pests controlled them using cypermethrin, chlorpyrifos, malathion, monocrotophos, methyl parathion, neem and garlic extracts.

The fact that the majority of producers reported the absence of diseases and pests and/or low levels of incidence and infestation could be because of how they have developed their

ornamental production system, where the heterogeneity and complexity of the agroecosystem promotes the natural control of phytopathogen organisms, favoring predators and antagonist species (Lin, 2011).

Weed control. The high rate of weeds growing in humid tropics can cost farmers significant time and effort to control. Efforts are required for sustainable management that reduces the use of herbicides and allows for the conservation and improvement of the soil. Weed control is a common practice of flower producers, with all producers performing some weed control. The majority (66%) of producers controlled weeds by hand (machete), and some (34%) used chemicals. The presence of weeds in the plantations and their control was highly related ($X^2 \alpha = 0.00004$). The main herbicides were glyphosate and paraquat.

Harvest. The harvest of cut flowers in Tabasco is a result of demand from the local and regional markets. The producer only harvests when he has a specific market demand guaranteed. The unit typically sold in the market is a dozen. Of the producers interviewed, 60% had harvested flowers in multiples of this unit for sale. The harvest was performed in 72.9 ha (68% of the cultivated area), while 32% do not harvest because their plantations had not reached a productive stage or they did not have a market. The volume harvested is 601 dozen $\text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$. However, Tabasco has the potential to produce 5,416 dozen $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (De las Heras, 2012. Personal communication. Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V. Tabasco, México). Currently, flower producers only harvest 11% of their productive capacity.

Post-harvest treatment. One hundred percent of producers applied post-harvest treatments to their flower, such as cleaning with water as a natural treatment. Producers used pesticide 3% of the time, and no one used wax. The levels of post-harvest treatment found are similar to those reported by ALTROPICO (2005) for tropical flowers in Latin America.

Production destination. Producers of ornamental flowers have entered the market with varied results; 60% sold their production in a continuous or sporadic manner, while 40% did not sell because they have not found a market or their plantations had not reached a productive stage. Of the 17 flower producers that sold their products, the plurality sells their product locally (42%) and some sell at a regional scale (10%), with the national market being the smallest (8%). With the exception of two producers who design flower bouquets (Tropiflor S.P.R. de R.L. and Tanay Trópico), all others sell their production as raw material with no added value. One obvious conclusion from the data is that an increased market value chain and improved access to

markets could be developed to assure that the product can reach the final consumer, whether it is a flower shop or supermarket; there is also the potential to generate partnerships with transport or shipment companies and venture into production of certified ecological flowers.

Actual technological usage

Of total cut flower producers, 58% had some type of infrastructure and 42% do not have infrastructure in their plantations, which is a condition that limits efficient production.

a) *Hydrological infrastructure.* In some flower farms in Tabasco, there were irrigation systems, wells and plot drainage; 38% of plantations had irrigation systems, and 62% did not. In terms of surface area, 34% (38 ha) of the plantation area for flower production had irrigation; these areas were dedicated to production of heliconias and gingers in an alluvial prairie and wetland, where flat lands allow irrigation systems to satisfy crop requirements during the dry season (March, April and May). However, it is necessary to be able to quickly drain large amounts of rainfall water during the wet season (September, October, November) because excess water can be more detrimental than a water shortage for flower production; 47% of producers had plot drainage systems, and 53% reported that they did not have them. There was no relationship among hydrological infrastructure, years of experience, socioeconomic level and producer income ($\chi^2 \alpha = 0.67$).

b) *Production infrastructure.* Of 29 flower farms, 15 had warehouses for tools, nine had an area reserved for new species, eight had a warehouse exclusively for pesticides, five had a compost area, and three had a greenhouse. These conditions indicate heterogeneity of production technology and a need to find strategies to transfer technologies. There was no relationship between productive infrastructure and a producer's socioeconomic level ($\chi^2 \alpha = 0.75$).

c) *Post-harvest Infrastructure.* The survey showed that of 29 flower productive farms, 24% had a cleaning and packing area. Also, 10 flower producers had vehicles to transport their product. Tropical flower production in Tabasco is done in an open pit with a minimum of infrastructure similar to other tropical zones of Mexico, as reported by Baltazar and Figueroa (2009). This infrastructure differs from flower production systems in temperate regions, where 74% of producers used protection for their crops (Murguía and Lee, 2007).

Results indicate that the plantations of cut flowers in Tabasco are distributed across the expansive plains, reaching up to mountain areas. Because 85% of the cultivated area is highly suitable for these plants, the edaphic conditions are good for their commercial exploitation.

Production of cut flowers in Tabasco is a growing industry using agroforestry systems. At the moment, there are no major restrictions posed by phytosanitary and nutrient concerns under these conditions. Nevertheless, it is recommended that healthy propagation material be used to avoid the dissemination of *Meloidogyne* and *Ralstonia solanacearum* race 2. The management of the land's fertility should be carried out based on the analyses of its physical and chemical characteristics and the requirements of the plant being cultivated, allowing for more efficient use of fertilizers. Despite more than 10 years of productive experience for 37% of the producers, the area planted with flowers remains small. The socioeconomic level, education level and type of property showed that the sector is made up of people who have a higher standard of living than the general population. Currently, producers with low economic resources are starting plantations with government support. This policy has been developed to provide an alternative source of employment and income for rural areas. Such support should have continuity to avoid problems of developing markets and supply chains. The current producers only market 11% of the productive potential of their plantations. The development of the market for their products requires improving the quality of the product by training the producers.

It is also necessary to develop the capacities of the producers to diversify their revenues from flower agroecosystems. For example, strategies could include alternatives such as agrotourism. The effective organization and participation of producers will be needed to form a strong base for the sustainable development of the production capacity of this sector.

Acknowledgments

We are thankful for the financing provided by the Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco and the support of the Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V. (project TAB-2008-C011-8811).

Resumen

M.I. Saldaña y Hernández, R. Gómez, J.M. Pat, J.D. Álvarez, J. Pérez, y C.F. Ortiz. 2013. Nivel socioeconómico y tecnológico de los productores de flor de corte en Tabasco, México. Cien. Inv. Agr. 40(1):5-15. La floricultura en Tabasco, México, forma parte de un plan de diversificación para incrementar ingresos agrícolas con expectativas alentadoras. Para conocer aspectos socioeconómicos y técnico-productivos del sector, se aplicaron encuestas a productores a partir de información oficial, para generar un padrón de floricultores. Los indicadores socioeconómicos y tecnológicos utilizados, demostraron que el 38% de los productores

corresponden a un nivel socioeconómico alto, 69% cuentan con tres a más de 10 años de experiencia en sus cultivos, son propietarios de su tierra 66% y tienen niveles de escolaridad superiores al promedio nacional. La mayoría de los productores no dependen exclusivamente de los ingresos de esta actividad. El promedio de ingreso por superficie cultivada es de \$1,936.33 USD ha⁻¹·año⁻¹. El nivel tecnológico y manejo de las plantaciones es muy variado entre las unidades de producción. Los rendimientos y calidad de la producción son susceptibles de mejora a través del manejo oportuno de malezas, riego y drenaje. Las enfermedades y plagas no son limitantes por el momento. Sólo se comercializa el 11% de la producción, por lo que se requiere desarrollar el mercado nacional e internacional. No obstante, la infraestructura hidráulica, productiva y de poscosecha es insuficiente para desarrollar la actividad con miras a la exportación.

Palabras clave: Flores tropicales, floricultores, niveles socioeconómicos, uso de la tecnología.

References

Alarcón, J. 2007. Enfermedades en la producción de Heliconias en los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. *Agron.* 15:45-61.

ALTROPICO. 2005. Estudio de mercado local para flores tropicales con potencial comercial y productivo desde la Zona de Chical. Conservación en áreas indígenas manejadas. Ecuador, USAID/BIOFOR Consortium: 31 p. Available online at: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADE069.pdf (Website accessed: November 4, 2009).

Baltazar, B.O., and K.A. Figueroa. 2009. Flores que atrapan tu mirada. Estudio de vida de florero y comercial de flores ornamentales de la Zona Centro del Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados. México. 80 pp.

Barkin, D. 1998. Riqueza, pobreza y desarrollo sostenible. México: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo. 43 p. Versión electrónica. <http://www.ambiente.gov.ar/infotecaea/barkin02.pdf> (Website accessed October 23, 2011).

Criley, R.A., and T.K. Broschat. 1992. Heliconia: Botany and Horticulture of a New Floral Crop. Journal Series No. 3563 of the Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. 55 p.

Granada, C.L. 2009. Situación actual de la producción de ornamentales en México; retos y oportunidades. Memoria electrónica. Primer Simposium Experiencias exitosas de empresas

ornamentales y tendencias del mercado. Ornato 2009. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Región Orizaba-Córdoba. 19 octubre. Córdoba, Veracruz, México.

INEGI. 2005. Anuario estadístico de Tabasco. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) y Gobierno del estado de Tabasco. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 547 pp.

INEGI. 2009. México hoy. Aguascalientes. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). Aguascalientes, México. 292 pp.

INEGI. 2011. Censo de población y vivienda Tabasco 2010. Available online at: <http://www.inegi.org.mx> (Website accessed: March 20, 2012).

Liberato, J., J. Ray, and T. Gunua. 2008. *Puccinia heliconiae* on *Heliconia* sp. in Papua New Guinea. Australian Plant Disease Notes 3:132-134.

Lin, B. 2011. Resilience in Agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental changes. BioScience 61:183-193.

Lins, S.R.O., and R.S.B. Coelho. 2004. Ocorrência de doenças em plantas ornamentais tropicais no estado de Pernambuco. Fitopatologia Brasileira 29:332-335.

López, A., J. Pérez, C. Sosa-Moss, J.M. Mejía, and L. Bucio. 2006. El cultivo de las plantas ornamentales tropicales. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de producción de Trópico Húmedo de Tabasco. Colegio de Postgraduados. Tabasco, México. 105 pp.

Murguía, G.J., and E.H. Lee. 2007. La horticultura ornamental en el estado de Veracruz, México. Actas de Horticultura. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas 48:485-488.

OAS. 2006. Tenencia de la tierra, compartiendo información y experiencias para la sostenibilidad. OAS (Organization of the American States). Serie de políticas No. 10. Washington D.C. USA. Available online at: http://www.oas.org/dsd/policy_series/10_spa.pdf. (Website accessed: August 20, 2012).

Palma-López, D.J., J. Cisneros, E. Moreno, and J.A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 pp.

- Pardo, V. 2006. Uredinales de plantas cultivadas de interés floral en Colombia. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín 59:3335-3353.
- Proexport Colombia. 2003. Estudio de mercado. Mariposas en el Estado de California-Estados Unidos. Convenio específico No. 197.1/2003. Proexport Colombia e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 106 pp. Available online at: http://www.minambiente.gov.co/.../331_estudio_de_heliconias_.pdf (Website accessed: November 4, 2009).
- Rodríguez, M.N., L.I. Trejo-Téllez, and F. Fernández-Luqueño. 2007. Flores de corte. Manual de producción. Ediciones Papiro Omega. México. 126 pp.
- SEMARNAT-CP. 2002. Evaluación de la degradación de la tierra causada por el hombre en la república mexicana. Escala 1:250,000. SEMARNAT-CP (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Colegio de Postgraduados), Memoria Nacional. Montecillo, México. 68 pp.
- SIAP. 2011. Producción agrícola por cultivo 2011. SIAP (Servicio de Información Agropecuaria). <http://www.siap.gob.mx/index> (Website accessed: February 20, 2012).
- Tudela, F. 1992. La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Federación Internacional de Institutos para Estudios Avanzados, Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, Colegio de México A.C. México, D.F. 475 pp.
- USAID. 2007. Actividad rural competitiva. Flores tropicales para la exportación. USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). La Paz Bolivia. 47 pp. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADN939.pdf (Website accessed: November 4, 2011).
- Villalobos, J., F. Cárdenas, and J. Cordero. 2009. Lista de enfermedades de los cultivos agrícolas y forestales de Costa Rica, 2009. San José Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería-Servicio Fitosanitario del Estado-Diagnóstico Fitosanitario. 130 pp.

Table 1. Variables used to classify the socioeconomic level of cut flower producers in Tabasco, Mexico.

Yearly income (USD)	Land tenure	Education level	Employees	Cultivated area (ha)	Socioeconomic level
0-923.07	1 C.* land	1 Basic	1 0-1	1 0.25-1	1 1-5 Low
923.07-4230.77	2 Rented	2 Medium	2 2-4	2 >1-2	2 >5-10 Medium
>4230.77	3 Private	3 Superior	3 >4	3 >2	3 >10 High

Source: Data obtained from surveys.

*C.=Communal land.

Table 2. Area cultivated for cut flowers in Tabasco, Mexico.

Municipality	Farms	Elevation (masl)	Area			Percentage
			Total	Average (ha)	SD	
Cárdenas	1	11.0±0	2.00	2.0	0	1.80
Centro	4	11.6±11.32	28.00	7.0	4.4	25.20
Comalcalco	6	13.8±8.73	17.25	2.8	2.2	15.53
Cunduacán	3	9.1±2.16	1.50	0.7	0.2	1.35
Jalapa	1	21.0±0	5.00	5.0	0	4.50
Macuspana	1	25.0±0	3.60	3.6	0	3.24
Paraíso	1	3.0±0	0.75	0.8	0	0.68
Tacotalpa	5	102.0±60.8	6.50	1.3	0.6	5.85
Teapa	7	37.7±22.1	46.50	6.6	7.0	41.85
Total	29		111.10	3.3		100.00

Source: Data obtained from surveys.

Table 3. Species of cut flowers cultivated in Tabasco, Mexico.

Name	Common name
Family Heliconiaceae	
<i>Heliconia bihai</i> ¹	Filo de la noche
<i>H. bourgueana</i>	Bourgueana
<i>H. caribe</i>	Caribe
<i>H. champneiana</i> cv. Maya blood	Sangre maya
<i>H. champneiana</i> cv. Maya gold	Oro maya
<i>H. champneiana</i> cv. Splash	Splash
<i>H. chartacea</i> cv. Sexy pink	Sexy pink
<i>H. collinsiana</i> ¹	Colinsiana
<i>H. latispatha</i>	Platanillo
<i>H. ortotricha</i> cv. She	She velloso
<i>H. psittacorum</i> cv. Choconiana	Avecita choconiana
<i>H. psittacorum</i> cv. Fire opale ¹	Fair opal
<i>H. psittacorum</i> cv. Fuchsia ¹	Avecita fiucha
<i>H. psittacorum</i> cv. Sassy	Avecita Sasy
<i>H. psittacorum</i> cv. St. Vincent red ¹	Rojo San Vicente
<i>H. psittacorum</i> cv. Kathy ¹	Katy
<i>H. psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Golden Torch ¹	Antorcha dorada
<i>H. psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Golden Torch Adriano ¹	Adriano
<i>H. rauliana</i>	Rauliana
<i>H. rostrata</i>	Rostrata
<i>H. secunda</i> ¹	Tucán
<i>H. spissa</i> cv. Guatemala Yellow	Amarillo Guatemala
<i>H. spissa</i> cv. Mexico red	Rojo México
<i>H. stricta</i>	Iris red
<i>H. stricta</i> cv. Dwarf Jamaican	Jamaica
<i>H. stricta</i> cv. Tagami	Tagami
<i>H. wagneriana</i> cv. Peterson	Wagneriana
Family Zingiberaceae	
<i>Alpinia purpurata</i> var. Red ¹	Ginger roja
<i>A. purpurata</i> var. pink	Ginger rosa
<i>A. purpurata</i> var. Anne Hironaka	Ginger blanca
<i>A. speciosa</i>	Boquita de tiburón
<i>Costus pulverulentus</i>	Cabeza de indio
<i>Curcuma sumatrana</i>	Curcuma
<i>Etilingera elatior</i> var. Red Torch ¹	Bastón del Emperador Rojo
<i>Tapeinochilos ananassae</i>	Indonesia
<i>Zingiber zerumbet</i> cv. Variegated	Maraca roja
<i>Z. spectabile</i> sp. Golden Septor	Maraca amarilla
Family Marantaceae	
<i>Calathea crotalifera</i>	Hoja de To verde
<i>C. lutea</i>	Hoja de To blanca
Family Musaceae	
<i>Musa coccinea</i> var. Royal Red	Musa roja
<i>M. ornata</i> cv. Pink	<i>Musa rosa</i>
<i>M. velutina</i>	<i>Musa velutina</i>

¹Species commercially cultivated.

Source: Data obtained from surveys.

Table 4. Soil subunits and area cultivated for cut flowers in Tabasco, Mexico.

Soil subunits ¹	Surface ² (ha)	Percentage ² (%)	Aptitude ¹
Arenosol haplic	0.75	0.7	Normal
Fluvisol eutric	43.5	39.2	High
Gleysol eutric	2.0	1.8	High
Gleysol mollic	23.5	21.2	High
Leptosol rendzic	3.1	2.8	High
Luvisol chromic	9.0	8.1	Less normal
Vertisol eutric	27.25	24.5	High
Vertisol cromatic	2.0	1.8	Less normal
Total	111.10	100.0	

Source: ¹Palma-López *et al.* (2007); ²Data obtained from surveys.

2.2. Artículo 2. Artículo aceptado para su publicación en la revista Interciencia, www.interciencia.org.

MICORRIZAS ARBUSCULARES Y BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE *Alpinia purpurata* (VIEILL) K.

SCHUM

María Isabel Saldaña y Hernández, Regino Gómez Álvarez, María del Carmen Rivera*

Cruz, José David Álvarez Solís, Carlos Fredy Ortiz García y Juan Manuel Pat

Fernández

RESUMEN

*Los abonos orgánicos aportan cantidades importantes de materia orgánica y modifican las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Para conocer el impacto de abonos sólidos y líquidos en el cultivo de *A. purpurata*, se evaluó a los 365 días el suministro de C orgánico, N total y P disponible de cinco tipos de abonos orgánicos, la densidad poblacional de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos, así como la respuesta de la planta, en un suelo Fluvisol. Los tratamientos fueron Composta, Vermicomposta, Estiércol fermentado, Bocashi y Humus líquido, en dosis de $6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para abonos sólidos y $60\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el líquido, se comparó contra fertilizante químico (150-50-250) y testigo absoluto. Los abonos aplicados mostraron que después de un año, las concentraciones de C, N y P se mantienen en niveles de fertilidad aceptables para la producción. Los abonos orgánicos incrementaron cinco veces la densidad poblacional de las BSF y 12% la colonización total por HMA, promoviendo mayor disponibilidad de P para las plantas,*

mejorando la producción de biomasa total y calidad de flor, sobresalieron en producción el Estiércol fermentado y Composta.

** Autor correspondiente*

PALABRAS CLAVE: *abonos orgánicos / comunidades microbianas / estiércol / ginger rojo / macronutrientes.*

María Isabel Saldaña y Hernández. Ingeniera Agrónoma, Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT), Cárdenas, Tabasco, México. Maestría en Producción de Cultivos Tropicales, Colegio de Postgraduados (COLPOS), Cárdenas, Tabasco, México. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Profesora Investigadora, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Dirección: Zaragoza s/n. Villa Ocuilzapotlan, Tabasco, México. e-mail: mabela_40@hotmail.com

Regino Gómez Álvarez. Licenciado en Química. Universidad de Química de la Habana, Cuba. Doctorado en Ciencias, Comisión Nacional de Grados Científicos, La Habana, Cuba. Profesor Investigador. ECOSUR, Unidad Villahermosa, carretera Villahermosa-Reforma Km 15.5 El Guineo 2ªSec. Villahermosa, Tabasco, México. e-mail: regomez@ecosur.mx

María del Carmen Rivera-Cruz. Ingeniera Agrónoma, CSAT, Cárdenas, Tabasco, México. Maestría y Doctorado en Ciencias en Edafología, COLPOS, Montecillo, México. Profesora Investigadora, COLPOS, Tabasco, México. Dirección: Periférico Carlos A. Molina s/n km. 3.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. e-mail: mariari@colpos.mx

José David Álvarez Solís. Biólogo. Facultad de ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Maestría en Ciencias en Edafología, COLPOS, Montecillo, México. Doctorado en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México. Profesor Investigador,

ECOSUR, Unidad San Cristóbal, carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio de María Auxiliadora, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. e-mail: dalvarez@ecosur.mx

Carlos Fredy Ortiz García. Ingeniero Agrónomo, CSAT, Cárdenas, Tabasco, México. Maestría en Ciencias en Fitopatología, COLPOS, Montecillo, México. Doctorado en Ciencias en Biología y Tecnologías Vegetales, Universidad Paul Sabatier, Francia. Profesor Investigador, COLPOS, Tabasco, México. Dirección: Periférico Carlos A. Molina s/n km. 3.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. e-mail: cfortizg@gmail.com

Juan Manuel Pat Fernández. Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Texcoco, México. Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural y Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, UACH, Texcoco, México. Profesor Investigador, ECOSUR, Unidad Campeche. Av. Rancho Polígono 2A, Parque Industrial Lerma, 24500, Campeche, Campeche, México. e-mail: jpat@ecosur.mx

Introducción

Alpinia purpurata (Vieillard) K. Schumann, pertenece a la familia Zingiberaceae, es cultivada en regiones tropicales y subtropicales para flor de corte. Se conoce comúnmente como ginger, hawaiana o antorcha. El manejo convencional de esta especie incluye el uso de altas dosis de fertilizantes químicos. Se recomienda fertilización completa una vez al mes en las proporciones de 1:1:1 a 3:1:5 de NPK para incrementar la producción y calidad de la flor (Kent *et al.*, 2007). El uso de fertilizantes sintéticos genera dependencia tecnológica, incrementa los costos de producción, disminuye la materia orgánica del suelo y la capacidad de almacenamiento de agua, altera la estructura y pH del suelo (Dudgeon *et al.*, 2006). Una alternativa ecológica para incrementar la fertilidad y producción de los agroecosistemas sustentables son los abonos orgánicos (Wu *et al.*, 2005). El uso de estos materiales mejora características físicas, químicas y

biológicas del suelo (Ingelmo y Rubio, 2007, Vargas y Suárez, 2007). La capacidad de suplemento de nutrimentos de los abonos orgánicos a los cultivos depende de las propiedades de la materia prima, proceso de fabricación, grado de mineralización de los materiales y condiciones imperantes en campo para su consecuente descomposición (Evanylo *et al.*, 2008). Ésta última, está en función de la población de microorganismos nativos, que intervienen en procesos relacionados con el suministro de macro y micronutrientes a las plantas (Soto, 2003). En la rizósfera coexisten una gran diversidad de microorganismos, sobresalen las BSF y HMA que tienen un rol importante en el rendimiento de los cultivos ya que hacen disponible el fósforo (P) mediante la solubilización y mineralización del P mineral y P orgánico (Khan *et al.*, 2009). Estos procesos disminuyen los requerimientos de fertilizantes químicos de origen sintético (Aguirre-Medina *et al.*, 2007). En la producción de flores de corte la presencia de microorganismos que faciliten el suministro de fósforo a las plantas cobra gran importancia, debido a que el fósforo es un elemento indispensable en la floración (Salgado *et al.*, 2010). Es posible brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de la microflora nativa solubilizadora de fósforo en la rizósfera mediante el uso de abonos orgánicos que contribuyan a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Millaleo *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar el suministro de C orgánico, N total y P disponible en cinco abonos orgánicos, su efecto sobre la densidad de BSF y HMA nativos del suelo y en la producción de *A. purpurata*, en Tabasco durante un año.

Materiales y Métodos

Sitio experimental, propiedades físicas y químicas del suelo

Se estableció un experimento bajo condiciones de campo en suelo clasificado como Fluvisol Éutrico, durante un año, iniciando el 19 de abril de 2011. Se eligió una plantación comercial en la ranchería Medellín y Madero 3^a sección, Centro, Tabasco, municipio donde se localiza la mayor superficie cultivada con flores de corte (Saldaña *et al.*, 2013). La ubicación geográfica

correspondió a las coordenadas 18°06'40.7"N y 92° 50'48.2"O; y 11.7m sobre el nivel del mar, el clima es Am(f), con precipitación pluvial total anual de 1500mm y temperatura media anual de 26° C, con lluvias máximas en verano y mínimas en primavera (INEGI, 2001). Este sitio está cultivado con cedro y caoba a una distancia entre planta y planta de 4x4m, en los espacios intermedios se encuentra ginger rojo, con la densidad de siembra de 1250plantas·ha⁻¹ con 2x4m de distancia entre plantas.

Suelo

Las propiedades físico químicas del suelo se determinaron al inicio y al final del experimento, tomando muestras a 20cm de la planta y a 15cm de profundidad. De acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), antes de aplicar los abonos: Textura franca arenosa 59,8, 13,6 y 26,6% de arena limo y arcilla (Bouyoucos, 1962), pH 5,3 (potenciometría), (extracto a saturación del suelo; Richards, 1994), Materia orgánica (MO) 2,52% (Walkley and Black, 1934), N total 0,23% (micro Kjeldhal, digestión de la muestra con H₂SO₄; Page *et al.*, 1982), P disponible 31,1mg·kg⁻¹ (espectrometría UV-VIS, NaHCO₃-extraíble; Olsen y Sommers, 1982), K 0,26meq·100g (acetato de amonio 1N; Scholleberger y Simon, 1954), CIC 11,2cmol·kg⁻¹ (acetato de amonio 1N), C:N 10,42, el C orgánico se obtuvo de la MO utilizando el factor de Van Bemmelen (1,724).

Abonos orgánicos

Los abonos aplicados fueron elaborados con residuos vegetales y animales de la región, de acuerdo a la metodología propuesta por Gómez-Álvarez y Castañeda-Ceja (2000), sus características físicas y químicas se presentan en la Tabla I. Las determinaciones fueron similares a las del suelo a excepción de CE (extracto acuoso; Santamaría-Romero *et al.*, 2001), MO (calcinación; Ball, 1964), N total (micro Kjeldhal; Bremmer, 1965), e inorgánico (NH₄⁺ y NO₃⁻)

mediante destilación por arrastre de vapor, P disponible (espectrometría UV-VIS; Olsen y Dean, 1965), Ca y Mg solubles (espectrofotometría de absorción atómica).

Diseño experimental

El diseño experimental, fue en bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental consistió de la planta o cepa de *A. purpurata*, el factor de estudio fue el tipo de abono orgánico, con una dosis de $6\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para los abonos sólidos y $60\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el abono líquido, aplicados alrededor de las unidades experimentales a 20cm de distancia de la base de la planta y 15cm de profundidad. Los tratamientos: Testigo (T), Composta (C), Vermicomposta (V), Estiércol fermentado (EF), Bocashi (B), Humus líquido (HL), Fertilizante químico (Q). Las fuentes de NPK del tratamiento Q (150-50-250) fueron urea (46% de nitrógeno) aplicada en tres fracciones (mayo, agosto, diciembre), fosfato diamónico (46% de P_2O_5) y cloruro de potasio (60% de K_2O) en una sola aplicación.

Análisis microbiológico

Las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fosfatos se determinaron de suelo rizosférico y suelo no rizosférico a los 365 días después de aplicados los tratamientos (dda), se tomó una muestra por unidad experimental a 20cm de la cepa y a 15cm de profundidad, se depositaron en bolsas de plástico herméticas y se transportaron al laboratorio en hielera. La población de BSF se evaluó con el método de conteo viable de células vivas por siembra en superficie (Madigan *et al.*, 2004). Se utilizaron diluciones seriadas con base en 10, se diluyeron 10g de suelo en 90ml de agua estéril, hasta 1×10^{-3} . Se tomó 0,1ml de la dilución 10^{-3} y se colocó en el centro de la caja Petri con medios de cultivo Pikovskaya (10g glucosa; 5g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 0,2g KCl; 0,5g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,1g $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5g extracto de levadura; 0,002g MnSO_4 ; pH 7,0) según Rao (1982), distribuyéndose con espátula. El procedimiento se realizó por triplicado. El conteo de células viables se efectuó contando las unidades formadoras de colonias (UFC) que crecieron en la

superficie del medio de cultivo de la caja Petri, luego se transformó a UFC g⁻¹ de rizósfera seca (UFCR) y UFC g⁻¹ de suelo seco (UFCS). El conteo se efectuó con contador de colonias Darkfield Quebec (Cia American Optical). Las variables evaluadas fueron UFC de la rizósfera y del suelo. Para cuantificar estructuras micorrízicas se colectaron raíces y suelo de la forma antes descrita y se procesaron siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970) modificada por Kormanik *et al.* (1980), para determinar el porcentaje de colonización micorrízica total, por hifas, vesículas y arbusculos dentro de la raíz. El número total de esporas de micorrizas en el suelo fue estimado por el método de tamizado húmedo y decantación de Gerdemann y Nicolson (1963).

Producción de biomasa vegetal y calidad de la flor

Se cuantificó semanalmente la producción de biomasa acumulada durante 365 días en cada una de las unidades experimentales. Se contaron, cortaron, midieron y pesaron los tallos florales que llegaron a etapa de cosecha, (donde la flor presentó $\frac{3}{4}$ partes de sus brácteas abiertas), con flores de talla comercial (≥ 20 cm de longitud). Cada tallo floral cosechado se dividió en porción comercial y no comercial. , la primera incluyó la flor, tres hojas apicales y 80cm del seudotallo; la segunda fue el follaje y porción basal del tallo. Cada porción se pesó por separado en una balanza granataria marca OAHUS y se secaron hasta peso constante en horno, marca Instrumentos Científicos CRAFT a 60°C para determinar la biomasa seca Las variables de producción fueron número de tallos comerciales por planta (NT), biomasa comercial (BC), biomasa no comercial (BNC), biomasa total (BT), longitud de tallo (LT), longitud de la flor (LF), diámetro de la flor (DF) y diámetro del tallo a los 80cm (D80).

Análisis foliar.

Se tomaron cuatro hojas por unidad experimental, la 4^a hoja por tallo floral al finalizar el experimento; se lavaron con detergente Stran alcalino para eliminar las impurezas del campo, se enjuagaron con agua destilada y desionizada, se dejaron escurrir y se secaron a 65°C hasta peso

constante, se molieron y cribaron a través de una malla No. 40. El Nitrógeno total se determinó por el método de microkjeldhal con digestión de ácido sulfúrico (Malatova *et al.*, 1997); el fósforo por UV de acuerdo a la metodología de Fick *et al.* (1979). Las variables evaluadas fueron N y P foliar.

Análisis estadístico.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias (Duncan, $p \leq 0,05$), y correlaciones (Pearson). Se utilizó el paquete estadístico SAS para Windows versión 9.1.3. (SAS, 2004).

Resultados y Discusión

Carbono orgánico y nutrimentos disponibles en suelo

Estiércol fermentado fue el tratamiento que conservó la mayor cantidad de C orgánico, N total y P disponible en el suelo ($p \leq 0,05$) (Tabla II). La concentración de N total se encontró en el rango de 0,20 a 0,26% considerado como alto de acuerdo a la interpretación de la NOM 021-RECNAT. Para cultivos muy demandantes de N, como maíz forrajero, la aplicación de Vermicomposta ($10\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) aumentó la presencia de nitratos lo que eliminó la aplicación de fertilizante nitrogenado al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

Para el caso del P disponible, los abonos orgánicos se mantuvieron en el rango de 4,48 a $12,49\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vermicomposta y Estiércol fermentado fueron los abonos que conservaron altos niveles de P en el suelo (hasta 2,4 veces más altos que el testigo). Ochoa *et al.* (2009), utilizando residuos orgánicos municipales encontró incrementos significativos en la concentración de P en suelos volcánicos.

Densidad de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera y en suelo a distancia

Todos los abonos orgánicos mostraron densidades de BSF altas en la rizósfera de la planta con respecto al suelo a distancia (Figura 1). Se observaron hasta cinco veces más BSF en suelo

rizosférico, coincidiendo con Córdova-Bautista *et al.* (2009), quienes reportan que el número de bacterias en la rizósfera es hasta 192,5 veces mayor que en suelo Fluvisol éutrico cultivado con banana. De acuerdo a Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007), en la cercanía de la raíz habitan hasta 10 veces más microorganismos, en comparación con los cuantificados en suelo sin presencia de raíces. Esta respuesta se debe a que en la rizósfera se incrementa la acumulación de C y energía por el continuo flujo de sustancias orgánicas solubles en agua (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas y vitaminas) e insolubles en agua como la pared celular, material descompuesto y otros residuos de raíces y mucílagos (Manoharachary y Mukeiji, 2006). El Estiércol fermentado fue el abono que más estimuló la densidad de BSF a nivel de rizósfera (Figura 1). En el suelo a distancia, los abonos que tuvieron mayor población fueron Composta y Humus líquido, al respecto Akhtar y Siddiqui (2008) mencionan incrementos en la biomasa microbiana como resultado de la fertilización con abonos.

Colonización micorrízica

La colonización micorrízica total en las raíces de *A. purpurata* mostró un promedio de 65,4%, un nivel máximo de 85% y mínimo de 55% (Figura 2). Porcentajes de infección similares han sido reportados por Castro-Camaño y Sánchez-Colín (2012) en agave fertilizado con vermicomposta.

La aplicación de abonos orgánicos ocasionó incrementos en el grado de colonización total del 19 y 17% con respecto al testigo cuando se utilizó Bocashi y Estiércol fermentado ($p \leq 0,05$). Estos resultados coinciden con lo reportado por García (2005) al encontrar que la aplicación de Bocashi incrementa hasta en 40% la población de hongos micorrízicos arbusculares. Millaleo *et al.* (2006) reportan también que las raíces de trigo, frijol y pradera presentaron incrementos de hasta 68% de colonización micorrízica cuando utilizaron la dosis más alta de composta ($30\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). La presencia de arbusculos fue notoriamente inferior al 90.8% reportado por Cortés-Sarabia *et al.* (2009) en el cultivo de ilama (*Annona diversifolia* Saff). Los arbusculos se consideran como un

indicador más preciso de la colonización micorrízica total. Es probable que la escasa formación de arbusculos en raíces de *A. purpurata* se haya debido a que no existió deficiencia de fósforo, ya que como mencionan López-Gutiérrez *et al.* (2001) y Üstüner *et al.* (2009) la presencia de HMA está relacionada con el contenido de P en el suelo. Por lo general, bajos contenidos de P en el suelo favorecen el establecimiento de la simbiosis micorrízica. Por el contrario, un alto contenido de P ocasiona disminución de hifas, vesículas y arbusculos. Otra causa, considera que debido a que los arbusculos tienen un periodo de vida muy breve, la vida media del arbusculo es de 9 a 15 días (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000), por lo que no fueron encontrados en el muestreo anual. Muñoz-Márquez *et al.* (2009) reportan ausencia de arbusculos en nogal, *Carya illinoensis*. El mayor número de esporas en el suelo fue 1, 390 en 100g de suelo seco (Figura 3). Los reportes relacionados al número de esporas para diferentes cultivos y regiones ecológicas indican máximos de 1620 Millaleo *et al.* (2006) y mínimos de 50 esporas en *Bouteloa gracilis* en zonas semiáridas (Serrato-Gallardo *et al.*, 2012). El abono que incrementó el número de esporas con respecto al testigo fue Vermicomposta (39%).

La aplicación del fertilizante inorgánico disminuyó el grado de colonización total de hongos micorrízicos arbusculares en raíces de *A. purpurata*. Hecho que coincide con los resultados de Lee-Espinosa *et al.*, 2012, quienes reportan inhibición en la colonización de HMA en violeta africana, *Saintpaulia ionantha*, al aplicar altas concentraciones de fertilizantes químicos. Por su parte Pezzani-Gutiérrez *et al.* (2012), trabajando con pastizales naturales encontraron que el potencial micorrízico fue afectado negativamente por la fertilización. De forma similar, Toro *et al.*, 2008), encuentran bajo porcentaje de colonización de HMA en sorgo fertilizado con fosfato diamónico.

Contenido de N y P en follaje de A. purpurata

Todos los tratamientos mostraron valores de N y P en follaje superiores al nivel mínimo aceptable para plantas sanas y vigorosas, 2,0 y 0,16%, respectivamente, establecido por Kent *et al.*, 2007, para *A. purpurata* (Tabla III). El abono que favoreció el nivel más alto de P en follaje con respecto al testigo fue Bocashi ($p \leq 0,05$). Un efecto similar encontraron Arrigo *et al.* (2005) cuando incorporaron residuos de poda compostados sobre la nutrición nitrogenada en plantas de raygrass, *Lolium perenne* L. Millaleo *et al.* (2006) reportan incrementos en el P foliar de frijol, zacate y trigo, cuando aplicaron dosis de 20 y 30Mg·ha⁻¹, sugiriendo que pudiera estar relacionado con la colonización de los HMA nativos encontrados en las raíces de las plantas.

Relación de las BSF con los nutrimentos del suelo y efecto en la producción

La relación de las BSF de la rizósfera con el contenido de materia orgánica, N total y P disponible indican una alta actividad microbiana en el cultivo (Tabla IV). La relación con CIC y C orgánico es altamente significativa, mostrando que un aumento de nutrientes en el suelo incrementa la población de bacterias. Estos resultados son similares a los reportados por Toro *et al.* (2008), quienes encuentran incrementos en la proporción de BSF autóctonas en la rizósfera de sorgo, *Sorghum bicolor*, en presencia de la leguminosa *Crotalaria juncea*, cobertera que incrementa los nutrimentos en el suelo. Al aumentar la población de bacterias aumenta también la concentración de N, C orgánico P y la CIC. Estas relaciones promueven la producción de biomasa aérea en *A. purpurata*. Las variables de producción, BC, BNC y BT, están positivamente relacionadas con la mayoría de las variables estudiadas (UFCR, UFCS, MO, P, C orgánico y C/N, así como la CIC), indicando que las UFC tienen una relación estrecha con la producción de flores en *A. purpurata* bajo las condiciones edáficas en Tabasco.

Producción de biomasa vegetal

La aplicación de compostas mostró incrementos en las variables de producción y calidad con respecto al testigo ($p \leq 0,05$) (Tabla V). Lasso y Vallejo (2007) mencionan incrementos en la calidad de la flor de *A. purpurata* utilizando bioestimulantes orgánicos fabricados con cepas de hongos micorrízicos, bacterias y actinomicetos. Las compostas que tuvieron los mayores aumentos en las variables de producción y calidad fueron el Estiércol fermentado, Composta y Humus líquido, igualando incluso la producción obtenida con el fertilizante químico ($p \leq 0,05$). Las flores más grandes se obtuvieron con Estiércol fermentado (DF=8,4cm y LF=26,3cm) y Humus líquido (DF=8,2cm y LF=26,0cm), a diferencia de Lasso y Vallejo (2007) que reportan diámetro de flor de 5,5cm y longitud promedio de flor de 21,5cm, utilizando Ecoflora en dosis baja.

Conclusiones

El suministro de N y P por los abonos utilizados es adecuado para satisfacer los requerimientos mínimos especificados para *A. purpurata* en las dosis de $6\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $60\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$. El Estiércol fermentado y la Composta pueden sustituir al fertilizante químico, por lo que son una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de producción y calidad óptimas sin contaminar el ambiente.

Todos los abonos orgánicos mejoran la dinámica microbiana del suelo, particularmente a las Bacterias solubilizadoras de fosfatos. Los resultados microbiológicos de esta investigación sugieren el uso de Estiércol fermentado, Vermicomposta, y Composta como abonos para *A. purpurata*, ya que mantienen altas poblaciones de BSF (más de 10×10^5 UFC g^{-1} de suelo seco).

Las poblaciones de Bacterias Solubilizadoras de fosfatos tienen una relación estrecha con la producción y calidad de flores en *A. purpurata* bajo las condiciones edáficas de Tabasco.

Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento proporcionado por el Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco y el apoyo al proyecto TAB-2008-C011-8811 por la Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V.

REFERENCIAS

- Aguirre-Medina JF, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate C (2007) Efecto de la fertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia* 32:541-546
- Akhtar MS, Siddiqui ZA (2008) Effects of organic wastes, *Glomus intraradices* and *Pseudomonas putida* on the growth of tomato and on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytoparasitica*, 36:460-471.
- Alarcón A, Ferrera-Cerrato R (2000) Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza Arbuscular. *Mundi-Premsa*. México, D. F. 251 p.
- Arrigo NM, Jiménez MP, Palma RM, Benito M, Tortarolo MF (2005) Residuos de poda compostados y sin compostar: Uso potencial como enmienda orgánica en suelo. *Ciencia del Suelo* 23(1):253-265
- Ball DF (1964) Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soil. *J. Soil Sci.* 15: 84-92.
- Bremner JM (1965) Total nitrogen En: Black CA (Ed.) *Methods for Soil Analysis*. Part 2. SSSA. adison, WI. EEUU. pp. 1148-1179.

- Bouyoucos GJ (1962) A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agron. J.* 54:419-434
- Castro-Camaño E, Sánchez-Colín M (2012) Inoculación con micorrizas arbusculares como alternativa en el cultivo temporal de *Sorghum bicolor*. *Memorias del VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, Veracruz, México.
- Córdova-Bautista Y, Rivera-Cruz MC, Ferrera-Cerrato R, Obrador-Olán JJ, Córdova-Ávalos V (2009) Detección de bacterias benéficas en suelo con banana (*Musa AAA Simmons*) cultivar 'Gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y Ciencia* 25(3):253-265
- Cortés-Sarabia J, Pérez-Moreno J, Delgadillo J, Ferrera-Cerrato R, Ballesteros-Patrón G (2009) Estacionalidad y microorganismos rizosféricos de Ilima (*Annona diversifolia* Staff.) en huertos naturales del trópico seco. *Terra Latinoamericana*. Vol.7(1):27-34
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2002) *NOM-021-RECNAT-2000 Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis*. SEMARNAT. México, D. F. 85 p
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata Z, Knowler D, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard A-H, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA (2006). Freshwater biodiversity: importance, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. Vol.81 (2):163-182
- Evanylo G, Sheron C, Spargo J, Starner D, Brosius M, Haering K. (2008) Soil and water environmental effects of fertilizer manure, and compost-based fertility practices in

an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:50-58

Ferrera-Cerrato R, Alarcón A (2007) Rizósfera: Interacción, suelo, planta y microorganismos.

En: Fuentes-Dávila G. y R. Ferrera-Cerrato. *Ecología de la raíz*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cd. Obregón, Sonora, México. 1-26 p.

Fick KR, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH (1979) *Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues*. 2nd edition. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville.

Fortis-Hernández M, Leos-Rodríguez JA, Preciado-Rangel P, Orona-Castillo I, Gacía-Salazar JA, García-Hernández JL, Orozco-Vidal JA (2009) Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana* 27:329-336

García F (2005) Relación entre la población microbiológica y el contenido de nutrientes en un abono orgánico fermentado AOF. *Cultura científica* 5-12

Gerdemann JW, Nicolson H (1963) Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46:234-244

Gómez-Álvarez R, Castañeda-Ceja R. (2000) *Tecnologías de producción orgánica*. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción de Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa. 91 p.

Ingelmo SF, Rubio JL (2007) Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En: Moreno, C.J. y H.R. Moral (Eds.). *Compostaje*. Ed. *Mundi-prensa*. Madrid. 307-330 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2001) *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 89 pp.

- Kent DK, McEwen J, Kaufman AJ (2007) Ornamental Ginger, Red and Pink. *Ornamentals and Flowers*. University of Hawai'i at Mānoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. *UH-CTAHR.OF-37:1-8*
- Khan AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS, Rasheed M (2009) Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal Agriculture Bioogy. SCI 1(1):48-58*
- Kormanik PP, McGraw AC (1982) *Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots*. pp. 37-45. En: N.C. Schenk (ed.). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA, 244 p.
- Lasso L, Vallejo C (2007) Evaluación del comportamiento reproductivo de ginger rojo (*Alpinia purpurata*) a la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. *RUMIPAMBA VOL XXI No.1:1-14*
- Lee-Espinoza H, Trejo-Aguilar D, Lara-Capistrán L, Beatriz-Guzmán A (2012) Aplicación de hongos micorrízico arbusculares (HMA) en plantas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) propagadas *in vitro*. *Memorias del VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, Veracruz, México.
- López-Gutiérrez JC, Toro M, López-Hernández D (2001) Micorrizas arbusculares y actividad enzimática en la rizósfera de *Trachypogon plumosus* Ness en tres sabanas de suelos ácidos. *Acta Biológica Venezuelica*. 21:49-57
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J (2004) *Biología de los microorganismos*. 10^a ed. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 1011 p
- Malavolta E, Vitti G, De Oliveira S (1997). *Avaliacao do Estado Nutricional das Plants. Principios e Aplicacoes*. 2a ed. Associação Brasileira para pesquisa potassa e do fosfato. Piracicaba, Brasil. 201 p.

- Manoharachary C, Mukerji GK (2006) *Rhizosphere biology-an overview* En: Mukerji KG, Manoharachary C. Singh J (eds) *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1-38 pp.
- Millaleo RM, Montecinos C, Rubio R, Contreras A, Borie F (2006) Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrízicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *Journal Soil Science. Plant Nutrition*, 6(13):26-39
- Muñoz-Márquez E, Macías-López C, Franco-Ramírez A, Sánchez-Chávez E, Jiménez-Castro J, González-García J (2009) Identificación y colonización nativa de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana* 27:355-361
- Ochoa ES, Ortiz CA, Gutiérrez MC, Quintero R, Silva TJ (2009) Aplicación directa de residuos sólidos orgánicos municipales a suelos volcánicos. *Terra Latinoamericana* 27:53-62
- Olsen SR, Dean LA (1965) Phosphorus. En: Black CA (Ed.) *Methods for Soil Analysis. Part 2*. SSSA. Madison, WI. EEUU. pp. 1035-1049.
- Olsen SR, Sommers LE (1982) Phosphorus. En: Page, AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micro- biological Properties*. 2nd ed. ASA/SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 403-430.
- Page AL, Miller RH, Keeney DR (1982) Nitrogen total. En Page AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. ASA. SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 595-629.
- Pezzani-Gutierrez F, Lezama F, Del Pino A, Rodríguez-Blanco A, Parodi G, García-Esquivel S, Alchurrut M, Juarena M (2012) Interacciones complejas: Micorrizas arbusculares y fósforo en pastizales naturales de Uruguay. *Memorias del VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, Veracruz, México.

- Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.
- Richards LA (1994) *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Laboratorio de salinidad de los E.U.A. UTEHA Noriega Editores, México, D.F.
- Saldaña HMI, Gómez R, Pat JM, Álvarez JD, Pérez J, Ortiz CF (2013) The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1):5-15
- Salgado GS, Núñez RE, Palma LD, Debernardi VH, Mendoza HR, Lagunes ELC (2010) Los fertilizantes químicos. 27-52. En: Salgado GS, Núñez ES (coord.) Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. *Colegio de Postgraduados-Mundiprensa* México D.F. 146 p
- Santamaría S, Ferrera-Cerrato R, Almaraz-Suárez JJ, Galvis-Spinola A, Barois-Boullard I (2001) Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia* 35:377-384.
- SAS (2004) Institute Inc., Cary, NC, USA. Licenced to Colegio de Postgraduados (Campus Montecillo). Site 0013396003. Plataforma NET_ASRV
- Schollemberger CJ, Simon RH (1954) Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. *Soil Science*. 59: 13-24.
- Serrato-Gallardo S, Chimal-Sánchez E, García-Sánchez R, Monroy-Ata A (2012) Riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en un ecosistema semiárido de Tezontepec, Hidalgo. *Memorias del VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, Veracruz, México.

- Soto G (2003) Abonos orgánicos: definiciones y procesos, pp. 27-33. In: G. Soto, G. Meléndez, L. Uribe (Eds.). Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. CIA, Costa Rica.
- Üstüner Ö, Wininger S, Gadkar V, Badani H, Raviv M, Dudai N, Medina S, Kapulnik Y (2009) Evaluation of different compost amendments with AM fungal inoculum for optimal growth of chives. *Compost Science & Utilization*, 17(4):257-265
- Toro M, Bazó I, López M (2008) Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Tropical*, 58(3):215-221
- Vargas GMC, Suárez F (2007) Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En: Moreno CJ y Moral HR (Eds.). Compostaje. Ed. *Mundi-prensa*. Madrid. 329-350 pp.
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung MKC, Wong WH (2005) Effects of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125:155-166

TABLAS Y FIGURAS

Tabla I. Características físicas y químicas de los abonos utilizados.

Tipo de composta	P K Ca Mg NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻										
	pH	MO	C	N	C/N	Olsen					
	1:2	%	%			mg·kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Composta	7,7	20,0	11,59	0,8	14,5	4,72	5,91	3,88	4,77	79,57	125,23
Bocashi	8,0	36,7	21,27	1,8	11,8	10,16	12,3	7,09	12,0	63,27	627,43
Vermicomposta	8,2	45,4	26,32	2,0	13,2	10,30	8,95	8,38	22,5	60,00	545,91
Estiércol ferm.	7,9	56,8	32,9	3,8	8,7	13,16	30,1	2,09	19,9	60,00	3309,7
Humus líquido	8,0	3,15	1,55	4,9	0,3	26,0	0,18	0,2	15,4	MLD	18,94

MLD=Menor al límite de detección del método.

Tabla II. Contenido de carbono orgánico y nutrientes en suelo abonado en *A. purpurata* a 365 dda en Medellín y Madero 3ª sección, Tabasco.

Tratamiento	C _{orgánico}	N _{total}	P _{disponible}
	%		mg·kg ⁻¹
T	2,39bc	0,22bc	5,19c
C	2,41bc	0,21bc	7,58c
V	2,25cd	0,21bc	12,49b
EF	2,87a	0,26a	12,09b
B	2,13d	0,20c	9,82bc
HL	2,38bc	0,22bc	4,48c
Q	2,35bcd	0,21bc	20,94a

Cifras con misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$) ($n=3$). T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

Tabla III. Contenido nutrimental en follaje de *A. purpurata* en Medellín y Madero, 3ª sección, Tabasco.

Trat	N	P
	%	
T	2,58a	0,19bc
C	2,46a	0,190bc
V	2,39a	0,196b
EF	2,59a	0,18c
B	2,44a	0,21a
HL	2,64a	0,18c
Q	2,49a	0,18c

Cifras con misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p < 0,05$) ($n=3$). Trat = Tratamiento, T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

Tabla IV. Correlación entre las variables biológicas, químicas y de producción de *A. purpurata*, a 365 días de aplicados abonos orgánicos en suelos de Tabasco.

	UFCS	MO	N	P	CIC	CO	C/N	NT	BC	BT	CMT	ESP	N FOL	P FOL
UFCS	NS	0,49*	0,49*	0,44*	0,68**	0,49*	NS	0,41*	0,44*	0,57**	NS	NS	NS	NS
UFCS		NS	NS	NS	NS	NS	0,52**	0,49*	0,39*	0,58**	NS	NS	NS	NS
MO			0,79**	NS	0,76**	0,99**	NS	NS	NS	0,51**	NS	0,55**	NS	-0,58**
N				NS	0,73**	0,76**	NS	0,37*	NS	0,37*	NS	0,39*	NS	-0,40*
P					0,41*	NS	NS	0,39*	NS	NS	NS	NS	-0,39*	NS
CIC						0,77**	NS	NS	NS	0,36*	NS	0,44*	NS	-0,41*
CO.							NS	0,36*	0,36*	0,55**	NS	0,55**	NS	-0,58**
C/N								NS	NS	0,43*	NS	NS	NS	NS
NT									0,43*	0,75**	NS	NS	NS	NS
BC										0,79**	NS	NS	NS	-0,35*
BT											NS	NS	NS	NS
CMT												NS	NS	NS
ESP													NS	-0,42*
N FOL														-0,36*
P FOL														

*=Significativo ($p > 0,05$), **=Altamente significativo ($p > 0,001$), NS=No significativo, UFCR=Unidades formadoras de colonias en la rizósfera, UFCS=Unidades formadoras de colonias en suelo a distancia, MO=Materia orgánica, N=nitrógeno total en suelo, P=fósforo disponible, CIC=capacidad de intercambio catiónico, CO=carbono orgánico, C/N=relación carbono nitrógeno; NT=número de tallos por cepa, BC=biomasa comercial por cepa, BT=biomasa total por cepa, CMT=colonización micorrizica total; ESP=esporas en 100g de suelo seco, N FOL=nitrógeno foliar, P FOL=fósforo foliar.

Tabla V. Efecto de abonos en la producción de *A. purpurata*, 365 días después de su aplicación en Medellín y Madero, 3ª sección, Tabasco.

Trat.	NT	BC	BNC	BT	LT	DF	LF	D80
		g	g	g	cm	cm	cm	cm
T	54bc	28,0d	76,8b	104,7cd	185,8c	7,6c	25,0bc	1,62c
C	63a	35,8bc	95,8a	131,8a	213,0ab	8,1b	26,3a	1,69ab
V	54bc	33,8c	77,3b	111,0bc	198,5bc	8,1b	25,0bc	1,62c
EF	59ab	38,8a	102,0a	140,5a	216,8a	8,4a	26,3a	1,71a
B	49c	33,3c	65,5c	99,0d	191,0c	8,0b	24,8c	1,61c
HL	42d	35,3bc	83,7b	118,3b	201,0abc	8,2b	26,0ab	1,66bc
Q	58ab	38,0ab	98,0a	136,0a	212,0ab	8,4a	26,3a	1,73a

Cifras con misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$) ($n=3$). Trat.=Tratamientos, NT=Número de tallos por planta, BC=Biomasa comercial, BNC=Biomasa no comercial, BT=Biomasa total, LT=Largo del tallo, DF=Diámetro de la flor, LF=Longitud de la flor, D80=Diámetro basal del tallo a los 80cm, T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

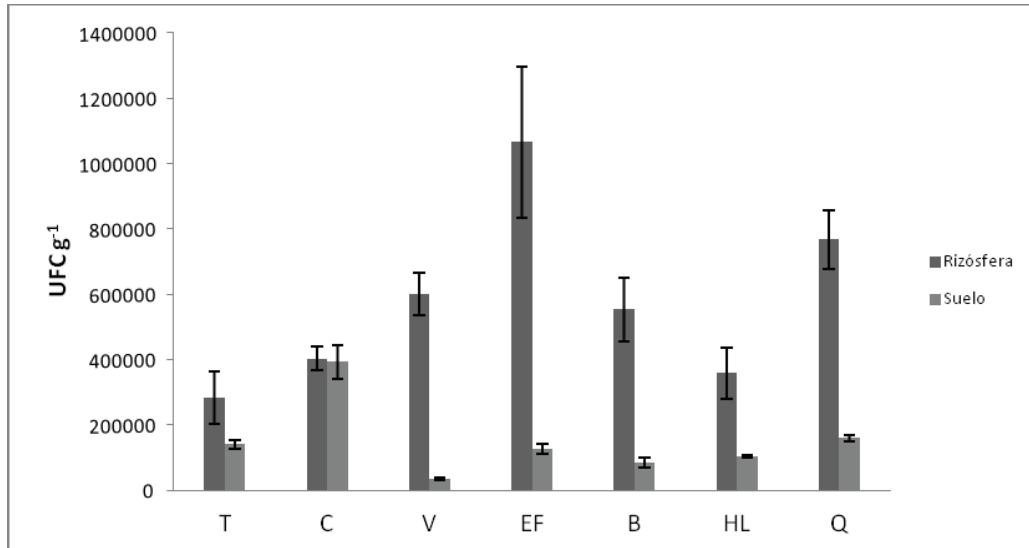


Figura 1. Densidad poblacional de BSF, en rizósfera y suelo a distancia de *A. purpurata* en Medellín y Madero 3^a sección, Tabasco. T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

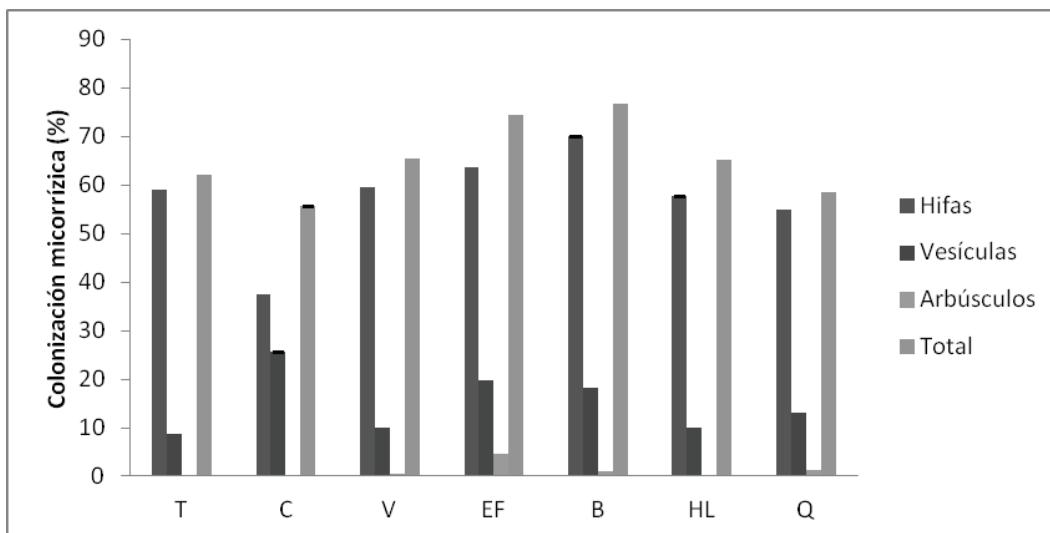


Figura 2. Colonización de hongos micorrízicos arbusculares en *A. purpurata*, Medellín y Madero 3^a sección, Tabasco. T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

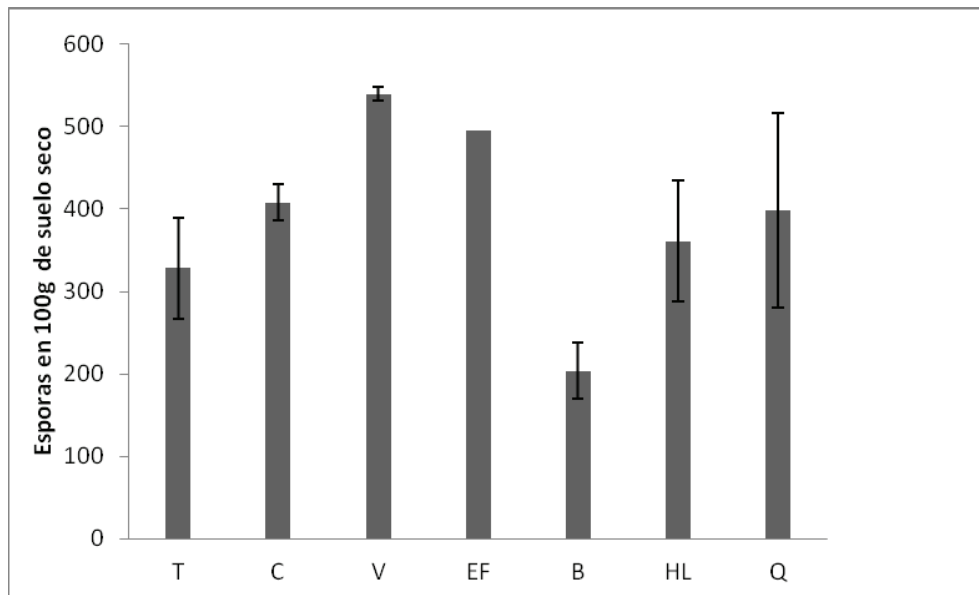


Figura 3. Esporas de hongos micorrízicos en suelo con abonos orgánicos en *A. purpurata* en Medellín y Madero 3ª sección, Tabasco. T=Testigo, C=Composta, V=Vermicomposta, EF=Estiércol fermentado, B=Bocashi, HL=Humus líquido, Q=Fertilizante químico.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES GENERALES

La producción de flores se puede practicar en todo el estado de Tabasco con excepción de suelos inundables o con pendientes superiores al 30%.

Las 111 ha cultivadas con flor tropical de corte en la entidad, pertenecen mayoritariamente a productores privados, quienes no dependen totalmente de los ingresos que genera la producción de flores. La mayor parte son profesionistas que ejercen su profesión y cultivan flores. El sector social está iniciando la actividad con el apoyo del gobierno local.

De la producción total se estima que sólo se comercializa el 11% de las flores que se producen anualmente. El mercado actual se limita a su distribución local y sólo dos floricultores envían sus productos a la ciudad de México y a Monterrey, Nuevo León México.

Los productores de flor en Tabasco tienen limitada capacidad de adquisición de insumos químicos para la fertilización, debido al reducido volumen de ventas que presentan. Una alternativa viable es la producción y uso de abonos orgánicos en sus propias unidades de producción.

La falta de infraestructura para riego trae como consecuencia el estrés hídrico de las plantas, así como reducción en los rendimientos y calidad de la flor, situación que puede atenuarse con la aplicación de abonos orgánicos, los cuales se caracterizan por retener la humedad del suelo.

Debido a que las plantaciones de *A. purpurata* se encuentran en agroecosistemas diversificados, la fertilización con abonos orgánicos, en lugar de fertilizantes químicos permite mantener la diversidad biológica del suelo, así como su fertilidad física y química.

La cosecha de tallos florales implica la extracción de 1/3 de la biomasa comercial. Situación que trae como consecuencia la salida del sistema de alrededor de 17, 7 y 35 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, P y K, respectivamente.

Los 2/3 restantes de biomasa cosechada, se quedan dentro de la plantación, donde se incorporan de forma lenta e ineficiente al suelo. Es a partir de estos esquilmos que pueden ser elaborados abonos orgánicos que conserven la fertilidad del suelo en las plantaciones de *A. purpurata*.

Se considera que es necesario restituir los nutrientes extraídos del suelo, para poder mantener el nivel de producción y calidad de la flor en forma permanente. Una alternativa amigable con el ambiente es el uso de abonos orgánicos, ya que se elaboran con los residuos vegetales y animales de la localidad.

Producción

Se confirma que los abonos orgánicos favorecen la producción y calidad de las flores de *A. purpurata* cosechadas. En las dos localidades de estudio, la Composta y el Estiércol fermentado incrementaron el número de tallos (17 y 9%) biomasa comercial (28 y 39%), biomasa no comercial (22 y 30%), biomasa total (26 y 34%), largo de tallo (15 y 17%), diámetro de la flor (7 y 11%), largo de la flor (5 y 5%) y diámetro del tallo a

los 80 cm (4 y 6%). El incremento en la producción se debió a las mejoras en las propiedades químicas (MO, NPK y CIC) provocadas por el abonamiento del suelo.

El Estiércol fermentado y Composta en dosis de 6 Mg·ha⁻¹ igualaron la producción y calidad obtenida con el fertilizante químico, por lo que pueden ser recomendados como una alternativa de fertilización viable para *A. purpurata* sin contaminar el ambiente.

Suministro de NPK al suelo por aportes de abonos y fertilizante químico

Los resultados derivados del uso de abonos orgánicos con dosis de 6 Mg·ha⁻¹ y 60 L·ha⁻¹, indican que el suministro de C orgánico y NPK al suelo, en los municipios de Centro y Teapa, Tabasco, fueron adecuados para mantener la producción, atendiendo los requerimientos nutricionales de producción para *A. purpurata*. Se encontró sobresaliente al Estiércol fermentado, mostrando concentraciones de C orgánico: 2.87 a 2.97%, N: 0.26 a 0.28%, P: 12.09 a 81.8 mg·kg⁻¹ y K: 0.34 a 0.48 cmol·kg⁻¹, cantidades que comprobaron ser suficientes para mantener la producción del cultivo con flores vigorosas durante todo el año.

Concentración de NPK foliar

La concentración obtenida de NPK foliar en *A. purpurata* en los municipios de Centro y Teapa fueron adecuados en las dosis de 6 Mg·ha⁻¹ y 60 L·ha⁻¹, con valores que oscilaron entre 2.29 y 2.64% para el nitrógeno, 0.14 a 0.21% para el fósforo y 1.89 a 2.16% para el potasio, niveles que garantizan una buena nutrición de las plantas.

Bacterias solubilizadoras de fosfatos y hongos micorrízicos arbusculares

Los abonos orgánicos incrementaron cinco veces la densidad poblacional de las BSP y 12% la colonización total por HMA, promoviendo mayor disponibilidad de fósforo para las plantas, mejorando la producción de biomasa total y calidad de flor, sobresalieron en producción el Estiércol fermentado y Composta.

Los abonos orgánicos mostraron un efecto positivo sobre las poblaciones de microorganismos nativos que intervienen en el ciclo del fósforo en forma tan eficiente que su impacto se observa aún después de un año de la aplicación. La riqueza nutrimental de los abonos fue suficiente para permitir el crecimiento de las poblaciones de BSP y HMA, así como para estar disponible para la planta, sin observarse los efectos de inmovilización microbiana. El Estiércol fermentado incrementó la población de BSP en la rizósfera de *A. purpurata* y la Composta y Humus líquido estimuló la población de BSP en el suelo a distancia.

Los resultados indicaron que el Bocashi y Estiércol fermentado mantienen altas las poblaciones de HMA, aún después de un año de aplicados los abonos. Sobresale el hecho de la reducida presencia de arbusculos, así como el efecto de la vermicomposta en el incremento del número de esporas.

Ante estas evidencias, los abonos orgánicos deben ser parte fundamental en la producción orgánica de *A. purpurata* ya que permiten una producción de calidad y cantidad similar a los fertilizantes químicos convencionales sin causar desequilibrios químicos o microbiológicos en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Acuña, O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura. En: Soto, G., Meléndez, G. (Eds.). Taller de Abonos orgánicos. CATIE. Costa Rica. Pp. 1-9
- Aguirre-Medina, J.F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C. 2007. Efecto de la fertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8):541-546
- Ahmad, F., Ahmad, I., Khan, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*, 163(2):173-181
- AIPH (The International Association of Horticultural Producers). Unión Fleurs: International Statistics. 2012. <http://www.aiph.org> (Consultada el 21 de septiembre de 2013)
- Alam, S., Khalil, S., Ayub, N., Rashid, M. 2002. *In vitro* solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganism (PSM) from maize rhizosphere. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4(4):454-458
- Alcántar, G.G., Sandoval V.M., Sánchez, G.P. 2007a. Introducción. En: Alcántar, G.G., Trejo-Téllez, L.I. (Eds.). *Nutrición de cultivos*. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados, México. Pp. 1-5.

- Alcántar, G.G., Trejo-Téllez L.I., Fernández, P.L., Rodríguez, M.M.N. 2007b. Elementos esenciales. En: Alcántar, G.G., Trejo-Téllez, L.I. (Eds.). Nutrición de cultivos. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados, México. Pp. 8-47.
- Alonso, A.M., Sousa-Silva, J.C. 2010. *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum: planta ornamental para cultivo no cerrado. Embrapa Cerrados. Planaltina, D.F. Brasil. 34 p
- Álvarez-Solís, J.D., Gómez-Velasco, D.A., León-Martínez, N.S., Gutiérrez-Miceli, F.A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44(5):575-586
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 2008. La floricultura. Boletín Comercialización. Noviembre. No.17. Dirección Regional Peninsular, México. 26 p
- Azcón, R. 2000. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Alarcón A, Ferrera-Cerrato (Eds.). *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Mundi-Prensa. México. Pp. 1-15
- Baltazar, B.O., Figueroa, R.K.A. 2009. Flores que atrapan tu mirada. Estudio de vida de florero y comercial de flores ornamentales de la Zona Centro del Estado de Veracruz, Méx. 1ª ed. Colegio de Postgraduados. México. 80 p

Bárcenas-Ortega, A.E., Chávez-Bárcenas, A.T., Varela-Fregoso, L., Aguirre-Paleo, S., Lara-Chávez, M.B.N. 2010. Efecto de mejoradores del suelo sobre la diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en rizósfera de aguacate. En: Estrada-Botello MA, Osorio-Osorio R, Brito-Manzano NP, Sánchez-Hernández R (Eds.). Tópicos Selectos en Agronomía Tropical.. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. Pp. 35-42

Bidwell, R.G.S. 1993. Fisiología vegetal. A.G.T. Editor. 784 p

Bobadilla, H.C., Rincón, V.S.C. 2008. Aislamiento y evaluación de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de plaza. Tesis de licenciatura. Microbiología industrial. Facultad de ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 87 p

Callejas-Ruíz, B.A., Castillo-González, A.M., Colinas-León, M.T., González-Chávez, M.C., Pineda-Pineda, J., Valdéz-Aguilar, L.A. 2009. Sustrato y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de Nochebuena. Revista Chapingo, Serie horticultura, 15(1):57-66

Camelo, R.M., Vera, M.S.P., Bonilla, B.R.R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 12(2):159-166

Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clement, C., Barka, E.A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of

action, and future prospects. *Applied Environmental Microbiology*, 17(9):4951-4959

Constantino, A.M. 2010. Efecto de la biofertilización en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol). Tesis de doctorado en ciencias. El Colegio de la Frontera Sur. 146 p

Corbera, J., Paneque, V.M., Calana, J.M., Morales, C. 2008. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de *Anthurium andreaum* en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 29(4):27-33 p

Criley, R.A. 1984. Yield and production of red ginger and bird-of-paradise at Waimanalo as influenced by fertilizer, planting density and season Proc. Second Fert. And Orn. Short Course. Univ. Hawaii HITAHR 01.04.85. Hawaii, USA. pp 129-138

Cruz-Castillo, J.G., Torres-Lima, P.A., Alfaro-Chilmalhua, M., Albores-González, M.L., Murguía-González, J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz "Green Goddess", *Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng, en condiciones tropicales. *Revista Chapingo, Serie horticultura*, 14(2):207-212

Curtis, T.P., Sloan, W.T. 2004. Prokaryotic diversity and its limits: microbial community structure in nature and implications for microbial ecology. *Current. Opinion. Microbiology*, 7(3):221–226

- Chapin, F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. 2011. Principles of terrestrial ecosystem ecology. 2^a ed. Springer. New York, United States of America. 529 p
- Chen, W.M., Laevens, S., Lee, T.M., Coenye, T., De Vos P, Mergeay, M., Vandamme, P. 2001. *Ralstonia taiwanensis* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa* species and sputum of a cystic fibrosis patient. International Journal Systematic Evolutionary Microbiology, 51(5):1729-1735
- Chen, C., Bélanger, R.R., Benhamou, N., Paulitz, T.C. 2000. Defense enzymes induced in cucumber roots by treatment with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and *Pythium aphanidermatum*. Physiological Molecular Plant Pathology, 56(1):13-23
- Douds, D.D. Jr., Nagahashi, G., Pfeffer, P.E., Reider, C., Kayser, W.M. 2006. On-farm production of AM fungus inoculums in mixtures of compost and vermiculite. Bioresource Thechnology, 97(6): 809-818
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z., Knowler, D., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, status and conservation challenges. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 81(2):163-182
- Evanylo, G., Sheron, C., Spargo, J., Starner, D., Brosius, M., Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer manure, and compost-based fertility

practices in an organic vegetable cropping system. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127(1):50-58

Gans, J., Wolinsky, M., Dunbar, J. 2005. Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. *Science*, 309(26):1387–1390

Garbisu, C., Alkorta, I., Mijangos, I. 2010. Microbial properties as bioindicators of the impact of agricultural practices on soil health. *SciTopics*. Revisado: Octubre 25, 2011 de <http://www.scitopics.com/Microbial> (Consultada el 14 de mayo de 2013)

García, I., Dorronsoro, C. 2011. Contaminación del suelo. Departamento de Edafología y química agrícola. Universidad de Granada, España. <http://www.edafologia.ugr.es/inde.htm> (Consultada el 14 de mayo de 2013)

Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. 1ª ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.

Goenadi, D.H., Siswanto and Y. Sugiarto. 2000. Bioactivation of poorly soluble phosphate rocks with a phosphorus-solubilizing fungus. *Soil Science Society of America Journal*, 64:927-932.

González-Chávez, M.C. 1995. Interacción de la simbiosis endomicorrízica y la fijación biológica de nitrógeno. En: Ferrera-Cerrato, R., Pérez-Moreno, J. (Eds.). *Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable*. Colegio de Postgraduados en ciencias agrícolas, Montecillo, Estado de Mexico. Pp. 166-183

- González, O.M.T., Mogollón, N.J. 2001. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia en plantas de *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. "Jungle King" provenientes de cultivo *in vitro* y sección de rizoma. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), 18(2):124-134
- Gutiérrez, C.J.G., Aguilera, G.L.I., González, E.C.E. 2008. Agroecología y sustentabilidad. Convergencia. Revista de Ciencias Sociales 15(46):5-87
- Guzmán, E.E.A. 2011. Aislamiento y caracterización de bacterias solubilizadoras de fósforo a partir de cuatro suelos de la provincia de Chimborazo. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería Agronómica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 62 p
- Huilcapi, S.J.V. 2007. Aislamiento e identificación de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de muestras de suelo y raíz, de diferentes cultivos de rosal de la provincia de Pichincha, Ecuador. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército, Sangonqui, Ecuador. 116 p
- Ingelmo, S.F., Rubio, J.L. 2007. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En: Moreno, C.J. y H.R. Moral (Eds.). Compostaje. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. Pp. 307-330
- Jalaluddin, M., Hamid, M., Muhammad, S.E. 2008. Selection and application of a VAM-fungus for promoting growth and resistance to charcoal rot disease of sunflower var. Helico-250 Pakistan Journal of Botany, 40(3):1313-1318

- Kent, D.K., McEwen, J., Kaufman, A.J. 2007. Ornamental Ginger, Red and Pink. Ornamentals and Flowers. University of Hawai'i at Mānoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. UH-CTAHR.OF. Hawaii, United States of America 37(1):1-8
- Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Naqvi, S.M.S., Rasheed, M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. Journal Agriculture Biology, 1(1):48-58
- Kronvang, B., Jeppesen, E., Conley, D.J., Sondergaard, M., Larsen, S.E., Oversen, N.B., Carstensen, J. 2005. Nutrient pressures and ecological responses to nutrient loading reductions in Danish streams, lakes and coastal waters. Journal of Hydrology, 304(1):274-288
- Kumar, S.A., Shender, R. Grove, M. 2006. Interaction among beneficial microorganisms. En: Mukerji, K.G. Manoharachary, C., Sigh, J. (Eds.). Microbial activity in the rhizosphere. Springer. Berlín, Alemania. Pp. 121-132
- Lamas, A.M. 2002. Floricultura Tropical: Técnicas de cultivo. Maceló, AL: Edição Sebrae, Brasilia, Brasil. 58 p.
- Lasso, L., Vallejo, C. 2007. Evaluación del comportamiento reproductivo de ginger rojo (*Alpinia purpurata*) a la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos. RUMIPAMBA, 21(1):1-14

- Lawrence, G.H.M. 1951. Taxonomy of vascular plants. MacMillan Publishing Co. Inc. New York, United States of America. 823 p
- León-Nájera, J.A., Álvarez-Rivero, J.C., Martínez-Moreno, E. 2010. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades edáficas, crecimiento y producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en un Fluvisol. En: Estrada-Botello MA, Osorio-Osorio R, Brito-Manzano NP, Sánchez-Hernández R (Eds.). Tópicos Selectos en Agronomía Tropical. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco México. Pp. 60-71
- Lins, G.M.L., Trindade, A.V., Rocha, H.S. 2003. Utilização de *Gigaspora margarita* em plantas micropropagadas de bananeira em diferentes estádios de enraizamento. Revista Brasileira de Fruticultura, 25(1): 143- 147
- Lionnet, F., Naemeka, O., Perry, S.H., Schenck, C. 2004. Development and resistance: women, children, and flowers in Bogotá. Signs, 29(2):465-489
- Little, A.E.F., Robinson, C.J., Peterson, S.B., Raffa, K.F. Handelsman, J. 2008. Rules of engagement: Interspecies interactions that regulate microbial communities. Annual Review of Microbiology, 62(3):375-401
- López, A., Pérez, J., Sosa-Moss, C., Mejía, J.M., Bucio, L. 2006. El cultivo de las plantas ornamentales tropicales. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de producción de Trópico Húmedo de Tabasco. Colegio de Postgraduados. Tabasco, México. 105 p

Mariaca, M.R. 2012. La complejidad del huerto maya del sureste de México. En: Mariaca, M.R. (Ed.). El huerto familiar del sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección al Ambiente del Estado de Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. Pp. 7-97

Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y.L., Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo, Serie horticultura 12(2):183-188

McClintock, N.C. 2004. Production and use of compost and vermicompost in sustainable farming systems. Tesis de Maestría. Faculty of North Carolina State University. 140 p

Meir, D., Pivonia, S., Levita, R., Dori, I., Ganot, L., Meir, S., Salim, S., Resnick, N., Winer, S., Shlomo, E., Koltai, H. 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) as a test case Spanish Journal of Agricultural Research, 8(1):5-10

Mena-Martín, H.A., Reyes-Oregel, V., Osalde-Balam, M.J., González-Valencia, C.A. 2010. Comportamiento agronómico de *Lilium* spp. en sustratos orgánicos. En: Estrada-Botello M.A., Osorio-Osorio R., Brito-Manzano N.P., Sánchez-Hernández R. (Eds.). Tópicos Selectos en Agronomía Tropical. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. Pp. 55-59

- Millaleo, R.M., Montecinos, C., Rubio, R., Contreras, A., Borie, F. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrízicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *Journal Soil Science. Plant Nutrition*, 6(13):26-39
- Navarro, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2ª ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 490 p
- Núñez, E.R. 2007. Corrección de deficiencias nutrimentales en el suelo. En: Alcántar, G.G. y Trejo-Téllez, L.I. (Coord.). Mundi Prensa, México. Pp. 274-323
- Okumoto, S. 2003. Uso de inoculante microbiano para la elaboración de abono orgánico. En: Soto G., Meléndez, G. (Eds.). Taller de Abonos orgánicos. CATIE. Costa Rica. Pp. 1-10
- Olivares-Campos, M.A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J.L., Ojeda-Barrios, D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores del suelo. *Universidad y Ciencia*, 28(1):27-37
- Oliveira, J.R.G., Morais, T.A.L., Melo, N.F., Yano-Melo, A.M. 2011. Acclimatization of *Tapeinochilos ananassae* plantlets in association with arbuscular mycorrhizal fungi *Pesquisa agropecuária brasileira*, 46(9):1099-1104

- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2006. Diagnóstico de la cadena productiva de heliconias y follajes en los departamentos del eje cafetalero y Valle del Cauca, Colombia. 46 p
- Orozco, H.M.E. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: Floricultura comercial en el Estado de México. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 14(45):111-160
- Orozco, H.M.E., Campos, M.E., Guerrero, P.A. 2009. Hacia la gestión de un nuevo desarrollo rural: El caso de los pequeños productores de flor en Villa Guerrero, México. *Quivera*, 11(1): 91-102
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*, 79(2):131–143.
- Paredes-Mendoza, M., Espinosa-Victoria, V. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: Una revisión crítica. *Terra latinoamericana*, 28(1):61-70
- Patiño, R., Arévalo, G., Martínez, C., Rueda, A., Venegas, J. 2005. Evaluación del uso de micorrizas y dos niveles de fertilización en producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum* Kitamura) en Zamorano, Honduras Proyecto especial para el programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 21 p.

- Pérez, M.A., Burgos, P., Madejón, E., Cabrera, F., Jaeckel, P., Schloter, M. 2006. Microbial community structure and function in a soil contaminated by heavy metals: effect of plant growth and different amendments. *Soil Biology & Biochemistry*, 38(2):327-341
- Pérez-Luna, Y.C., Álvarez-Solís, J.D., Mendoza-Vega, J., Pat-Fernández, J.M., Gómez-Álvarez, R. 2012. Influencia del humus de lombriz y biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento de maíz. *Gayana botánica*, 69:15-22
- Pizano, M. 2005. International Market Trends. Tropical flowers. *Acta Horticulturae* (ISHS) 683: 79-86 http://www.actahort.org/books/683_6.htm (Consultada el 4 de febrero de 2013)
- Rivera-Cruz, M.C., Trujillo-Narcia, A., Alejo D.E. 2010. Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *Interciencia*, 35(2):113-119
- Rodríguez, D.N., Cano, R.P., Figueroa, V.U., Favela, C.E., Moreno, R.A., Márquez, H.C., Ochoa, M.E., Preciado, R. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4):319-327
- Rodríguez, M.M.N., Trejo-Téllez, L.I., Fernández-Luqueño, F. 2007. Flores de corte. Manual de producción. 1ª ed. Editorial Papiro Omega. México. 126 p.

- Rubí, A.M., Olalde, P.V., Reyes, R.B.G., González, H.A., Aguilera, G.L.I. 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv Orangepixie. Agricultura Técnica en México, 35(2):201-210
- Ryan, M.H., Chilvers, G.A., Dumaresq, D.C. 1994. Colonization of wheat by VA-mycorrhizal fungi was found to be higher on a farm managed in an organic manner than on a conventional neighbor. Plant and Soil, 160(1): 33-40.
- Saldaña, H.M.I., Gómez, A.R., Pat, F.J.M., Álvarez, S.J.D., Pérez, F.J., Ortiz, G.C.F. 2013. The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. Ciencia e Investigación Agraria, 40(1):5-15.
- Salgado, G.S., Núñez, E.R., Palma, L.D.J. 2010a. Los abonos orgánicos. En: Salgado, G.S. y Núñez, E.R. (Eds.). Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Ed. Mundi-Prensa. México. pp. 115-146
- Salgado, G.S., Núñez, E.R., Palma, L.D.J., Debernardi, V.H., Mendoza, H.R.H., Lagunes, E.L.C. 2010.b Los fertilizantes químicos. En: Salgado, G.S. y Núñez, E.R. (Eds.). Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Ed. Mundi-Prensa. México. pp. 27-52
- Salgado, G.S., Núñez, E.R. 2010. Importancia de los fertilizantes. En: Salgado, G.S. y Núñez, E.R. (Eds.). Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Ed. Mundi-Prensa. México. pp. 1-4

- Sánchez-Colín, M.J., Ramírez B.P.J., Torrescano, V.N. 2000. Micorriza Arbuscular y Rhizobium presentes en leguminosas establecidas en suelo Andosol. En: Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato (Eds.). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. IRENAT-Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundiprensa, Mexico. Pp. 46-55.
- Sánchez, G.P., Molinos, S.C., Alcántar, G.G., Sandoval V.M. 2007. Diagnóstico nutrimental en plantas. En: Alcántar, G.G., Trejo-Téllez, L.I. (Eds.). Nutrición de cultivos. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados, México. Pp. 202-247.
- Santos, B.A., Silva, G.A., Maia, L.C., Alves, M.V. 2000. Mycorrhizae in Monocotyledonae of northeast Brazil: Subclasses Alismatidae, Arecidae and Zingiberidae. *Mycorrhiza*, 10:151-153
- Sawers, L. 2005. Nontraditionales new traditional exports: Ecuador's flowers boom. *Latin American Research Reviews*, 40(3):40-67
- Schüßler, A., Schwarzotti, D., Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105:1413–1421.
- Schüßler, A. 2006. Phylogeny and taxonomy of Glomeromycota (“arbuscular mycorrhizal (AM) and related fungi”). <http://AMF-phylogeny.com> (Consultada el 3 de febrero de 2014)

- Sieverding, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsch Gesellschaft fur technische (GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. p. 371.
- Sikora, L.J., Enkiri, N.K. 2001. Uptake of 15N fertilizer in compost-amended soils. *Plant and Soil*, 235(1):65-73
- Silva, M.A., Silva, F.S.B., Yano-Melo, A.M., Melo, N.F., MAIA, L.C. 2006. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). *Acta Botânica Brasileira*, 20(2):249-256
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. En: Soto, G., Meléndez, G. (Eds.). Taller de Abonos orgánicos. CATIE. Costa Rica. Pp. 1-27
- Soto, G., Meléndez, G. 2003. Compost: ¿Abono o enmienda? ¿Cómo medir la calidad de un compost? En: Soto, G., Meléndez, G. (Eds.). Taller de Abonos orgánicos. CATIE. Costa Rica. Pp. 1-15
- Stamatiadis, S., Werner, M., Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito Country, California). *Applied Soil Ecology*, 12: 217-225
- Teixeira, M. do C.F., Loges, V. 2008. *Alpinia*: cultivo y comercialização. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 14(1):9-14

- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., Havlin, J.L. 1997. Soil Fertility and Fertilizers. 7a ed. Macmillan Publishing Company. New York. 760 p
- Toro, M., Bazó, I., López, M. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Tropical*, 58(3):215-221
- USAID. (United States Agency International Development). 2007. Actividad rural competitiva. Flores tropicales para la exportación. La Paz, Bolivia. 47 pp. Available online at: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADN939.pdf (Consultada el 4 de noviembre de 2011).
- Üstüner, Ö., Winingar, S., Gadkar, V., Badani, H., Raviv, M., Dudai, N., Medina, S., Kapulnik, Y. 2009. Evaluation of different compost amendments with AM fungal inoculum for optimal growth of chives. *Compost Science & Utilization*, 17(4):257-265
- Vargas, G.M.C., Suárez, F. 2007. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En: Moreno C.J. y Moral H.R. (Eds.). *Compostaje*. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. Pp. 329-350
- Varshney, A., Sharma, M.P., Adholeya, A., Dhawan, V., Srivastava, P.S. 2002. Enhanced growth of micropropagated bulblets of *Lilium* sp. inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi at different P fertility levels in an alfisol. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77(3): 258-263.

Vega-Ronquillo, E., Rodríguez-Guzmán, R., Cárdenas-López, M., San-Miguel, A.A., Serrano-González, N. 2006. Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero. *Naturaleza y Desarrollo*, 4 (1):24-35

World Resources Institute. 2013. Water with drawls: percent used for agricultural purposes. Report 2013-2014. Washington, D.C. United States of North America. URL: [http://www. Worldresourcesreport.org](http://www.Worldresourcesreport.org) (Consultado el 29 de septiembre, 2013).

Whitelaw, M.A. 1999. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Advances in Agronomy*, 69(5):99-151

Anexo 1. Artículo sometido para su publicación, revista Ciencia e Investigación Agraria (www.rcia.uc.cl).

Influence of organic fertilizers on chemical properties of soil, growth and production of *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum

María Isabel Saldaña y Hernández¹, Regino Gómez-Álvarez², María del Carmen Rivera-Cruz³,
José David Álvarez-Solís², Juan Manuel Pat-Fernández², Carlos Fredy Ortiz-García³

¹Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Zaragoza s/n. Villa Ocuiltzapotlan, Centro, C.P.
86270, Tabasco, México.

²El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa, carretera Villahermosa-Reforma Km 15.5
El Guineo 2ª Sec. Villahermosa, C.P. 86280, Tabasco. México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km 3.5 Periférico, H. Cárdenas, CP 86500,
Tabasco, México.

Corresponding author: regomez@ecosur.mx

Abstract

M. I. Saldaña y Hernández, R. Gómez Álvarez, M. del C. Rivera Cruz, J. D. Álvarez Solís, J. M. Pat Fernández and C. F. Ortiz García. 2013. Influence of organic fertilizers on chemical properties of soil, growth and production of *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum. Cien. Inv. Agr. Organic fertilizers are an important contribution of organic matter which modifies physical, chemical and microbiological characteristics of the soil. In order to know the impact of solid and liquids fertilizers on *A. purpurata*, nutritional characteristics of the soil and response of the plants were evaluated at 40 and 365 days, in two villages in Tabasco, Mexico. The evaluated treatments were Compost, Vermicompost, Fermented Manure, Bokashi, Liquid Humus (6 Mg·ha⁻¹ and 60 L·ha⁻¹), Chemical Fertilizer (150-50-250) and Control. The

experimental design was complete randomized blocks with three replications. The experimental unit was a stump. The evaluated variables were concentration of organic C, total N, available P and interchangeable K in soil, and NPK in foliage, number of stems, commercial biomass, non commercial biomass for stump, stems length, flower diameter, flower length, diameter at 80 cm for stem and growth of buds. Fertilized soils had an increase in C (40%), N (47%), P (83%) and K (56%) after 40 days. One year after the addition of fertilizers, the soil maintained acceptable nutrimental levels for production. The Bokashi increased the concentration of P (9.5%) and K (8.3%) in the foliage of plants from site 1. Liquid Humus increased N (16%) in the foliage in site 2. The plants increased the number of stems (35.3%), total biomass (35.5%), stems length (19.2%), flower diameter (9.5%), flower length (12.3%) and diameter up to 80 cm (16 %) when fertilized with Fermented Manure and Compost.

Key words: Bokashi, compost, fermented manure, macronutrients, red ginger, vermicompost.

Introduction

Organic fertilizers are ecological alternative to increase fertility and crop production in sustainable agroecosystems (Wu *et al.*, 2005). Their use improves physical, chemical and biological characteristics of soil (Ingelmo and Rubio 2007, Vargas and Suarez, 2007), although they are characterized by a source of low nutrients, in comparison to inorganic fertilizers. N content in composts is 1 to 3% and their nitrogen (N) mineralization rate is close to 10% (Sikora and Enkiri, 2001). Therefore, only a fraction of N and other nutrients is available the first year after the application. However, organic fertilizers may substitute the use of chemical fertilizers, improving the characteristics of cultivated vegetables (Rodríguez *et al.*, 2009; Cruz-Castillo *et al.*, 2008; Márquez-Hernández *et al.*, 2006). Supplementary capacity of nutrients to crops from

organic fertilizers depends on the properties of raw material, fabrication process, mineralization degree of the materials and dominant conditions in field for the subsequent decomposition (Evanylo *et al.*, 2008). The red ginger *Alpinia purpurata* (Vieillard) K. Schumann, crop outstands by yearly production in tropical and subtropical regions around the world, which represents important incomes for producers (Kent *et al.*, 2007). *A. purpurata* produce cut flower around the year, suggesting a permanent extraction of soil nutrients, which affect its productive capacity. In Mexico, the states of Chiapas, Tabasco and Veracruz outstand by the cultivated surface (Baltazar and Figueroa, 2009). Although the use of organic fertilizers are generally suggested for producing *A. purpurata* (Texeira and Loges, 2008; Luz *et al.*, 2005), conventional management of the species is the most used and it includes the use of high doses of chemical fertilizers. Complete fertilization is suggested once a month or 3 to 6 times a year in proportions from 1:1:1 to 3:1:5 of N-P-K in order to increase flower production and quality (Kent *et al.*, 2007). González and Mogollón (2001) recommend the application of 150 and 300 kg of N ha⁻¹ for placing *A. purpurata* with rhizome or plant from *in vitro* culture, respectively. N, P and K content in foliage is a good nutrition indicator of *A. purpurata*, with 2.0, 0.16 and 1.8%, respectively (Kent *et al.*, 2007). The use of synthetic fertilizers causes technological dependence, increases production costs, decreases organic matter in soil and the capacity of water storage, and alters soil structure and pH (Dudgeon *et al.*, 2006). Maintaining the productive capacity of soil requires practices of vegetal nutrition and soil improvement allowing an adequate management of nutrients in order to avoid their loss and loss of organic matter, in order to optimize the edaphic variables linked to conservation (Gliessman, 2002). The objective of this work was to evaluate the supply of available macronutrients in five organic fertilizers as a source of nutrients for growth and production of *A. purpurata* in two localities in Tabasco during a year.

Materials and methods

Experimental site, physical and chemical properties of soil

Two experiments were determined in soils classified as Eutric Fluvisol, under field conditions for a year, beginning on April 19 of 2011. Experiment one in locality Medellín and Madero 3rd section, Centro, Tabasco (site 1), and experiment two in locality Ignacio Allende, 3rd section, Teapa, Tabasco (site 2); the largest sown surface of *A. purpurata* is reported in both municipalities in Tabasco (Saldaña *et al.*, 2013).

Site 1 is located with geographic coordinates 18° 06' 40.7"N and 92° 50' 48.2"W; 11.7 masl (meters above sea level), climate is Am(f), with annual pluvial precipitation of 1500 mm and an annual mean temperature of 26° C, with maximum precipitation in August, September, and October, and minimum precipitation in March, April and May (INEGI, 2001). This site has been cultivated with cedar and mahogany, with a 4x4 m-distance between trees, in the intermediate spaces with ginger plant density of 1250 plants per hectare with 2x4 m between plants. Site 2, located in the geographic coordinates 17°35'59.2"N and 92° 59'29.6"W; 18.0 msl, climate is warm-humid Af(m)w”(i’)g, with total annual pluvial precipitation of 4000 mm and an annual average temperature of 26° C, with maximum precipitation in fall and minimum precipitation in spring (Arreola *et al.*, 2011); cocoa shade canopy at 4x4 m, ginger plant density of 4444 plants ha⁻¹, with 1.5 X 1.5 m between plants.

Soil

Physical-chemical properties of soil were determined at the beginning and the end of the experiment, with samples taken at 20 cm from the plant, and at 15 cm deep. The analytical

methods described in the Official Mexican Regulation NOM-021-RECNAT-2000 (DOF 2002) were used (Table 1).

Organic fertilizers

The organic fertilizers evaluated were Compost, Vermicompost, Fermented Manure, Bokashi and Liquid Humus. The compost was elaborated with ornamental residuals from *Heliconia* and *Alpinia*, green foliage from *Gliricidia sepium*, caprines manure, soil and water, they were mixed in a 3:1:1:3: v/v proportion (vegetal residuals:manure:soil:water), according to the procedure described by Gómez-Álvarez and Castañeda-Ceja (2000). Vermicompost was processed with redworm, *Eisenia andrei*, fed with ovine manure. Liquid Humus was obtained from leached Vermicompost, mixed with water in a 1:1 ratio (vermicompost:water). Then, the liquid phase decanted and contained. Fermented Manure was obtained from ovine fed with Gramineae complemented with mineral salts, fermenting during 120 days covered from the sun and rain. Bokashi was elaborated with foliage from *Gliricidia sepium* + gramineae hay, caprine manure, soil, vegetal coal, yeast, molasses, lime and water; the proportions were 5:5:5:0.5:0.0125:0.04:0.09:1 (p/p). Bokashi fermented during 20 days until it became dark brown and the temperature stabilized. The physical-chemical characteristics of the fertilizers processed (Table 2) were determined using the methodology described in NOM-021-RECNAT (DOF, 2002).

Experimental design

The experimental design was randomized complete block with seven treatments and three repetitions for each site. The experimental unit consisted on the plant *A. purpurata*, composed by stems with flower and stems in vegetative stage. The study factor was organic fertilizer, with a

dose of $6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ for solid fertilizers and $60 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ for liquid fertilizer, applied to the soil around the experimental units at 20 cm from the plant base and 15 cm deep. The treatments were: Control (T), Compost (C), Vermicompost (V), Fermented Manure (FM), Bokashi (B), Liquid Humus (LH), Chemical Fertilizer (Q). N, P, K sources of the chemical treatment (150-50-250) were urea (46% of nitrogen) applied in three fractions (May, August, December), diammonium phosphate (46% of P_2O_5) and potassium chloride (60% of K_2O); the last two elements were applied in only one application.

Production of vegetal biomass and flower quality

Biomass production accumulated in 52 weeks was quantified in each experimental unit from both sites. The floral stems reaching harvest stage were counted, cut, and measured (flower with $\frac{3}{4}$ parts of their open bracts) and whose flower reached commercial size ≥ 20 cm long. Each harvested floral stem was divided into commercial and non-commercial portions; the first, included the flower, 3 apical leaves and 80 cm of pseudostem; the second was foliage and basal portion of the stem. Each portion was separately weighed. The dry biomass was determined from stem samples with flower (commercial and non-commercial portion) which were dried until they reached constant weight in oven; CRAFT Scientific Instruments at 60°C , a OAHUS granataria balance was used. Production variables were: the number of commercial stems per plant (NS), commercial biomass (CB), non commercial biomass (NCB), total biomass (TB), stem length (SL), flower length (FL), flower diameter (FD) and stem diameter at 80 cm (D80).

Sprout growth from A. purpurata

The sprouts were randomly selected at the beginning of the experiment, in each of the experimental units, their length and basal diameter was quantified in their vegetative stage every month for six months.

Foliar analysis

Four leaves per experimental unit were taken, the 4th leaf per floral stem at the end of the experiment; they were washed with alkaline Stran detergent in order to eliminate field impurities, they were rinsed with distilled and deionized water, they were left to drain and dried at 65°C until they reached constant weight, they were grounded and sieved through a No. 40 mesh. The total Nitrogen was determined by the microkjeldhal method with sulfuric acid digestion (Malavolta *et al.*, 1997); phosphorous was determined by UV according to the methodology by Fick *et al.* (1979) and potassium by acid digestion and atomic absorption spectrophotometry AOAC (1995). The variables evaluated were foliar N, P and K.

Statistical analysis

An analysis of variance, mean comparisons (Duncan, $p < 0.05$), and correlations (Pearson) were made with the data obtained. The statistical SAS pack for windows was used, version 9.1.3. (SAS, 2004).

Results and discussion

Organic carbon and nutrients available in soil

Fertilized soils presented higher organic C contents than the control at 40 days (Tables 3 and 4). The soil with Bokashi presented the highest C content (4.02%) with 40% higher than the control in site 2 (Duncan $P \leq 0.05$). Similar results were obtained by Rivera-Cruz *et al.* (2010) with chicken manure in a 3% dose, which resulted with a higher 94% of organic concentration than the control. The fertilizers increased the C levels in soil, which leads to increase fertility by microorganisms participation using C as energy source (Vargas and Suárez, 2007).

Soils fertilized with organic fertilizers increased N content in comparison to the Control. The outstanding organic fertilizers were: Fermented Manure (0.36%) in site 1, Liquid Humus (0.31%) and Compost (0.31%) in site 2. According to Wu *et al.* (2005), the application of organic fertilizer increase N content in soil, due to N and organic C concentration contained in the fertilizer.

Application of organic fertilizers increased the P content available changing from a mean level (9.4 and 8.5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) to a high level (10 to 17 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Noticeable differences were observed per site in regard to the increase of available P, as they were 50% higher in site 2 (Duncan $P \leq 0.05$).

Potassium increased from very low level (0.14 and 0.06 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) to low level (0.21 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) in site 1; there were no significant changes in site 2, showing a significant K increase with the application of the chemical fertilizer, 36 and 40% more for each site, respectively (Duncan $P \leq 0.05$). The addition of K fertilization at 125 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ of soil or higher for Vertisol soils, the activity of exchangeable K increased, presented adequate K values in order to supply cultivation demands,

but it is recommendable to make periodical applications of K fertilizer to maintain constant the solution Zúñiga-Estrada *et al.* (2010).

After 365 days of treatment application, a decreasing tendency in the organic C content and total N in the soil was observed. According to Gosling *et al.* (2006) OM, organic C and soil nutrients in tropical humid regions decrease by high microorganism populations present and lixiviation caused by abundant precipitations. In site 1, Fermented Manure was the treatment preserving most organic C, total N and P available in soil (Duncan $P \leq 0.05$) (Table 3). In site 2, organic C content in soil was similar among treatments.

In average, total N concentration decreased up to 16% after 365 days with the use of organic fertilizers, however, a high and very high levels maintained (0.22 and 0.27%) in sites 1 and 2, respectively. Fermented Manure and Bokashi conserved levels higher than the control (Duncan $P \leq 0.05$). Fortis-Hernández *et al.* (2009) found similar results for forage maize, as the application of Biocompost (30 Mg·ha⁻¹) and Vermicompost (10 Mg·ha⁻¹) increased the presence of nitrates, which allows the elimination of nitrogenous fertilizer at the beginning of a new agricultural cycle.

The organic fertilizers maintained a high concentration of available P, compared to the medium level of the control. The Vermicompost and Fermented Manure conserved high P levels in the soil of site 1 (58 and 43% higher than the control), while the Fermented Manure and Bokashi, maintained a high P level in the soil and they increased their concentration in 92 and 85% compared to the control in site 2. Núñez (2007) indicates that organic fertilizers increase phosphorous availability due to a higher CO₂ release supporting decomposition of phosphate minerals in the soil, This minerals synthesize phospho-humic complexes available by the plant

and this allows the exchange of organic radicals by phosphates. In both sites, all the treatments increased K content in the soil (Tables 3 and 4). Ingelmo and Rubio (2007) indicate that K lixiviation is common, because K is a very mobile element in soil, and K provided by composts, sometimes higher than 85%, is an adequate option to compensate losses by lixiviation. In site 1, the highest K level in soil was provided by the chemical fertilizer, followed by Bokashi and Vermicompost, with increments of 37, 31 and 24%, respectively, compared to the Control (Duncan $P \leq 0.05$). In site 2, the Fermented Manure and Compost conserved the highest K level, with 56 and 48% higher than the Control (Duncan $P \leq 0.05$). Ochoa *et al.* (2009) used municipal organic residuals and found significant increases in the P and K concentration in volcanic soils. According to López (2012), the capacity of nutrients supply Fermented Manure to the soil, Bokashi, Vermicompost and Compost occurs because they present the highest mineralization dynamics through time in the high values of CO₂ production.

N, P, K content in A. purpurata foliage

All the treatments in site 1 showed NPK values in foliage higher than the limit minimum value acceptable for healthy and vigorous plants according Kent *et al.* (2007) after 365 days after the application of fertilizers (Table 5). The application of Liquid Humus increased the N amount in foliage in 16% compared to the Control in site 2 (Duncan $P \leq 0.05$). Arrigo *et al.* (2005) found a similar effect when they included residues from composted pruning on the N nutrition in raygrass plants, *Lolium perenne* L. Olivares-Campos *et al.* (2012) obtained similar contents of N foliar in lettuce, *Lactuca sativa* L. When fertilized with Compost, Vermicompost or inorganic N inorganic fertilizer.

The limit P content acceptable in foliage (0.16%), according to Kent *et al.* (2007) was overcome in Site 1 (Duncan $P \leq 0.05$) (Table 5). Bokashi favored the highest P level in foliage compared to the Control in site 1, but in site 2 the treatments were similar regarding P content in foliage.

Potassium levels in foliage of ginger plants present significant statistical differences in site 2, the highest concentrations correspond to Bokashi and Liquid Humus; the lowest concentration corresponded to the Control.

Production characteristics and flower quality

The increment on production variables and flower quality were significantly higher in *A. purpurata* with organic fertilizers. Compost and Fermented Manure were higher in number of stems (35.3%), commercial biomass (27.8%), non commercial biomass (40.8%), total biomass (35.5%), stem length (19.2%), flower diameter (9.5%), flower length (12.3%) and stem diameter at 80 cm (16.0%) in comparison to the Control, in both sites. The production and flower quality levels obtained after applying the organic fertilizers were equal to the production and quality levels obtained with the Chemical Fertilizer (Tables 6 and 7). Similar results have been proved by different authors. For example, Cruz-Castillo *et al.* (2008) with lombricompost in calla lily, *Zantedeschia aethiopica*; Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) with sunned manure in jalapeño pepper, *Capsicum annuum*; and Zaragoza-Lira *et al.* (2011) with compost in pecan, *Carya illinoensis*. The chemical characteristics of soil and plant production are improved by the application of Fermented Manure, Bokashi and Compost. This improvement derives from the positive correlation among the OM, soil macronutrients providing organic fertilizers and the CIC. The chemical characteristics of soil could positively the nutrient content of foliage when Fermented

Manure, Bokashi and Compost were applied. Production variables showing a positive relation with the foliar N, P, K concentration were Number of stems and Number of leaves, when Compost and Fermented Manure were applied in sites 1 and 2, respectively, (Tables 8 and 9).

Growth of A. purpurata sprouts

Final length and diameter of the sprouts evaluated were higher in 13 and 24%, respectively, in Site 1 (Table 10). The difference in sprout growth per site occurred because of the plants age and, consequently, their capacity of water and nutrients storage in their rhizomes. Local factors like climate and soil were discarded as a cause of differential growth per site, as Hansen (1993) found that differences in sprout growth correspond to seasonal changes instead of local factors. Among the organic fertilizers with a stronger promotion of final sprouts length, Liquid Humus, increased in 30 and 38% in comparison to the control (Duncan $P \leq 0.05$). Fermented Manure, Liquid Humus, Vermicompost and Compost improve the basal sprout diameter better in 28 and 48% in sites 1 and 2, respectively. The fastest growth speed in length (1.07 and $1.05 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$) appeared in plants fertilized with Liquid Humus, different from the Control, but equal to the other fertilizers (Duncan $P \leq 0.05$). In this regard, Lasso and Vallejo (2007) found a growth of $1.0 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ in stem length was observed when using Ecoflora, organic biostimulant in a dose of $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ in *A. purpurata*.

Finally, organic fertilizers applied increased organic C (40%), total N (47%), P (83%), K (56%), and they maintained acceptable levels for production after a year. The use of Fermented Manure, Vermicompost and Compost is recommended for the localities under study, according to the supply capacity of macronutrients.

NPK supply by the fertilizers used is adequate to satisfy the minimum requirements specified for *A. purpurata* in the doses used. The Fermented Manure and Compost may substitute the

Chemical Fertilizer at least during a year; therefore, they are a viable fertilization alternative to reach optimal levels of production and quality without contaminating the environment.

Acknowledgments

We are thankful for the financing provided by the Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco and the support of the Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V. (project TAB-2008-C011-8811).

Resumen

M. I. Saldaña y Hernández, R. Gómez Álvarez, M. del C. Rivera Cruz, J. D. Álvarez Solís, J. M. Pat Fernández y C. F. Ortiz García. 2013. Influencia de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo, crecimiento y producción de *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum. Cien. Inv. Agr. Los abonos orgánicos aportan cantidades importantes de materia orgánica que modifica las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Para conocer el impacto de los abonos sólidos y líquidos en *A. purpurata*, se evaluaron las principales características químicas del suelo y la respuesta de la planta a 40 y 365 días en dos localidades de Tabasco, México. Los tratamientos evaluados fueron Composta, Vermicomposta, Estiércol Fermentado, Bocashi y Humus líquido ($6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $60 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), Fertilizante Químico (150-50-250) y Testigo absoluto, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue una cepa. En el suelo se evaluó concentración de C orgánico, N total, P disponible y K intercambiable. En follaje por cepa, N, P y K en follaje, número de tallos, biomasa comercial, biomasa no comercial; por tallo, longitud de tallo, diámetro de la flor, longitud de la flor, diámetro a los 80 cm y crecimiento de brotes. Los suelos abonados

mostraron a los 40 días incrementos de C (40%), N (47%), P (83%) y K (56%), un año después de adicionados los abonos los suelos se mantuvieron niveles aceptables de fertilidad para la producción. El Bocashi aumentó la concentración de P (9.5%) y K (8.3%) en el follaje de las plantas en Medellín y Madero. El Humus Líquido aumentó el N foliar (16%) en Ignacio Allende. Las plantas abonadas con Estiércol Fermentado y Composta mejoraron la producción de número de tallos (35.3%), biomasa total (35.5%), longitud de tallo (19.2%), diámetro de la flor (9.5%), longitud de la flor (12.3%) y diámetro del tallo a 80 cm (16%).

Palabras clave: Bocashi, composta, estiércol fermentado, ginger rojo, macronutrientes, vermicomposta.

References

- Arreola, M.A., J. Sánchez, A. Vargas y L. Hernández. 2011. Ordenamiento territorial: Microrregión Sierra de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental e Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C., Petróleos Mexicanos. Villahermosa, Tabasco, México. 125 p.
- Association of Oficial Analytical Chemist (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington DC. USA.
- Arrigo, N.M., M.P. Jiménez, R.M. Palma, M. Benito y M.F. Tortarolo. 2005. Residuos de poda compostados y sin compostar: Uso potencial como enmienda orgánica en suelo. *Ciencia del Suelo* 23(1):253-265
- Baltazar, B.O. y K.A. Figueroa. 2009. Flores que atrapan tu mirada. Estudio de vida de florero y comercial de flores ornamentales de la Zona Centro del Estado de Veracruz. 1^a ed. Colegio de Postgraduados. México. 80 p
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal* 43:434-438
- Cruz-Castillo, J.G., P.A. Torres-Lima, M. Alfaro-Chilmalhua, M.L. Albores-González y J. Murguía-González. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz "Green Goddess", *Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng, en condiciones tropicales. *Revista Chapingo, Serie horticultura*. Vol. XIV(2):207-212
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2002. NOM-021-RECNAT-2000 Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. SEMARNAT. México, D. F. 85 p
- Dudgeon D., A.H. Arthington, M.O. Gessner, Z. Kawabata, D. Knowler, C. Lévêque, R.J. Naiman, A-H APrieur-Richard, D. Soto, M.L.J. Stiassny y C.A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. Vol.81 (2):163-182

- Evanylo, G., C. Sheron y J. Spargo, D. Starner, M. Brosius y K. Haering. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer manure, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:50-58
- Fortis-Hernández, M., J.A. Leos-Rodríguez, P. Preciado-Rangel, I. Orona-Castillo, J.A. Gacía-Salazar, J.L. García-Hernández, J.A. Orozco-Vidal. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana* 27:329-336
- Fick, K.R., L.R. McDowell, P.H. Miles, N.S. Wilkinson, J.D. Funk y J.H. Conrad. 1979. *Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues*. 2nd edition. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville
- Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gómez-Álvarez, R. y R. Castañeda-Ceja. 2000. *Tecnologías de producción orgánica*. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción de Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa. 91 p.
- González, O.M.T. y N.J. Mogollón. 2001. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia en plantas de *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. "Jungle King" provenientes de cultivo in vitro y sección de rizoma. *Revista de la Facultad de (LUZ)* 18:124-134
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass y G.D. Bending. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 113:17-35
- Hansen, J.D. 1993. Field phenology of red ginger, *Alpinia purpurata*. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 106:290-292
- Ingelmo, S.F. y J.L. Rubio. 2007. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En: Moreno, C.J. y H.R. Moral (Eds.). *Compostaje*. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 307-330 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 89 pp.
- Kent, D.K., J. McEwen y A.J. Kaufman. 2007. *Ornamental Ginger, Red and Pink. Ornamentals and Flowers*. University of Hawai'i at Mānoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. UH-CTAHR.OF-37:1-8
- Lasso, L. y C. Vallejo. 2007. Evaluación del comportamiento reproductivo de ginger rojo (*Alpinia purpurata*) a la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos. *Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. RUMIPAMBA VOL XXI No.1:1-14*
- López, R.Y. 2012. Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum en Tabasco, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. 75 p.
- Luz, P., E. Almeida, P. Paiva y T. Ribeiro. 2005. Cultivo de flores tropicais. *Informe agropecuario* 26(227):62-72
- Malavolta, E., G. Vitti y E.S. de Oliveira. 1997. *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Princípios e Aplicações*. 2ª ed. Associação Brasileira para pesquisa potassa e do fosfato. Piracicaba. Brasil. 201 p.
- Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos, Y.L. Chew-Madinaveitia, A. Moreno-Reséndez y N. Rodríguez-Dimas. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo, Serie horticultura*. Vol XII(2):183-188

- Núñez, E.R. 2007. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos. 94-157. En: Alcántar, G.G. y Trejo-Téllez, L.I. (coord.). Nutrición de cultivos. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados, México. 438 p.
- Olivares-Campos, M.A., A. Hernández-Rodríguez, C. Vences-Contreras, J.L. Jáquez-Balderrama y D. Ojeda-Barrios. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores del suelo. *Universidad y Ciencia* 28(1):27-37
- Olsen, S.R. y L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. En Page, AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micro- biological Properties*. 2nd ed. ASA/SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 403-430.
- Page, A.L., R.H. Miller y D.R. Keeney. 1982. Nitrogen total. En Page AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. ASA. SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 595-629.
- Pérez-Luna, Y.C., J.D. Álvarez-Solís, J. Mendoza-Vega, J.M. Pat-Fernández y R. Gómez-Álvarez. 2012. Influencia del humus de lombriz y biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento de maíz. *Gayana Botánica* 69 (Número Especial):15-22
- Richards, L.A. 1994. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Laboratorio de salinidad de los E.U.A. UTEHA Noriega Editores, México, D.F.
- Rodríguez, D.N., R.P. Cano, V.U. Figueroa, C.E. Favela, R.A. Moreno, H.C. Márquez, M.E. Ochoa y R. Preciado. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana* 27:319-327
- Saldaña, H.M.I., R. Gómez, J.M. Pat, J.D. Álvarez, J. Pérez y C.F. Ortiz. 2013. The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1):397-410
- Salgado, G.S., R. Nuñez, D.j. Palma, H. Debernardi de la Vega, R. Mendoza. y L. del C. Lagunes. 2010. Los fertilizantes químicos. 27-52. En: Salgado G.S y Núñez E.S. (coord.) Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de Postgraduados-Mundiprensa México D.F. 146 p
- Salgado, G.S., R. Nuñez y D.J. Palma. 2010. Los abonos orgánicos. 115-132. En: Salgado G.S y Núñez E.S. (coord.) Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de Postgraduados-Mundiprensa México D.F. 146 p
- Sas. 2004. Institute Inc., Cary, NC, USA. Licenced to Colegio de Postgraduados (Campus Montecillo). Site 0013396003. Plataforma NET_ASRV
- Schollemberger, C.J. y R.H. Simon. 1954. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. *Soil Science*. 59: 13-24.
- Sikora, L.J. y N.K. Enkiri. 2001. Uptake of 15N fertilizer in compost-amended soils. *Plant and Soil* 235:65-73
- Texeira, M. y V. Loges. 2008. *Alpinia*: Cultivo e comercializacao. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. 14(1):9-14
- Vargas, G.M.C. y F. Suárez. 2007. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En: Moreno C.J. y Moral H.R. (Eds.). Compostaje. Ed. Mundiprensa. Madrid. 329-350 pp.
- Vázquez-Vázquez, C., J.L. García-Hernández, E. Salazar-Sosa, J.D. López-Martínez, R.D. Valdez-Cepeda, I. Orona-Castillo, M.A. Gallegos-Robles y P. Preciado-Rangel. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. Vol XVII(s/n):69-74

- Walkley A. y I.A.Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38
- Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, M.K.C. Cheung y W.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125:155-166
- Zaragoza-Lira, M.M., P. Preciado-Rangel, U. Figueroa-Viramontes, J.L. García-Hernández, M. Fortis-Hernández, M.A. Segura-Castruita y A. Lagarda-Murrieta. 2011. Aplicación de composta en la producción de nogal pecanero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. Vol. VII(s/n):33-37
- Zúñiga-Estrada, L., J.J. Martínez-Hernández, G.A. Baca-Castillo, A. Martínez-Garza, J.L. Tirado-Torres, J. Kohashi-Shibata y J. Cruz-Díaz. 2010. Efecto de la fertilización con potasio en un vertisol sobre la relación cantidad/intensidad (Q/I). *Terra Latinoamericana* 28(4):319-325

Table 1. Physical and chemical properties of the soils in the experimental areas.

Characteristics	Medellin	Ignacio	Analytic procedures and references	
	y Madero	Allende		
Texture (%)	Sa: 59.8	Sa: 73.9	AS-09*	Bouyoucos, 1962
	Sl: 13.6	Sl: 9.6		
	Cl: 26.6	Cl: 16.5		
pH	7.2	7.3	AS-02*	Potenciometria (rel.1:2)
Organic matter (%)	2.52	3.77	AS-07*	Walkley and Black, 1934
Total N (%)	0.23	0.27	AS-25*	Page <i>et al.</i> , 1982
Available P (mg kg ⁻¹)	31.1	15.0	AS-10*	Olsen and Sommers, 1982
Interchangeable K (me·100 g ⁻¹)	0.26	0.1	AS-12*	Schollemberger and Simon, 1954
CEE (Cmol+kg ⁻¹)	11.2	7.1	AS-12*	Acetate of ammonium 1N
C:N	10.42	10.95		

Source: Data obtained from surveys according to Official Mexican Regulation NOM-021-REC/NAT-2000* (DOF, 2002). Sa=sand, Sl=slime, Cl=clay. CEE=Capacity electronic exchange.

Table 2. Physical and chemical characteristics of organic fertilizers.

Organic fertilizers	pH	OM	C	N	C/N	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
						Olsen					
						mg kg ⁻¹	cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Compost	7.7	20.0	11.59	0.8	14.5	4.72	5.91	3.88	4.77	79.57	125.23
Bokashi	8.0	36.7	21.27	1.8	11.8	10.16	12.3	7.09	12.0	63.27	627.43
Vermicompost	8.2	45.4	26.32	2.0	13.2	10.30	8.95	8.38	22.5	60.00	545.91
Ferm. Manure	7.9	56.8	32.9	3.8	8.7	13.16	30.1	2.09	19.9	60.00	3309.7
Liquid Humus	8.0	3.15	1.55	4.9	0.3	26.0	0.18	0.2	15.4	SLMD	18.94

SLMD=Smaller to the one it limits the detection method. pH=Potential of hydrogen, OM=Organic matter, C=Organic carbon, N=Total Nitrogen, P=Available phosphorus, K=Interchangeable potassium,

Table 3. Organic carbon and nutrients content in soil with organic amendments to 40 and 365 days after applied in Medellin y Madero, Centro, Tabasco, Mexico.

Treat.	Organic C		Total N		Available P		Intercambiabile K	
	40da	365da	40da	365da	40da	365da	40da	365da
	%		%		mg·kg ⁻¹		cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	
T	2.1d ¹	2.39bc	0.19d	0.22bc	9.4b	5.19c	0.14b	0.38c
C	2.9bcd	2.41bc	0.26bcd	0.21bc	10.5ab	7.58c	0.21ab	0.37c
V	2.3cd	2.25cd	0.32ab	0.21bc	11.5ab	12.49b	0.15b	0.50b
FM	3.2ab	2.87a	0.36a	0.26a	16.5a	12.09b	0.15b	0.34c
B	3.4ab	2.13d	0.30ab	0.20c	10.0b	9.82bc	0.18b	0.55a
LH	4.0a	2.38bc	0.28bc	0.22bc	9.5b	4.48c	0.16b	0.42bc
Q	3.0bc	2.35bcd	0.23cd	0.21bc	10.5ab	20.94a	0.22a	0.60a

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, P≤ 0.05) (n=3). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer, da=days after application.

Table 4. Organic carbon and nutrients content in soil with organic amendments to 40 and 365 days after applied in Ignacio Allende, Teapa, Tabasco, Mexico.

Treat	Organic C		Total N		Available P		Interchangeable K	
	%		%		mg·kg ⁻¹		cmol(+)kg ⁻¹	
	40da	365da	40da	365da	40da	365da	40da	365da
T	2.40d ¹	3.06a	0.20c	0.28a	8.5c	6.71d	0.06b	0.21c
C	3.50abc	3.16a	0.31a	0.26ab	13.0abc	12.90cd	0.07ab	0.41ab
V	2.74cd	2.80a	0.30ab	0.27ab	10.5bc	28.23c	0.06b	0.27c
FM	3.06bcd	2.97a	0.22c	0.28a	13.5abc	81.80a	0.09ab	0.48a
B	4.02a	3.14a	0.23bc	0.29a	10.0bc	43.61b	0.08b	0.27c
LH	3.82ab	2.80a	0.31a	0.25ab	17.0ab	8.80b	0.07ab	0.32bc
Q	2.93dc	2.78a	0.27abc	0.22b	25.0a	21.12cd	0.1a	0.34bc

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, $P \leq 0.05$) (n=3). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer, da=days after application.

Table 5. Nutrient content in foliage of *A. purpurata*, 365 days after addition of organic amendments in two localities, Tabasco, Mexico.

Treat	Medellin and Madero			Ignacio Allende		
	N	P	K	N	P	K
	%					
T	2.58a ¹	0.19bc	1.98b	2.39b	0.17a	1.98a
C	2.46a	0.190bc	2.07ab	2.44b	0.14a	2.00a
V	2.39a	0.196b	2.05ab	2.34b	0.16a	1.98a
FM	2.59a	0.18c	2.12ab	2.34b	0.15a	1.89a
B	2.44a	0.21a	2.16a	2.29b	0.17a	2.06a
LH	2.64a	0.18c	2.14a	2.78a	0.15a	1.99a
Q	2.49a	0.18c	2.12ab	2.32b	0.16a	1.90a

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, $P \leq 0.05$) (n=3). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer, da=days after application.

Table 6. Effect of amendments on yield of *A. purpurata*, 365 days after application in Medellin y Madero, Centro, Tabasco, Mexico.

Treat	NS	<u>CB</u> g	<u>NCB</u> g	<u>TB</u> g	<u>SL</u> cm	<u>FD</u> cm	<u>FL</u> cm	<u>D80</u> cm
T	54bc ¹	28.0d	76.8b	104.7cd	185.8c	7.6c	25.0bc	1.62c
C	63a	35.8bc	95.8a	131.8a	213.0ab	8.1b	26.3a	1.69ab
V	54bc	33.8c	77.3b	111.0bc	198.5bc	8.1b	25.0bc	1.62c
FM	59ab	38.8a	102.0a	140.5a	216.8a	8.4a	26.3a	1.71a
B	49c	33.3c	65.5c	99.0d	191.0c	8.0b	24.8c	1.61c
LH	42d	35.3bc	83.7b	118.3b	201.0abc	8.2b	26.0ab	1.66bc
Q	58ab	38.0ab	98.0a	136.0a	212.0ab	8.4a	26.3a	1.73a

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, $P \leq 0.05$) (n=3). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer, da=days after applied. NS=Number of commercial stems per plant, CB=Commercial Biomass, NCB=Non commercial biomass, TB=Total biomass, SL=Stem length, FD=Flower diameter, FL=Flower length, D80=Diameter at 80 cm.

Table 7. Effect of amendments on yield of *A. purpurata*, 365 days after application in Ignacio Allende, Teapa, Tabasco, Mexico.

Treat	NS	<u>CB</u> g	<u>NCB</u> g	<u>TB</u> g	<u>SL</u> cm	<u>FD</u> cm	<u>FL</u> cm	<u>D80</u> cm
T	11b ¹	27.1b	64.7d	91.8d	195.8b	7.8b	25.3b	1.47c
C	16a	34.9a	107.5ab	142.4a	241.9a	8.4a	28.8a	1.75a
V	14ab	27.7b	79.4c	107.0dc	218.1ab	8.0b	25.9ab	1.62b
FM	17a	31.5ab	109.4a	140.9ab	239.9a	8.0b	27.3ab	1.75a
B	17a	35.1a	90.1c	125.2ab	231.2a	8.3a	28.3a	1.77a
LH	16a	29.6b	110.7a	140.3ab	236.5a	7.9b	26.8ab	1.70ab
Q	13ab	28.6b	94.3bc	125.9bc	229.2a	7.9b	28.6a	1.62b

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, $P \leq 0.05$) (n=3). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer, da=days after applied treatments. NS=Number of commercial stems per plant, CB=Commercial Biomass, NCB=Non commercial biomass, TB=Total biomass, SL=Stem length, FD=Flower diameter, FL=Flower length, D80=Diameter at 80 cm.

Table 8. Correlation between chemical and yield variables of *A. purpurata*, 365 days after adds organic fertilizers in soils of Medellin y Madero, Tabasco.

Fermented Manure								
	N	P	K	CEE	NS	FN	FP	FK
OM	1.0**	1.0**	0.99*	0.99**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
N		1.0**	0.99*	0.99**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
P			0.99*	0.99**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
K				0.99*	NS	0.99*	0.99*	1.0**
CEE					NS	0.99**	0.99**	0.99*
NS						NS	NS	NS
FN							1.0**	0.99*
FP								1.0**
Compost								
	N	P	K	CEE	NS	FN	FP	FK
OM	0.99**	0.99**	0.99**	0.99*	0.99*	0.99*	0.99**	0.99**
N		1.0**	1.0**	0.99**	0.99*	0.99*	1.0**	1.0**
P			1.0**	0.99**	0.99*	0.99*	1.0**	1.0**
K				0.99**	0.99*	0.99*	1.0**	1.0**
CEE					0.99*	0.99*	0.99**	0.99**
NS						0.99*	0.99*	0.99*
FN							0.99*	0.99*
FP								1.0**

** and * denote significance at 1 and 5% probability, and NS denotes not significant. OM=Organic matter, N=Total nitrogen, P=Available phosphorus, K=Interchangeable potassium, CEE=Capacity of electronic exchange, NS=Number of commercial stems per plant, FN=Foliar nitrogen, FP=Foliar phosphorus, FK=Foliar potassium.

Table 9. Correlation between chemical and yield variables of *A. purpurata*, 365 days after adds organic amendments in soils of Ignacio Allende, Teapa, Tabasco, Mexico.

Fermented Manure								
	N	P	K	CEE	NH	FN	FP	FK
OM	NS	0.99*	0.99*	0.99*	0.99*	0.99*	1.0**	0.99*
N		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P			1.0**	1.0**	0.99**	0.99*	0.99*	1.0**
K				1.0**	1.0*	0.99*	0.99*	1.0**
CEE					0.99*	0.99*	0.99*	1.0**
NH						0.98*	0.99*	0.99*
FN							0.99*	0.99*
FP								0.99*

Bokashi								
	N	P	K	CEE	NH	FN	FP	FK
OM	1.0**	1.0**	1.0**	1.0**	NS	0.99*	1.0**	1.0**
N		1.0**	1.0**	1.0**	NS	0.99*	1.0**	1.0**
P			1.0**	1.0**	NS	0.99*	1.0**	1.0**
K				1.0**	NS	0.99*	1.0**	1.0**
CEE					NS	0.99*	1.0**	1.0**
FN							0.99*	0.99*
FP								1.0**

Compost								
	N	P	K	CEE	NH	FN	FP	FK
OM	0.99*	1.0**	1.0**	1.0**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
N		0.99*	0.99*	0.99*	NS	0.99*	0.99*	0.99*
P			1.0**	1.0**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
K				1.0**	NS	1.0**	1.0**	0.99*
CEE					NS	1.0**	1.0**	0.99*
FN							1.0**	0.99*
FP								0.99*

** and * denote significance at 1 and 5% probability, and NS denotes not significant. OM=Organic matter, N=Total nitrogen, P=Available phosphorus, K=Interchangeable potassium, CEE=Capacity of electronic exchange, NS=Number of commercial stems per plant, FN=Foliar nitrogen, FP=Foliar phosphorus, FK=Foliar potassium, NH=Number of leaves per stem.

Table 10. Longitude and growth of *A. purpurata*'s buds during vegetative state in two towns in Tabasco, Mexico.

Treatments	Location							
	Medellin y Madero			Ignacio Allende				
	Length cm	Diameter cm	Growth cm·day ⁻¹	Length cm	Diameter cm	Growth cm·day ⁻¹		
T	(6)	164.5c ¹	3.7c	0.68b	(2)	153.5c	2.7c	0.55b
C	(7)	217.6ab	4.8ab	0.96a	(5)	219.6ab	4.2ab	0.94a
V	(3)	208.3ab	4.5abc	1.01a	(3)	210.0abc	3.9ab	1.00a
FM	(7)	226.7a	5.1a	1.01a	(4)	196.8abc	3.9ab	0.95a
B	(7)	199.6abc	4.2abc	0.91a	(2)	193.0abc	3.3bc	0.85ab
LH	(4)	236.0a	4.9ab	1.07a	(4)	248.5a	4.8a	1.05a
Q	(4)	186.8bc	3.9bc	0.88a	(2)	166.5bc	3.1bc	0.85ab

¹Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (Duncan's test, $P \leq 0.05$). Treat=Treatments, T=Control, C=Compost, V=Vermicompost, FM=Fermented Manure, B=Bokashi, LH=Liquid Humus, Q=Chemical Fertilizer. () Numbers of observations.

Anexo 2. Aspectos éticos de la investigación. Carta emitida por el tutor de la Tesis.

Villahermosa, Centro, Tabasco, a 14 de Octubre de 2013

Asunto: Aspectos éticos de la investigación

Comité de ética para la investigación
PRESENTE:

En mi calidad de tutor de la estudiante María Isabel Saldaña y Hernández que presenta la tesis de doctorado "Producción y aspectos fitosanitarios de flores y follajes de corte en Tabasco" hago constar que se ha leído la "Guía para la incorporación de aspectos éticos en los protocolos de investigación y que se comprenden todos sus términos y se seleccionó el siguiente enunciado:

- a) No se identificaron consideraciones éticas que requieran revisión por parte del comité de ética en la investigación, por lo que se cumple con lo solicitado por el Comité.

ATENTAMENTE

Dr. Regino Gómez Álvarez

Nombre y firma del tutor



María Isabel Saldaña y Hernández

Nombre y firma de la estudiante



Anexo 3. Acuse de recibido del segundo artículo aceptado, revista Interciencia.

INTERCIENCIA

Revista de Ciencia y Tecnología de América / Journal of Science and Technology of the Americas / Revista de Ciência e Tecnologia das Americas

Caracas, 10 de diciembre de 2013

Profa. Isabel Saldaña y Hernández
Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca
Zaragoza s/n. Villa Ocuilzapotlan
Tabasco, México

MS 5046

Apreciada Profa. Saldaña y Hernández,

Hemos recibido la versión final de su manuscrito titulado **MICORRIZAS ARBUSCULARES Y BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM** por Saldaña y Hernández, María Isabel ; Gómez Álvarez, Regino ; Rivera Cruz, María del Carmen ; Álvarez Solís, José David ; Ortiz García, Carlos Fredy; Pat Fernández, Juan Manuel., la cual ha sido aceptada para publicación en *Interciencia*.

Próximamente recibirá las pruebas de imprenta. Rogamos revisarlas con atención ya que el trabajo ha sido editado. En la página final de las pruebas de imprenta encontrará una nota dirigida al autores con observaciones que deben considerarse.

Por otra parte, debido a las serias dificultades financieras de la revista nos hemos visto obligados a solicitar una contribución de US\$180 por página publicada. Esperamos que los autores hagan uso de los fondos destinados a este fin en sus subvenciones de investigación o que las instituciones donde prestan sus servicios cubran dichos costos.

Atentamente,



Miguel Laufer
Director

Calle Veracruz, Residencia La Hacienda, Oficina 31-M, Las Mercedes, Apartado Postal 51842, Caracas 1050-A, Venezuela.
Teléfonos: 58+212+9917525, Fax: 58+212+9923224. e-mail: interciencia@ivic.ve
www.interciencia.org

Anexo 4. Guía de autores de las publicaciones.

Normas editoriales de la revista Ciencia e Investigación Agraria Índice de impacto (JCR): 0.528

Author Guidelines

Ciencia e Investigación Agraria publishes original, unpublished articles including Research Papers, Research Notes, Essays and Literature Reviews. All articles are subject to a peer review process by a committee of at least two expert referees who are appointed by the Editorial Board. The editors of Ciencia e Investigación Agraria have the right to accept or reject an article.

All articles must be prepared in accordance with the standards of the journal, which are in accordance with those described by the American Society of Agronomy (<https://www.agronomy.org/publications/style>). The pages and lines must be numbered. Tables and figures should be included on separate pages at the end of the manuscript or preferably as separate files. For information on formatting tables and figures, please check the latest issues of Ciencia e Investigación Agraria online at www.rcia.uc.cl

The cost of publication, from 2010, is US\$50 per printed page, with a maximum of 6,000 words. Ciencia e Investigación Agraria does not offer reprints of the published articles.

Title: Every article should include a brief, self-explanatory title that represents the article's content and facilitates indexing the article. The title should be centered on the first page of the manuscript, using upper- and lowercase letters. For examples of the appropriate style, see the latest issue of Ciencia e Investigación Agraria online at www.rcia.uc.cl

Authors and affiliation: Authors and co-authors should include their full first names, middle name initials and last names followed by their institution(s) and addresses. When there are two or more authors from the same institutions, use superscripts (numbers only) to indicate the affiliation of each author. Corresponding author should be indicated as a footnote at the bottom of the page.

Abstract: Indicate authors and co-authors at the beginning of the abstract, followed by the year, the title of the article and the abbreviated name of the journal (*Cien. Inv. Agr.*). All abstracts should be a summarized version of the manuscript that is fewer than 250 words. Abstract should contain a brief introduction, explanation of objectives, description of how the study was performed, the significance of the results and conclusions.

Key words: Indicate fewer than seven key words other than those that appear in the title.

References: The references section should list source references alphabetically by first author's last name followed by author's initials, year, article title, journal name, volume, colon and first and last pages separated by a hyphen. For examples of other types of references, please see the latest issues of *Ciencia e Investigación Agraria* online at www.rcia.uc.cl.

All references must be cited in the body of the paper using the author(s) last name(s) followed by the year of publication, from the oldest to the most recent reference (e.g., Cáceres, 1999; Del Pozo and Engler, 2011). For references with more than three authors, indicate the first author followed by "*et al.*" in italics and year of publication (e.g., Cáceres *et al.*, 2001).

Length: The maximum length of Research Papers should be 20 pages (including less than four Tables and/or four Figures). The maximum length for research notes is 12 pages, Research Notes. Essays or Literature Reviews may be up to 40 pages. All submissions must be double-spaced in Arial 11pt. or Times New Roman 12pt. font.

Submission: All manuscripts are submitted electronically through the online platform of this journal at www.rcia.uc.cl

Research Papers

A Research Paper is an original article that contains results of laboratory, greenhouse or field investigations. All Research Papers must contribute new scientific or technological information to the manuscript's subject matter.

The manuscript should include a title, author name(s) and institution(s), an Abstract (fewer than 250 words), Key words (fewer than seven), Introduction, a Materials and Methods section, a Results section, a Discussion, Acknowledgements (optional), a Spanish-language summary (i.e., Resumen) (fewer than 250 words in Spanish), Spanish-language keywords (i.e., Palabras clave) (fewer than seven words in Spanish) and References (only cited references). Manuscripts should contain all of the information required to assess the state of the existing literature in the field, methodology, results and discussion. In addition, the information contained must enable readers to assess whether the authors have discussed their results adequately in relation to the existing literature and whether the results justify and support the conclusions of the study.

Introduction: The Introduction should be fewer than three pages, and it should include a brief statement indicating the significance of the study, describing the existing literature in the field. The last paragraph of the Introduction should clearly indicate the specific objectives of the research.

Materials and methods: In the Materials and methods section, please provide sufficient information that enables readers to assess how the study was conducted as well as the relevance and repeatability of the results. Field experiments must be repeated more than once and/or in more than one place before publication. The Materials and methods must include a full description of the techniques, analysis, instruments, important materials, measurements, evaluation procedures and software used in the study. The description of the experimental design should clearly indicate the randomization process, number of replicates and experimental units. This description should also indicate the statistical procedures used to determine significance, data transformations used, and the level of probability to determine significance. The experimental design and statistical analysis should be explained, preferably as a last subchapter of the Materials and methods section.

Results: The results section should meet each of the criteria detailed in the description of the Materials and methods section. Results must be supported by tables and/or figures and properly supported by statistical analyses as necessary, indicating the variability and the level of

significance (e.g., $P \leq 0.05$). Tables and figures that repeat results are superfluous. Avoid publishing results that are not supported statistically.

Discussion: In this section, authors should relate their results to the original objectives of the study, indicating the new scientific and/or technological contributions of the study, preferably in the first paragraph. The results must be interpreted in light of the knowledge about the subject of the investigation, be viewed against the cited existing literature, and must highlight the similarities and differences. Explain the methodological difficulties and the possible lack of correlation of results with previously published information. In addition, identify potential new areas for further research. The conclusions of the study should be included in the final paragraph of the Discussion section. Conclusions should be supported by the results and statistical analysis.

Research Notes

A Research Note is a short scientific or technological article that describes the results of a complete investigation. Preliminary results are not suitable for publication as a Research Note in *Ciencia e Investigación Agraria*. Content should be organized in a similar way to the organization of Research Papers, but with fewer than 10 scientific references.

Literature Review

A Literature Review article is a critical review of the scientific literature of a subject in which authors provide a synthesis of existing knowledge and discuss the research published on key points of the subject matter. A Literature Review article should include the most important findings and theoretical considerations on a specific topic that have been published during the last ten years. Therefore, these manuscripts should cite more than 100 scientific references published in major journals on the subject matter. Be aware that Literature Review articles do not report new findings, and it is preferable that authors have previously published studies on the same topic as the Literature Review.

Essay

Ciencia e Investigación Agraria publishes Essay articles on topics within the scope of the journal. An Essay is an article in which authors develop and defend a thesis on the basis of their opinions, in concordance with the existing literature and with relevant research that the authors have previously conducted. Therefore, it is preferable that authors of an Essay have previously published scientific articles.

GUÍA PARA LOS AUTORES

Revista Interciencia

Índice de impacto: 0.351

INTERCIENCIA es una revista multidisciplinaria cuyos temas prioritarios son Agronomía y Bosques Tropicales, Alimentos y Nutrición, Ciencias del Mar y de la Tierra, Educación Científica, Ecología y Problemas Ambientales, Energía, Estudio y Sociología de la Ciencia, Política Científica, Recursos Renovables y No Renovables, Salud y Demografía, Tierras Áridas, Transferencia de Tecnología.

INTERCIENCIA publica Artículos, Ensayos y Comunicaciones originales, preferentemente en las áreas prioritarias de la revista, escritos en idioma español, inglés o portugués, siempre que se relacionen con el desarrollo regional y su calidad sea certificada a través de arbitraje por pares. También podrán publicarse Cartas al Director que traten temas de interés o comenten trabajos de números ya publicados.

El contenido de las contribuciones es de la entera responsabilidad de los autores, y de ninguna manera de la revista o de las entidades para las cuales trabajan los autores. Se entiende que el material enviado a INTERCIENCIA no ha sido publicado ni enviado a otros órganos de difusión cualquiera sea su tipo.

Artículos

Son trabajos originales de investigación, experimental o teórica, o revisiones de un tema prioritario de la revista, no previamente publicados y dirigidos a una audiencia culta pero no especializada, y su extensión tendrá un máximo de 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen de hasta una página a doble espacio (250 palabras), así como un breve *curriculum vitae* de hasta 8 líneas de cada uno de los autores.

Ensayos

Tratarán preferiblemente sobre un tema prioritario de la revista. Podrán tener una extensión de hasta 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen y *curricula vitarum* de los autores, con características similares a los de los artículos.

Comunicaciones

Son reportes de resultados originales de investigaciones en cualquier campo de las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrán ser de hasta 20 cuartillas y escritas en idioma inglés, español o portugués, aunque se recomienda el uso del primero para facilitar la difusión de los resultados. Deberá incluirse un resumen de aproximadamente media cuartilla (150 palabras). En todos los casos, tanto el título del trabajo como el resumen deberá ser enviado en los tres idiomas de la revista, de ser posible, y se incluirán hasta cinco palabras clave. Todas las páginas, tamaño carta, deberán estar escritas a doble espacio, con fuente 11 ó 12, y numeradas consecutivamente.

Tablas y figuras: Deberán ser numeradas en romanos y arábigos, respectivamente, ser legibles, concisas y claras, y enviadas en hojas separadas. Los textos correspondientes se incluirán al final del trabajo.

Citas bibliográficas: Las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al. si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Pérez, 1992),...Pérez (1992), (Da Silva y González, 1993), (Smith et al, 1994). Las referencias serán listadas al final del artículo en orden alfabético, e incluirán autores (así: Rojas ER, Davis B, Gómez JC), año de publicación en paréntesis, título de la obra o trabajo citado, en itálicas el nombre y volumen de la publicación, y páginas. Las comunicaciones personales irán sólo en el texto, sin otra indicación que el nombre completo del comunicador. Las notas al texto, si las hubiere, irán al final del trabajo, antes de las referencias.

Contribución por página: Debido a los altos costos de producción INTERCIENCIA solicitará a los autores agenciar a través de sus subvenciones de investigación o ante las instituciones donde prestan sus servicios, una contribución por página publicada. Tal contribución no condicionará de ninguna manera la aceptación y publicación del trabajo, lo cual estará dado por los méritos del mismo. En los casos de textos con extensión excesiva, figuras o tablas de tamaño excepcional, o reproducciones a color, se establecerá un monto a pagar.

Todos los artículos y comunicaciones serán enviados a árbitros externos para ser evaluados. Para facilitar el arbitraje, los autores deberán enviar una lista de seis posibles árbitros con sus respectivas direcciones y, de ser posible, dirección de correo electrónico.

Los manuscritos deberán preparados en Word para Windows y enviado a:

INTERCIENCIA Apartado Postal 51842, Caracas 1050-A, Venezuela o a los correo electrónicos e-mail: interciencia@ivic.ve interciencia@gmail.com; www.interciencia.org