

Programa de Estudios de Posgrado

EFECTO DE DOSIS DE COMPOSTA EN TOMATE (Lycopersicon esculentum Mill) Y EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS DE SUELO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL VIZCAÍNO, B.C.S., MEXICO.

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

En Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales Con Orientación en Ecología de Zonas Áridas

Presenta

Francisco Eduardo López Arce

RESUMEN

En la zona del Valle del Vizcaíno se cultiva una cantidad importante de hectáreas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) el cual se destina casi en su totalidad a la exportación, siendo éste el cultivo preponderante en esta zona agrícola de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno. El tipo de suelo, como todos los suelos típicos de desierto, es pobre en macronutrimentos, lo cual hace necesariamente que se requieran importantes aplicaciones de fertilizantes químicos para alcanzar producciones rentables en los cultivos. Sin embargo, poco se ha investigado en esta región acerca de la aplicación de abonos orgánicos, como una alternativa de agricultura sostenible o ecológica. Bajo este enfoque se realizó este trabajo en el Ejido Benito Juárez, Municipio de Mulegé, a 27 Km. al sureste de la localidad de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. La investigación consistió en evaluar la respuesta de un cultivo de tomate a tres dosis de composta, donde se evaluó el desarrollo vegetativo, la producción de fruto, el estado nutricional de la planta, así como la influencia en algunas características físico-químicas del suelo. El trabajo se realizó en presencia de un testigo, en ausencia de fertilizantes químicos y bajo condiciones de campo. Se estableció un diseño de cuadro latino, los tratamientos fueron el equivalente de 0, 23, 39 y 63 t ha⁻¹ de composta. La tasa de crecimiento relativo (TCR) de la planta fue mayor DSH Tukey (P < 0.05) cuando se aplicaron dosis de 39.0 y 63.0 t ha⁻¹ de composta respecto al testigo y a la dosis más baja de 23.0 t ha⁻¹, así mismo la producción de biomasa fue favorecida por las dosis de composta mostrando diferencia significativa en el tratamiento de 39.0 t ha⁻¹ con respecto al testigo. Aunque la producción de fruto no mostró diferencia entre tratamiento estuvo correlacionada con la TCR y la producción de biomasa (r = 0.70, p = 0.002). La asimilación de P y Mg por la planta mostraron un incremento significativo (P < 0.05) en el testigo con respecto a las dosis de composta. El contenido de Cl de la planta mostró valores más altos en la dosis más alta de composta, lo que pudo haber inhibido una adecuada asimilación de P y Mg. El contenido de sales del agua de riego también pudo asociarse a una interferencia en la asimilación de nutrientes por la planta. La composta favoreció también algunas características del suelo como, el contenido de P disponible, la capacidad de intercambio de cationes encontrando los valores más altos en la dosis de 63.0 t ha⁻¹. El contenido de materia orgánica también mostró diferencia significativa (P < 0.05) entre

tratamientos. La protección de los recursos, como el agua y el suelo en la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, al igual que en todos los ecosistemas frágiles de desierto, dependerá de la capacidad y voluntad de sus habitantes para reorientar sus prácticas de producción de alimentos en sistemas verdaderamente comprometidos con la sustentabilidad de estos.

Palabras clave: agricultura sostenible, composta, tomate.

ABSTRACT

In the zone of Vizcaino Valley an important quantity of hectares of tomatoes (Lycopersicon esculentum L.) are cultivated, which is destined almost in its totality to the exportation, being this the preponderant crop in this agricultural zone of the Reserve of the Biosphere of the Vizcaino. The soil type, as all the typical deserts soils, it is poor in macronutrients, which does necessarily that important chemical fertilizers applications are required to reach profitable productions or yields in the crops. However, a few agricultural studies has been made in this region, about organic amendments application, like an alternative to sustainable or ecological agriculture. Under this focus was carried out this work in Ejido Benito Juárez, Municipio of Mulegé, to 27 km to the southeast of Guerrero Negro, Baja California Sur, Mexico. The study consisted on evaluate the response of tomato crop to three compost doses, in the vegetative development, yield fruit and plants nutritional status, as well as the effect in some chemical and physical soil characteristics. The work was carried out in a control presence, in chemical fertilizers absence and under field conditions. A latin square design was used, compost treatments were equivalent to 0, 23, 39 and 63 t ha⁻¹. The relative growth rate (RGR) of the plant was higher when 39.0 and 63.0 t ha⁻¹ compost doses were applied. The biomass production was higher at 39.0 t ha⁻¹ than in the control treatment. Although fruit yield did not show differences between treatments, it was correlated with RGR and biomass production (r = 0.70, p = 0.002). The phosphorus and magnesium assimilation by the plant showed a significant increment (P < 0.05) in the control with respect to compost doses. The chloride content in plant was higher at 63 t ha⁻¹ which could have inhibited an appropriate phosphorus and magnesium assimilation. The salt water content could also have been associated to interference in the nutrients

iii

assimilation for the plant. Some soil characteristics were favored by the compost, like

available phosphorus content, the capacity of cations exchange, finding the highest values

at 63.0 t ha⁻¹. The organic matter content also showed significant differences (P < 0.05)

among treatments. The protection of the resources, as the water and the soil in the Reserve

of the biosphere El Vizcaino, to the same as in all the fragile deserts ecosystems, it will

depends on the capacity and will of its inhabitants to reorient its foods production practices

to systems truly committed with their sustainability.

Keywords: sustainable agriculture, compost, tomato.

DEDICATORIA

A estas personas que reúnen una parte de mi alma...

Yadira, Jesús Eduardo, Josué Edgardo y Leiny Jamilette

A ellos, que formaron lo que soy...

Beatriz y Juan

A mi hermano, que alguna vez deseó algo de esto José Manuel López A.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis queridos padres, a mi esposa e hijos, a mis hermanos, cuñado(a)s, a mis compañeros de trabajo, compañeros de curso y amigos.

Al Dr. David Raúl López por haberme reclutado en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, que de otra manera difícilmente estuviera ahora escribiendo estas líneas, por todo el apoyo brindado en esta laboriosa tarea.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que hizo posible este sueño mediante el financiamiento número 172632, así mismo al CIBNOR y agradecimiento especial al departamento de Posgrado.

A Yadira mi esposa, imposible omitir mi agradecimiento, por que ha vivido cada momento, minuto a minuto de un esfuerzo conjunto, para lograr subir juntos este segundo escalón académico, las dificultades y sinsabores, propios de todo esfuerzo por algo importante, ojalá alcance a retribuirlos de todo lo que los he privado.

A mis hijos Eduardo, Josué y Leiny, agradezco esa energía que me dan. Esas sonrisas dulces e inocentes de niños, que no alcanzan a entender todavía muchas cosas. Cuando comprendan, seguramente entenderán esto. Ante todos los errores que soy capaz de cometer está el gran amor que les tengo, nunca lo duden mis niños.

Como omitir a mis tan queridos padres, Beatriz y Juan, ejemplo de bonanza, mi inspiración para superar los momentos difíciles, como ellos saben hacerlo, con serenidad, positivismo entre muchas otras cosas.

A mis suegros Tello y Socorro, compa Aarón que han estado siempre dispuestos a apoyarnos en lo que sea.

Agradezco mucho también a cada uno de mis hermanos, que me dan ánimo, apoyo moral y otros. Chayito, Nene, Pepe[†], Mary, Víctor, compa Arturo, compa Valentín, Carmen, Chanto, Imelda, Dorita y Sally, agradecimiento especial... a todos.

A mis asesores Dr. Bernardo Murillo y M.C. Alejandra Nieto, como no agradecer su valiosa aportación para darle forma a este producto final.

A las personas que me apoyaron en el departamento de posgrado del CIBNOR, la Dra. Thelma, Lic. Osvelia, Lic. Lety Glez., Betty, Claudia, Vero. A las personas de la biblioteca, Ana Maria, Tony, Susana, Edgar, Esther, Elizabeth, Meche, también a Horacio Sandoval y Manuel Melero del laboratorio de computo, agradezco a todos el apoyo profesional brindado.

A mis maestros, Juanita López, Manuel Nevares, Cesar Salinas, Ricardo Rodríguez, Enrique Troyo, Héctor Fraga, Sergio Troyo, Patricia Hernández, Humberto Mejía, Julio

Córdova, Arturo Sánchez, Tania Zenteno, Elena Palacios, Fernando García, Juan Larrinaga, Gustavo Arnaud, Enrique Morales, José Luis García y a los que se me escaparon, agradezco mucho su valiosa aportación para mi formación.

A mis compañeros de posgrado, Benja, Karina, Héctor, Bere, Roxana, Nico, Lili, Paola, Ulises, Alicia, Roberto, Magui, Fidencio, Norma, agradezco mucho su amistad y haber compartido esta experiencia.

A mis compañeros del CIBNOR GN que siempre me apoyaron en este proceso, a Liliana, Gladis, Gaby, Xochitl, Mario, Marcos, Eduardo, Amado, Arturo, Fabián, Armando, Don Pedro, Tele, José Luis... como omitir a Juan Diego, agradezco mucho su apoyo en el trabajo del Benito Juárez y su actitud positiva ante los obstáculos que tuvimos que sortear.

Imposible omitir un especial agradecimiento a la Familia Muñoz Moran del Benito Juárez, Don Simón, Martín, Juve, Doro, Sabas, a todos ellos les agradezco mucho su apoyo amable y desinteresado para la realización de la investigación de tesis

Del CIBNOR La Paz un agradecimiento especial a Álvaro Glez, Mayrlein, Chicho, por su amistad y apoyo

A la Ocean. Liliana Lyle y su equipo, por su valioso apoyo brindado en la UABCS Guerrero Negro.

INDICE DE CONTENIDO

1.0 INTRODUCCION		
1.1 Agricultura sostenible		
1.2 Uso de abonos orgánicos		
1.3 Antecedentes del uso de la composta	Error!	Marcador no definido.
1.4 Importancia del cultivo de tomate a nivel mundial	Error!	Marcador no definido.
1.5 Objetivo general del trabajo	Error!	Marcador no definido.
1.6 Objetivos particulares		
2.0 MATERIALES Y METODOS	;Erro	r! Marcador no definido.
2.1 Sitio de estudio	Error!	Marcador no definido.
2.2 Selección del material vegetativo	Error!	Marcador no definido.
2.3 Diseño experimental y análisis estadístico	Error!	Marcador no definido.
2.4 Establecimiento del cultivo		
2.5 Control de plagas y enfermedades	Error!	Marcador no definido.
2.6 Características de la composta utilizada	Error!	Marcador no definido.
Tabla IV. Características de la composta utilizada (%)		
2.7 Madurez de la composta		
2.8 Aplicación de tratamientos	•	
2.9 Medición de variables	Error!	Marcador no definido.
2.9.1 Muestreos de suelo	Error!	Marcador no definido.
2.9.2 Análisis de suelo	Error!	Marcador no definido.
2.9.3 Muestreos de planta	Error!	Marcador no definido.
2.9.4 Análisis de planta	•	
2.9.5 Muestreo de fruto	-	
2.9.6 Análisis de fruto	•	
3.0 RESULTADOS	•	
3.1 Datos obtenidos.	•	
3.2 Efecto de tratamientos en el desarrollo vegetativo	•	
3.3 Efecto de tratamientos en la producción de fruto		
3.4 Efecto de tratamientos en el estado nutricional del cu		
definido.		•
3.4.1 Efecto en macronutrientes en planta	Error!	Marcador no definido.
3.4.2 Efecto en iones tóxicos en planta	•	
3.5 Efecto de tratamientos en las características físico-qu	•	
Marcador no definido.		•
4.0 DISCUSION	;Erro	r! Marcador no definido.
4.1 Desarrollo vegetativo	•	
4.2 Producción de fruto		
4.3 Estado nutricional de la planta		
4.4 Efecto de tratamientos en las características de suelo		
5.0 CONCLUSIONES	-	
6.0 BIBLIOGRAFIA	•	

INDICE DE FIGURAS

- **Figura 2**. Relación entre contenido de *P* de la hoja MI y TCR MI (*a*), efectos de dosis de composta en *P* de la hoja MI y TCR MI (*b*), relación entre Área Foliar MI y Biomasa seca del MI (*c*) y efectos de dosis de composta en Área Foliar MI y Biomasa seca (*d*).¡Error! Marcador no definido.
- Figura 4.....¡Error! Marcador no definido.
- **Figura 6**. Relación entre contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (a) y efectos de dosis de composta en el contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (b).¡Error! Marcador no definido.
- **Figura 7**. Efectos de dosis de composta en el contenido de P de la hoja MI y contenido de Mg del tallo MI (*a*), relación entre contenido de Cl de la hoja MI y contenido de P de la hoja MF (*b*), efectos de dosis de composta en el Cl de la hoja MI y P de la hoja MF (*c*) y relación del contenido de materia orgánica de suelo MI con los contenidos de P de planta (*d*). ¡Error! Marcador no definido.

- **Figura 10.** Efecto de dosis de composta los contenidos de P en planta (a), efectos de dosis de composta en el contenido de Mg de tallo MI (b), relación entre la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (c) y efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (d).¡Error! Marcador no definido.
- **Figura 12.** Relación entre la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (a), efecto de dosis de composta en la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (b), relación entre el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (c) y efecto de dosis de composta en el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (d).¡Error! Marcador no definido.
- **Figura 13**. Relación de la capacidad de retención de humedad de suelo y la CIC (a), efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y en la CIC (b), relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MF con la CIC (c) y efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MF y en la CIC (d). ¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

- **Tabla I**. Características físico-químicas iniciales del suelo.; Error! Marcador no definido.
- Tabla II. Características del agua de riego.¡Error! Marcador no definido.
- Tabla III. Características de la composta utilizada (%).¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla V**. Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de planta.¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla VI.** Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de suelo.¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla VII.** Eigenvalores, prueba de Chi² y correlaciones del análisis canónico.¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla VIII.** Área foliar (cm² planta⁻¹), TCR (g·g planta⁻¹ día⁻¹) y producción de biomasa seca por planta (g planta⁻¹). Muestreo intermedio (MI) y final (MF). ¡Error! Marcador no definido.
- Tabla IX. Componentes de rendimiento de fruto.¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla X.** Contenido de P en planta (%). Muestreo Intermedio y Final. ¡Error! Marcador no definido.
- **Tabla XI.** Contenido de Mg en tallo de planta (%). Muestreo Intermedio y Final......; Error! Marcador no definido.
- **Tabla XII.** Contenido de Cl en hoja de planta (%). Muestreo intermedio (MI) y Final (MF) ¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ABREVIATURAS

t ha⁻¹ Toneladas por hectárea

cv. Cultivar

TCR Tasa de Crecimiento Relativo

INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

Marca Registrada

ppm Partes Por Millón

MI Muestreo Intermedio

MF Muestreo Final

m² Metros cuadrados

m Metros

mm Milímetros

cm Centímetros

cm² Centímetros Cuadrados

g Gramos

kg m⁻² Kilogramos por Metro Cuadrado

DSH Diferencia Significativa Honesta

1.0 INTRODUCCION

1.1 Agricultura sostenible

Recientemente ecólogos y agrónomos han empezado a combinar esfuerzos para estudiar y ayudar a resolver problemas encontrados en los sistemas actuales de producción de alimentos (Gliessman, 1990). Adicionalmente, el reclamo social por un medio ambiente mejor, las necesidades de alimento y agua libres de residuos tóxicos sitúan a la agricultura moderna ante importantes retos.

Entre las alternativas más importantes para un uso racional y preservación de los recursos naturales se encuentra la agricultura sostenible. La agricultura sostenible depende de la integración de diversos componentes como: 1) una baja dependencia de insumos externos, 2) funcionalidad, 3) uso de recursos renovables y localmente disponibles, 4) que sea benéfico o de mínimo impacto negativo al medioambiente, tanto al interior como al exterior de los predios agrícolas, 5) adaptado o tolerante a las condiciones locales, mas que dependiente de las alteraciones masivas o control del medio ambiente, 6) enfoque en capacidad productiva a largo plazo, 7) conservación de la diversidad biológica y cultural, 8) sustentado en el conocimiento y cultura de habitantes locales, 9) proveer suficientes bienes domésticos y exportables. Estos puntos involucran el entendimiento del agro ecosistema en todos los niveles de organización, desde la planta individual de cultivo o animal en el campo, hasta lo regional o un poco mas (Hart, 1984).

La agricultura sostenible integra básicamente tres metas principales: 1) salud ambiental, 2) rentabilidad económica y 3) equidad social y económica (Feenstra, 1997).

1.2 Uso de abonos orgánicos

Dentro de la agricultura sostenible se encuentra la utilización de insumos naturales que se utilizan como abonos o fertilizantes naturales, de origen vegetal o animal con diferentes propiedades y características (Nieto-Garibay *et al.*, 2002a). Estos insumos son el resultado de los desechos orgánicos que se generan de la actividad doméstica, pecuaria y agroindustrial y pesquera que frecuentemente van a contaminar corrientes y acuíferos subterráneos o superficiales y que podrían ser aprovechados si se incorporan a los terrenos de cultivo como abonos naturales (Núñez, 1993). Para que estos desechos puedan ser utilizados como abonos orgánicos es necesario asegurarse que contienen los nutrientes necesarios para la planta y al mismo tiempo sea un producto libre de patógenos.

En Baja California Sur, la composta, estiércoles vacunos y gallinazas son los principales fertilizantes orgánicos utilizados, de éstos en mayor medida se utiliza la composta. La composta ha representado una mejor opción para los agricultores ya que los materiales con los que se obtiene tienen su origen en los desechos orgánicos de la industria pesquera, agrícola y ganadera, los cuales pueden obtenerse en cualquier parte del Estado (Nieto-Garibay, 2000). Recientemente los desechos orgánicos están siendo sometidos a un proceso de composteo o fermentación aeróbica que proporciona como producto final una composta, un material orgánico altamente humificado, libre de la mayoría de los microorganismos patógenos, sin atractivo a la fauna nociva, muy manejable y con mayor porcentaje nutrimental que el material inicial (Núñez, 1993).

La importancia del uso de composta en suelos de Baja California Sur y específicamente en el Valle del Vizcaíno radica en el hecho de que es una de las zonas que presenta síntomas

de contaminación de los recursos agua y suelo utilizados en la agricultura convencional. La mayoría de los suelos de esta zona son arenosos y el contenido de materia orgánica es muy bajo (López *et al.*, 2003). La utilización de abonos orgánicos por parte de los agricultores en esta región ha conducido a un mejor desarrollo de los cultivos, pero las condiciones que difieren con la aportación de abonos orgánicos y su influencia en el desarrollo de las plantas aun no está del todo claro. Por consiguiente, es necesario realizar estudios que permitan conocer las variaciones de las características físico-químicas del suelo, así como los factores que influyen en la respuesta positiva de los cultivos al abonado orgánico.

El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de composta en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), así como determinar algunas contribuciones de la composta al mejoramiento de las características físico-químicas del suelo que influyen en el mejor desarrollo de los cultivos. El estudio se realizó en un suelo árido característico de la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, pobre en materia orgánica y baja concentración de nitrógeno como su principal limitante (López et al., 2003). Con los resultados obtenidos de esta investigación se espera proporcionar información valiosa acerca de la respuesta de los cultivos a este tipo de prácticas agrícolas; las cuales ayudan a orientar un cambio en las formas actuales de practicar la agricultura. En un futuro podrían constituir una opción viable de agricultura sostenible para agricultores de zonas áridas ecológicamente protegidas, enfocado a reducir el uso de fertilizantes químicos, como una alternativa de conservación de suelo y agua. Adicionalmente, mediante la divulgación de técnicas eficientes como el riego localizado o de goteo, se pretende contribuir al uso eficiente del agua.

1.3 Antecedentes del uso de la composta

La incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compostas) con fines de bioremediación de suelos agrícolas es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años en el ámbito mundial (Abdel *et al.*, 1994; Ruiz, 1996; Pansu *et al.*, 1998). Uno de los abonos orgánicos que ha sido más estudiado en los últimos años es la composta Nieto-Garibay *et al.*, 2002b). La composta ha sido definida por diversos autores con un común denominador que es la transformación de materiales orgánicos en humus (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). De acuerdo con la FAO (1991) la composta es un producto negro, homogéneo y por regla general, de forma granulada, sin restos gruesos. Al mismo tiempo, es un producto húmico y cálcico. Por su aportación de micronutrientes al suelo, su valor es muy preciado.

Se ha comprobado que la composta mejora una gran cantidad de características del suelo como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización de nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para la agricultura, evita cambios extremos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión (Nieto-Garibay *et al.*, 2002b). Los efectos mencionados permiten mejorar los suelos agrícolas, incluyendo los suelos de zonas áridas y semiáridas, que en general presentan pobreza de fertilidad, materia orgánica, nutrientes, capacidad de retención de agua y pH alto (FAO, 1991; Trueba, 1996; Ruiz, 1996).

De acuerdo con Aldaco-Magaña (2001), el uso de la composta aumentó la retención de agua en el suelo presentando el mayor efecto cuando se aplicó una dosis de 50 t ha⁻¹ en un suelo del tipo yermosol háplico de Baja California Sur, con un cultivo de chile (*Capsicum*

annuum L.). Sin embargo, las dosis de aplicación que se recomiendan tienen un amplio intervalo que puede abarcar desde las 7.5 t ha⁻¹, hasta dosis mayores de 100 t ha⁻¹ para recuperación de suelos erosionados. Se consideran también dosis bajas de 25 a 40 t ha⁻¹ (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Las dosis que predominan en los reportes de investigación con efectos visibles en los cultivos agrícolas van de las 50 a las 60 t ha⁻¹ (Warman y Havard, 1996; Votgmann y Fricke, 1989). Mäder *et al.*, (2002) encontraron que en un periodo de 21 años, la aportación de nutrientes (N, P, K) en un sistema orgánico fue entre 34 y 51% más bajo que un sistema convencional, pero los promedios en los rendimientos de los cultivos fueron solamente un 20% menores.

1.4 Importancia del cultivo de tomate a nivel mundial

El tomate es la hortaliza más importante en numerosos países y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo. Según los anuarios de la FAO, en el periodo de 1969-1971 se produjeron un promedio anual de 34.7 millones de toneladas de tomate a nivel mundial; para el periodo de 1979-1981 el promedio se incrementó a 53.8 millones de toneladas y para 1991-1993 ya se había incrementado a 72.7 millones de toneladas producidas (Esquinas y Nuez, 1995). En los últimos años, la producción mundial se ha mantenido estable, con un promedio anual de 86.0 millones de toneladas (SAGARPA, 2002).

El cultivo del tomate está ampliamente extendido a nivel mundial. Las estadísticas de la FAO muestran su presencia casi en la totalidad de los países y analizando la evolución de la superfície cultivada en las distintas partes del planeta a lo largo de la última década se

observa una estabilidad, con ligera tendencia a la reducción de la superficie cultivada en los países más desarrollados, mientras que el cultivo está en expansión en África, Iberoamérica y Asia (Segura y Caballer, 1995). A nivel continental, de acuerdo a reportes de la FAO, en Asia se produce un poco más del 50% de la producción mundial; en América el 20%; en Europa el 15% y el resto se produce en Oceanía y África (SAGARPA, 2002).

Durante los últimos diez años, China ha sido el principal productor de tomate a nivel mundial con un promedio de 15 millones de toneladas anuales, que representan el 17% del total mundial, seguido de Estados Unidos de América con 11 millones de toneladas que significan el 12% de la producción mundial (SAGARPA, 2002). En el periodo (1992–2001) México ocupó el décimo lugar con un promedio de 2.15 millones de toneladas anuales lo cual representó el 2.5% de la producción mundial. Sin embargo, ocupa el tercer lugar a nivel mundial como país exportador, después de España y Holanda, con volúmenes cercanos a las 600 mil toneladas anuales (SAGARPA, 2002).

De acuerdo con el INEGI (2003) en el año 2000 se cosecharon 50, 807 hectáreas de tomate en el ámbito nacional, de las cuales Baja California Sur cosechó 1745, alrededor del 5.2% de la superficie total cosechada en el Estado para todos los cultivos, solamente superado en superficie por maíz (*Zea mays*) con 7325 hectáreas. Para el año 2001 se cosecharon 69,204 hectáreas a nivel nacional, de las cuales Baja California Sur aportó 1,479 hectáreas, alrededor del 4.1% del total de la superficie cosechada en el Estado.

El año 2001 el Estado de Baja California Sur se ubicó en el octavo lugar de 32 a nivel nacional en producción de tomate con 56,590 toneladas y de los dos únicos estados que producen tomate *Cherry* orgánico fue el primero con 4,000 toneladas. De acuerdo a registros de la (SAGARPA, 2002), solamente el tomate tipo *cherry* es explotado a nivel

comercial bajo el sistema de producción orgánico. El cultivo de tomate ocupa un lugar preponderante en el Estado. La región agrícola del valle de Vizcaíno se caracteriza por presentar condiciones climáticas favorables para este cultivo, por lo que en los últimos cuatro años se ha venido incrementando la superficie de tomate cosechada en esta región agrícola (SAGARPA, 2004). En el año 2000 se cultivaron alrededor de 750 hectáreas, se incrementó alrededor de 2,300 para el año 2002 y a más de 4,000 hectáreas para el año 2004. El tipo de tomate Saladette en 2002 ocupó aproximadamente el 36% de la superficie cosechada y para 2004, alrededor de 52% de la superficie cosechada es de este tipo de tomate, mientras que la superficie cosechada de tomate de tipo bola para el año 2004 fue de alrededor del 39%.

1.5 Objetivo general del trabajo

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de composta en el desarrollo vegetativo y producción de fruto en el cultivo de tomate tipo Saladette, así como su efecto en las principales características físico-químicas en un suelo árido del valle de Vizcaíno, Baja California Sur, México.

1.6 Objetivos particulares

- Evaluar el efecto de dosis de composta en el desarrollo vegetativo y en la producción de fruto en el cultivo de tomate.
- 2) Evaluar el efecto de la composta sobre el estado nutricional del cultivo.
- 3) Evaluar el efecto de la composta sobre algunas características físico-químicas del suelo.

2.0 MATERIALES Y METODOS

2.1 Sitio de estudio

Se seleccionó un sitio que no hubiera sido cultivado antes y sin ninguna aplicación de agroquímicos y además que fuera representativo de las condiciones agro climáticas de la zona agrícola de La Reserva de La Biosfera del Vizcaíno.

La investigación se realizó bajo condiciones de campo en el Ejido Benito Juárez (27° 52' N, 113° 47' O), localizado a 27 km al SE de la localidad de Guerrero Negro, Baja California Sur. México. El terreno seleccionado presenta un suelo de tipo Regosol eútrico o calcárico, de acuerdo con Maya-Delgado y Troyo-Diéguez (1991). Algunas características físico-químicas obtenidas de un análisis previo al establecimiento del experimento, se describen en la Tabla I. El clima de acuerdo con Salinas-Zavala *et al.*, (1991) es de tipo seco, subtipo I, que se define como muy seco, semicálido, con temperatura media anual entre 18 y 22 °C, con régimen de lluvia intermedio, porcentaje de lluvia invernal menor de 36% del total anual y oscilación térmica extremosa.

Tabla I. Características físico-químicas iniciales del suelo.

	Unidad de medida	
Materia orgánica	%	0.31
Densidad aparente	g cm ⁻³	1.26
Densidad real	g cm ⁻³	2.37
Porosidad	%	46.9
pН	-	8.9
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	0.28
Capacidad de intercambio de cationes	meq 100 g suelo ⁻¹	9.5
NH_4-N	ppm	10.9
NO_3-N	ppm	*ND
NO_2-N	ppm	*ND
C1	ppm	102
P	ppm	18
K	ppm	105
Ca	ppm	62
Mg	ppm	30
Na	ppm	241

^{*} No detectado

2.2 Selección del material vegetativo

Se utilizó la variedad de tomate "Río Grande", tipo Saladette y de crecimiento determinado. La semilla fue producida por la compañía Seminis, con el número de lote 218801 y con fecha de prueba de 04-2003, misma que se adquirió con un proveedor de insumos agrícolas de la localidad, en el Valle de Vizcaíno.

2.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de cuadro latino con cuatro tratamientos. Se consideraron significativas las diferencias entre tratamientos a una P < 0.05. Se realizó comparación de medias por el método de la Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey a una P < 0.05 a aquellas variables que mostraron diferencias significativas entre tratamientos en el

análisis de varianza. Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (ACP) incluyendo todas las variables de planta, excepto las de rendimiento de fruto. Así mismo se efectuó el ACP a todas las variables de suelo. Se extrajeron dos juegos de siete variables, las que explicaron la mayor parte de la varianza con base en correlaciones; un juego de las variables de planta y el otro de las variables de suelo. Con estos dos juegos de variables se practicó un análisis de correlación canónica. En algunas gráficas se presentan los promedios estandarizados, donde se pretende ver las tendencias más que los promedios reales; fueron estandarizados con la formula $Z = (X - \emptyset)/\sigma$, donde: X = valor de la repetición o unidad experimental, $\emptyset = promedio$ del total de las repeticiones, $\sigma = desviación$ estándar del total de las repeticiones. Los promedios reales son presentados en las Tablas. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete Statistica $^{(0)}$ Versión 6.1.

2.4 Establecimiento del cultivo

Las semillas se germinaron en charolas de polipropileno en una mezcla con relación en volumen de 1:1 de arena de arroyo y sustrato comercial. La fecha de siembra fue el 5 de Febrero de 2004, se mantuvieron las plántulas bajo condiciones de invernadero donde una vez germinadas, se regaron diariamente y se fertilizaron cada tercer día con una solución que contenía 300-300-300 ppm de Nitrógeno (N), Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O) preparada con fertilizante triple 15 (Simplot). El transplante en campo se realizó el 19 de marzo de 2004, a una distancia de 0.60 m entre hileras y 0.40 m entre planta. Cada unidad experimental fue de 5.0 x 0.90 m. La separación entre unidades experimentales fue de 1.0 m, lo mismo que entre bloques.

Se utilizó el sistema de riego por goteo, empleando la cinta de marca Ro-Drip con emisores cada 0.20 m. La lámina de riego se calculó considerando bandas de humedad de 0.30 m de ancho. Se aplicaron 3 mm día⁻¹ de lámina de riego durante las primeras 8 semanas posteriores al transplante, y a partir de la semana 9 (inicio de formación de frutos), la dosis de aplicación se incrementó a 6 mm día⁻¹. Los riegos fueron aplicados cada tercer día y el volumen de agua fue medido por medio de un medidor magnético de 1 pulgada (Precision modelo 90) instalado en la tubería principal. El agua de riego usada fue del pozo número 11 del Ejido Benito Juárez y cuyas características se describen en la Tabla II. Después de 5 semanas del transplante, se colocaron tutores para guiar las plantas de forma erecta. Se eliminaron los brotes axilares durante todo el ciclo de cultivo y se realizaron escardas cada diez días aproximadamente, para eliminar las malezas.

Tabla II. Características del agua de riego.

		Contenido iónico (meq L ⁻¹)						
pН	CE (mS cm ⁻¹)	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO ₄	
8.3	2.9	11.0	12.6	0.42	8.2	25.4	2.3	

2.5 Control de plagas y enfermedades

La semilla fue tratada previamente con inmersión por una hora en solución de fosfato de sodio al 12% y un segundo tratamiento con inmersión por veinte minutos en solución de permanganato de potasio al 0.01% para eliminar posible patógenos presentes como virus, hongos y bacterias. Se realizaron dos aplicaciones de fungicidas (Folpan 80, I.A. Folpet) para combatir pudriciones en la base del tallo. La primera aplicación se realizó a las cuatro

semanas después del transplante y la segunda a las dos semanas después. Para combatir la presencia de gusano soldado (*Spododptora exigua*), se utilizó el insecticida de origen biológico Dipel DF, (I.A. *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki). Los dos productos se aplicaron en solución con una concentración de 1.5 g L⁻¹ por medio de aspersión.

2.6 Características de la composta utilizada

La composta utilizada fue producida en las instalaciones del CIBNOR-Unidad Guerrero Negro. Las materias primas que se emplearon fue 30% de estiércol de conejo, 45% residuos secos de cosecha de maíz (*Zea mays*), 15% de planta seca de coquia (*Kochia scoparia* L.) y suelo rico en materia orgánica obtenido de hojarasca de mezquite (*Prosopis juliflora*). El método usado en la producción fue el de pila de compostaje, propuesto por Nieto *et al.*, (2002), mediante la formación de un apilamiento de los materiales, al cual se le colocó tubos perforados de PVC de 2 pulgadas introducidos hacia el centro de la pila, con el fin de favorecer la aireación. Se hicieron aplicaciones diarias de agua. Se llevó un registro de la temperatura durante dos meses. El volteo de la pila se realizó acorde a la temperatura tomando como criterio el descenso de esta en el centro de la pila. Las características del producto final utilizado en el experimento se muestran en la Tabla III.

Tabla III. Características de la composta utilizada (%).

pН	^a CE	N- Total	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Ca	Mg	K	Na	P	Cl	SO_4	
7.7	720	0.72	0.03	ND	1.65	0.46	0.46	0.14	0.04	0.04	0.05	_

^aExpresados en µS cm⁻¹

ND = No detectado

2.7 Madurez de la composta

Se realizaron pruebas de germinación de acuerdo con metodología propuesta por Nieto, *et al.*, (2002), para evaluar la madurez de la composta con el fin de evitar fitotoxicidad, donde se utilizaron semillas de rábano (*Raphanus sativus*). Para obtener la infusión de composta se tomaron aproximadamente 150 g de composta, después de envolverla en un pedazo de tela, se sumergió en un vaso de precipitado de 400 mL con agua destilada y se dejó en el agua durante dos horas. Con la infusión que se obtuvo, se humedecieron dos piezas de papel filtro, mismos que fueron colocados en cajas Petri, donde se pusieron a germinar las semillas. Para el control se utilizó agua destilada y todos los tratamientos fueron germinados a 27 °C en incubadora durante 72 horas. El porcentaje de germinación promedio obtenido con la infusión de composta fue de 93%. Con el control se obtuvo el 100% de germinación.

2.8 Aplicación de tratamientos

Las dosis de composta se consideraron de acuerdo al porcentaje aproximado de materia orgánica que aportarían en los primeros 15 cm del suelo. Se tomó como referencia la tabla de "niveles de materia orgánica y su interpretación en suelos minerales" de Ortiz y Ortiz, (1990) Tabla IV.

Tabla IV. Niveles de materia orgánica y su interpretación en suelos minerales (Ortiz y Ortiz, 1990).

Materia orgánica (%)	<1	1 a 2	2 a 3	3 a 5	>5.0	
Interpretación	Muy pobre	Pobre	Medio	Rico	Muy rico	

Las dosis de aplicación fueron el equivalente de 0, 23, 39 y 63 t ha⁻¹ las cuales en teoría aportarían 0, 1.51, 2.53 y 4.03% de materia orgánica, respectivamente, con el fin de simular los promedios de los intervalos de materia orgánica de suelos muy pobre, pobre, medio y rico, como lo indican Ortiz y Ortiz (1990). Se consideró que el promedio de materia orgánica de la mayoría de los suelos del desierto del Vizcaíno de acuerdo con López *et al* (2003) es menor a 1%. Las dosis fueron aplicadas antes del transplante. Se pesaron las dosis y se incorporaron en cada unidad experimental de acuerdo al tratamiento previamente aleatorizado y se mezclaron manualmente aproximadamente en los primeros 15 cm. de suelo previo al transplante.

2.9 Medición de variables

2.9.1 Muestreos de suelo

Previo a cualquier actividad se realizó un muestreo inicial de suelo, en el sitio del cultivo para conocer el estado natural de las características físico químicas a evaluar en el trabajo. Se analizaron seis muestras compuestas de cuatro submuestras tomadas de los primeros 15 cm del suelo. A medio ciclo del cultivo (inicio de formación de fruto) se realizó un muestreo intermedio (MI) con el fin de determinar si había diferencias entre tratamientos en fase de desarrollo del cultivo y un muestreo final (MF) cuando se suspendieron los cortes de fruto, considerado como condiciones finales de desarrollo del cultivo. Para los

muestreos intermedios y final de suelo se tomó una muestra de cada unidad experimental, compuesta de seis submuestras, las cuales fueron obtenidas a una profundidad aproximada de 7 cm cada una donde se tomaron tres muestras de cada hilera por cada unidad experimental, (cada unidad experimental fue de dos hileras de plantas).

2.9.2 Análisis de suelo

Las muestras de suelo se colocaron a temperatura ambiente y posteriormente se tamizaron a través de una malla de acero inoxidable 2 mm. Se realizó análisis de pH por el método de extracto en agua (López et al., 2002) y se uso una relación suelo: agua 1:2.5, utilizando para ello un potenciómetro (TOA modelo HM-40S). La conductividad eléctrica también se midió mediante el método de extracto en agua (López et al., 2002), pero utilizando una relación suelo: agua 1:5 con conductivímetro (TOA, modelo CM-40S). El contenido de materia orgánica se determinó de manera indirecta mediante el método para análisis de carbono orgánico (Walkley y Black 1934). También se determinó la densidad aparente, densidad real y porosidad. El análisis de capacidad de intercambio de cationes se analizó por el método del acetato de amonio (López et al., 2002) y el contenido de fósforo por el método de (Olsen et al., 1954). El análisis de cationes solubles en agua; calcio, magnesio, potasio y sodio se analizó por el método de espectroscopia de absorción atómica (López et al., 2002), mediante un espectrofotómetro (Shimadzu modelo AA - 660). Los aniones solubles en agua; nitrato, nitrito, sulfato y cloro se analizaron por el método de cromatografía de iones (López et al., 2002) con un cromatógrafo de líquidos (Shimadzu, modelo HIC - 6A). Adicionalmente, a las muestras inicial y final se les determinó una curva de retención de humedad, a una presión inicial equivalente de 0.05 bar a una final de 15.5 de presión negativa con una centrifuga (Kokusan modelo H-1400p-F), simulando el potencial mátrico aproximado de capacidad de campo y punto de marchitez permanente del suelo.

2.9.3 Muestreos de planta

Se tomó una muestra de 10 por cada 100 plantas antes del transplante en campo. Los muestreos intermedio (MI) y final de planta (MF), se realizaron de manera simultánea con los muestreos de suelo, en el inicio de formación de fruto y al terminar los muestreos de frutos. Se cortaron de la base del tallo, dos plantas de cada hilera por cada unidad experimental, separado por lo menos dos plantas de aquellas que se estaban evaluando altura y clorofila.

2.9.4 Análisis de planta

Las muestras de planta se transportaron del campo en bolsas de papel y se guardaron en cuarto frío a 4 °C. Se determinó área foliar, los foliolos fueron separados de los pecíolos y el tallo y se deshidrataron en bolsas de papel a 65 °C. Posteriormente se calculó peso de biomasa seca y se realizaron los análisis químico que consistió en la cuantificación de nutrientes minerales; para lo cual se analizaron los foliolos por separado, el tallo y los pecíolos se analizaron juntos. Las variables de composición mineral de planta evaluadas fueron contenido de fósforo, determinado por el método azul de indofenol y utilizando un espectrofotómetro (Hitachi, modelo U-1100). El contenido de cationes; calcio, magnesio potasio y sodio fueron analizados por el método de espectroscopia de absorción atómica digeridas en mezcla ácida relación 1:4:10 H₂SO₄, HClO₄ y HNO₃ y se empleó un

espectrofotómetro (Shimadzu modelo AA – 660). Para el contenido de aniones; nitrato, nitrito, sulfato y cloro se usó el método de digestión en agua caliente y el análisis con cromatógrafo de líquidos (Shimadzu modelo HIC – 6A). Las variables morfológicas evaluadas en planta fueron área foliar, índice de área foliar, tasa de crecimiento relativo (TCR). Para la medición de altura y clorofila se consideraron tres plantas por cada hilera, aproximadamente del centro de cada unidad experimental o seis plantas de cada bloque. Las mediciones de clorofila se hicieron a partir de un mes de establecido el cultivo y a intervalos aproximados de 18 días, con un medidor portátil de clorofila (SPAD-502, Minolta camera Co, Ltd. Japan).

2.9.5 Muestreo de fruto

El muestreo de fruto se inició a los 73 días después del trasplante. Se realizó mediante cortes, cada tercer día, de la totalidad de los frutos maduros durante un mes. Se hicieron 16 cortes en total. Los máximos pesos de fruto maduro cosechado fueron en el corte 12 y 13, el peso de fruto cosechado del último corte fue similar al del corte numero 6.

2.9.6 Análisis de fruto

Se identificaron cada uno de los frutos en el campo con un marcador permanente y se llevaron al laboratorio, donde se pesaron y se les determinó el contenido de azúcar (grados Brix).

3.0 RESULTADOS

3.1 Datos obtenidos

De las mediciones de planta se encontró diferencia significativa (*P*<0.05) entre tratamientos en las siguientes mediciones: biomasa del muestreo intermedio (MI), tasa de crecimiento relativo (TCR) del MI, concentración los minerales: fósforo de la hoja del MI, fósforo de la hoja del MI, magnesio del tallo del MI.

Del análisis de componentes principales (ACP) las primeras siete variables explican el 81.41 % de varianza acumulada. Los *eigenvalues* de sus factores son mayores que 2 (Tabla V). Estas variables fueron: área foliar del MI, potasio del tallo del MF, magnesio del tallo del MI, nitrato del tallo del MI, nitrógeno total del tallo del MF, nitrito del tallo del MI, cloro del tallo del MF.

Tabla V. Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de planta.

Eigenvalores de la matriz de correlaciones y estadísticas relacionadas (Compon Princ Planta) Variables activas solamente

Número de valor	Eigenvalor	% de la varianza total	Eingenvalores acumulados	% de varianza acumulada	
1	14.614	25.197	14.614	25.197	
2	9.161	15.795	23.775	40.992	
3	7.516	12.959	31.291	53.951	
4	5.217	8.996	36.509	62.946	
5	4.780	8.241	41.289	71.187	
6	3.132	5.400	44.421	76.588	
7	2.800	4.827	47.221	81.415	
8	2.575	4.440	49.796	85.855	
9	2.232	3.848	52.028	89.703	
10	1.778	3.065	53.805	92.768	
11	1.442	2.486	55.247	95.254	
12	0.832	1.434	56.079	96.687	
13	0.725	1.249	56.803	97.937	
14	0.694	1.197	57.498	99.134	
15	0.502	0.866	58.000	100.000	

De las mediciones de suelo se presentaron diferencias significativas (P < 0.05) entre tratamientos, en las siguientes variables: materia orgánica del MF, concentración de fósforo del MF, capacidad de intercambio de cationes del MF.

Del ACP las primeras siete variables explican el 90.48% de varianza acumulada. Los eigenvalores de sus factores son mayores que 1 (Tabla VI). Estas variables fueron: concentración de minerales: sodio del MI, magnesio del MF, amonio del MF, calcio del MI, densidad real del MF, porosidad del MI, densidad real del MF.

Tabla VI. Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de suelo.

Eigenvalores de la matriz de correlaciones y estadísticas relacionadas (Compon Princ Suelo) Variables activas solamente

Número de valor	Eigenvalor	% de la varianza total	Eingenvalores acumulados	% de varianza acumulada
1	10.330	32.282	10.330	32.282
2	7.375	23.048	17.705	55.330
3	3.974	12.418	21.679	67.748
4	2.620	8.189	24.300	75.936
5	2.185	6.830	26.485	82.766
6	1.348	4.213	27.833	86.979
7	1.122	3.507	28.956	90.486
8	0.908	2.838	29.864	93.324
9	0.591	1.845	30.454	95.170
10	0.511	1.598	30.966	96.768
11	0.409	1.279	31.375	98.047
12	0.324	1.012	31.699	99.059
13	0.170	0.532	31.869	99.591
14	0.110	0.343	31.979	99.935
15	0.021	0.065	32.000	100.000

En el análisis de correlaciones canónicas, debido a que la variable número siete, que se refiere a densidad real del MF resultó repetida en el resultado del ACP con la variable del factor numero cinco, se omitió y se considero la variable del factor siguiente, la del numero número ocho, que corresponde a capacidad de intercambio de cationes del MF.

Considerando la primera raíz del análisis canónico con una correlación canónica de 0.96 a una p=0.13, se encontró que el primer par de variables canónicas esta dado por nitrógeno total del tallo del MF y capacidad de intercambio de cationes (CIC) del MF. La correlación entre este par de variables es (r=0.60). Sin embargo, el nitrógeno total del tallo no tiene ninguna correlación importante con las variables de desarrollo vegetativo, composición mineral y/o producción de fruto. La correlación más alta, de los siete pares de variables del

análisis canónico, estuvo dada entre el par área foliar del MI y amonio (NH₄-N) del MF (r=0.68) (Tabla VII).

Tabla VII. Eigenvalores, prueba de Chi² y correlaciones del análisis canónico.

Eigenvalores (Corr Can Plant vs. Suelo)

Raíz	Varianza Raíz 1	Raíz 2	Raíz 3	Raíz 4	Raíz 5	Raíz 6	Raíz 7
Valor	0.936	0.869	0.788	0.695	0.403	0.009	0.001

Prueba de Chi-cuadrada con sucesivas raíces removidas (Corr Can Plant vs. Suelo)

Raíz removida	R canónica	R canónica cuadrada	Chi- cuadrada	gl	p	Lambda prima
0	0.967	0.936	60.29	49	0.130	0.000
1	0.932	0.869	39.72	36	0.308	0.005
2	0.888	0.788	24.48	25	0.492	0.038
3	0.834	0.695	12.85	16	0.683	0.180
4	0.635	0.403	3.93	9	0.916	0.592
5	0.093	0.009	0.07	4	0.999	0.991
6	0.027	0.001	0.01	1	0.942	0.999

Correlaciones, juego izquierdo con juego derecho (Corr Can Plant vs. Suelo)

Variable	Na MI	Mg MF	NH ₄ MF	Ca MI	DR MF	Poros MI	CIC MF
AF MI	-0.495	0.261	0.679	0.024	0.177	0.117	-0.251
K Tallo MF	-0.099	0.417	0.008	0.360	0.029	-0.072	-0.234
Mg Tallo MI	-0.001	0.032	-0.225	0.008	0.268	-0.172	-0.235
NO ₃ Tallo MI	0.050	-0.287	-0.362	-0.020	0.099	-0.055	0.005
N Total Tallo MF	0.265	-0.322	-0.448	0.427	0.104	0.259	0.600
NO2 Tallo MI	-0.491	-0.407	0.101	0.295	0.288	-0.054	-0.269
Cl Tallo MF	-0.084	0.121	0.532	-0.543	0.130	0.118	0.060

AF = área foliar, MI = Muestreo Inicial, MF = Muestreo Final.

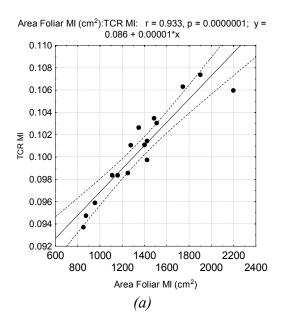
3.2 Efecto de tratamientos en el desarrollo vegetativo

La aportación de composta incrementó significativamente la producción de biomasa y la TCR, reflejado en el MI; sin embargo, para el MF las diferencias entre tratamientos no fueron significativas (Tabla VIII). Se observó que con el incremento de las dosis de composta la producción de biomasa y la TCR no se presentaron diferencias significativas entre éstas, en ninguno de los dos muestreos, solo fueron diferentes al control. Para la TCR, los tratamientos de 39.0 t ha⁻¹ y 63.0 t ha⁻¹, fueron significativamente diferentes (DSH Tukey P<0.05) al control (0 t ha⁻¹), entre el tratamiento más bajo, de 23.0 t ha⁻¹ y el control no hubo diferencia significativa, tampoco hubo diferencia significativa entre los tres tratamientos. La producción de biomasa del MI fue superior en el tratamiento de 39.0 t ha⁻¹, es estadísticamente diferente con respecto al control pero entre dosis de composta no se presentaron diferencias significativas. La correlación positiva más alta mostrada por la TCR en el MI fue con área foliar del MI (r = 0.93) (Figura 1) y de manera negativa con el contenido de fósforo (P) de la hoja del MI (r=- 0.69) (Figura 2). La producción de biomasa en el MI también mostró una correlación significativa con el área foliar del MI (r=0.94)(Figura 2). La variable de suelo más fuertemente correlacionada con el área foliar del MI fue el contenido de amonio (NH₄-N) del MF (r = 0.68) (Figura 3).

Tabla VIII. Área foliar (cm² planta⁻¹), TCR (g· g planta⁻¹ día⁻¹) y producción de biomasa seca por planta (g planta⁻¹). Muestreo intermedio (MI) y final (MF).

	Área I	Foliar	TC	R	Bior	nasa
Dosis (t ha ⁻¹)	MI	MF	MI	MF	MI	MF
0	1108.1 a	1086.3 a	0.0970 b	0.0528 a	18.4 b	24.1 a
23.0	1466.7 a	1047.3 a	0.1015 ab	0.0558 a	23.5 ab	32.2 a
39.0	1438.2 a	1324.9 a	0.1023 a	0.0546 a	24.5 a	29.1 a
63.0	1480.5 a	1519.2 a	0.1021 a	0.0562 a	24.4 ab	34.2 a

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.



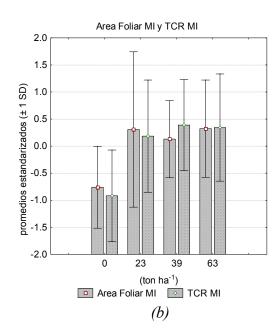


Figura 1. Relación entre área foliar y TCR en el MI (*a*) y efectos de dosis de composta en área foliar MI y TCR MI (*b*)

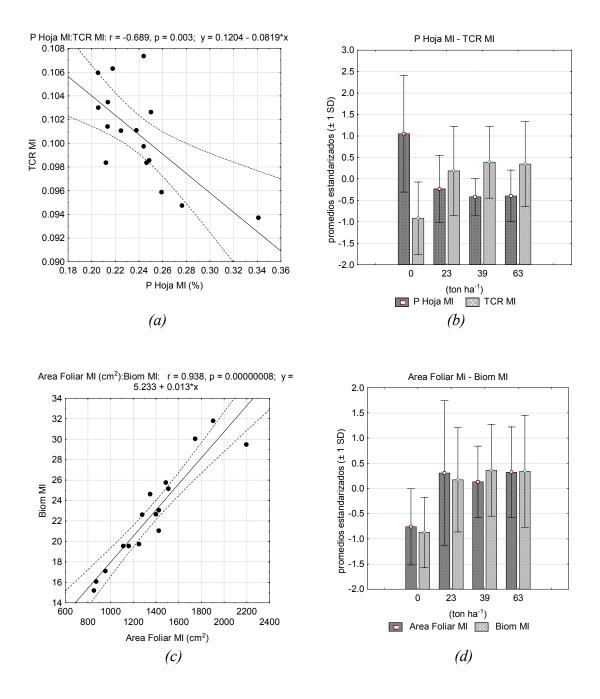


Figura 2. Relación entre contenido de *P* de la hoja MI y TCR MI (*a*), efectos de dosis de composta en *P* de la hoja MI y TCR MI (*b*), relación entre Área Foliar MI y Biomasa seca del MI (*c*) y efectos de dosis de composta en Área Foliar MI y Biomasa seca (*d*).

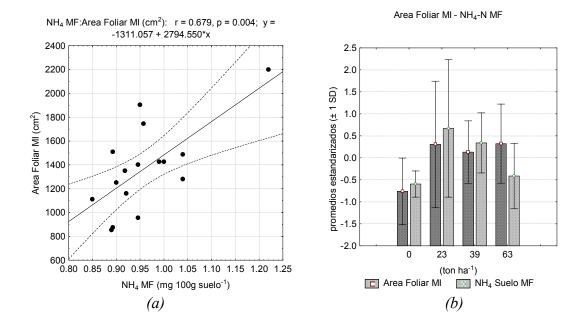


Figura 3. Relación entre NH4 de suelo MF y Área Foliar MI (*a*) y efectos de dosis de composta en NH4 de suelo MF y Área Foliar MI (*b*)

3.3 Efecto de tratamientos en la producción de fruto

La producción de fruto evaluada como el total de gramos de fruto producidos por planta, así como número de frutos producidos por planta fue superior en el tratamiento de 23 t ha⁻¹ y en el de 63 t ha⁻¹ (Tabla IX), sin embargo, las diferencias no fueron significativas estadísticamente.

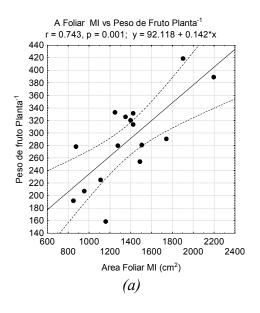
El área foliar del MI es la variable que mostró más alta correlación, incluyendo variables de suelo, con el total de gramos de fruto producidos por planta (r = 0.74) (Figura 4a). La producción de biomasa en el MF (Figura 4c) y la Tasa de Crecimiento Relativo también estuvieron correlacionadas con el total de gramos de fruto producidos por planta (r = 0.70) ambas variables. El número de frutos estuvo asociado de manera positiva también al área foliar, [solo que ligeramente más alta la correlación con el área foliar del MF que con el AF

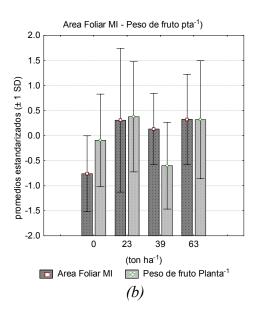
del MI (r= 0.69)] y de manera negativa con el pH del suelo del MF (r= -0.50, p = 0.047) (Figura 5a). El peso de fruto estuvo asociado al contenido de Mg del tallo del MF (r= 0.74) (Figura 5) y de manera negativa con el contenido de Cl de la hoja del MF (r= -0.69) (Figura 6).

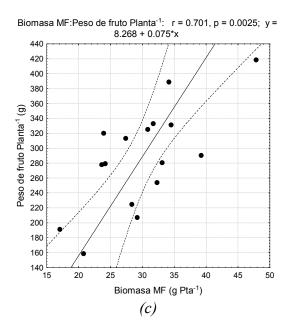
Tabla IX. Componentes de rendimiento de fruto.

Dosis (t ha ⁻¹)	frutos cort ^b pta ⁻¹	frutos rem ^c pta ⁻¹	g fruto ⁻¹	ton pot ^d fruto ha ⁻¹
0	6.6a	5.9a	41.6a	21.7a
23.0	7.2a	6.8a	42.2a	24.5a
39.0	6.2a	6.3a	37.5a	19.6a
63.0	7.5a	6.1a	40.5a	23.0a

^b frutos maduros cortados, ^c frutos verdes remanentes en planta, ^d toneladas potencial Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.







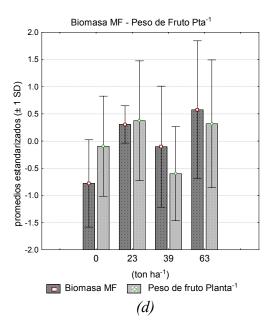
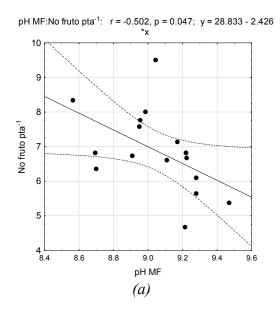
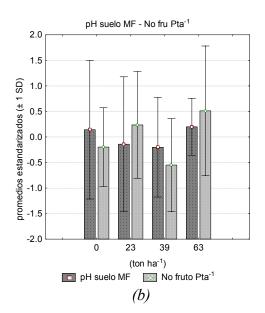
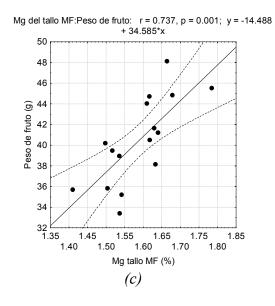


Figura 4. Relación entre área foliar en el MI y peso de fruto planta-1 (*a*), efectos de dosis de composta en área foliar MI y peso de fruto planta-1 (*b*), relación entre biomasa seca del MF y peso de fruto planta-1 (*c*) y efectos de dosis de composta en biomasa seca del MF y peso de fruto planta-1 (*d*).







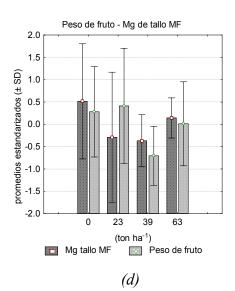


Figura 5. Relación entre el pH de suelo MF y el número de fruto planta⁻¹ (*a*), efectos de dosis de composta en el pH de suelo MF y el número de fruto planta⁻¹ (*b*), relación entre el contenido de Mg del tallo MF y peso de fruto (*c*) y efectos de dosis de composta en el contenido de Mg del tallo MF y peso de fruto (*d*).

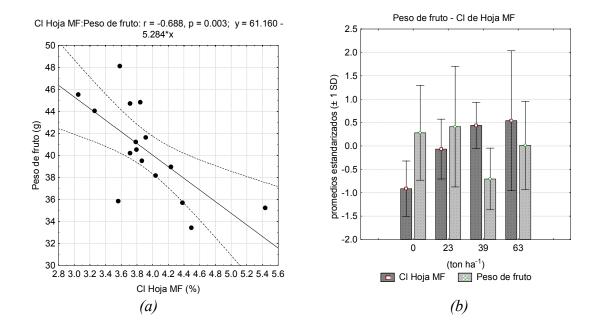


Figura 6. Relación entre contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (a) y efectos de dosis de composta en el contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (b).

3.4 Efecto de tratamientos en el estado nutricional del cultivo

3.4.1 Efecto en macronutrientes en planta

El contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) mostraron diferencias significativas, entre tratamientos en el contenido de P de tallo y hoja (Tabla X) y en el de Mg en tallo en el MI (Fig. 10). Se observó un patrón de respuesta similar para los dos macronutrientes; superior en el control. El contenido de P de hoja y tallo del control fue estadísticamente diferente (DSH Tukey $P \le 0.05$) a todos los tratamientos de composta. El contenido de Mg del tallo del MI mostró la misma tendencia que el del P; superior en el control (Tabla XI), fue estadísticamente diferente a los tres tratamientos, pero no hubo diferencia significativa entre las tres dosis de composta, aunque fue ligeramente más alto en la dosis más baja (23.0 t ha-1) no fue significativo (Figura 7). La correlación más alta pero negativa del contenido

de Mg del tallo MI fue con la capacidad de intercambio de cationes (CIC) del MI del suelo (r = -0.82) (Figura 9).

El contenido de Mg del tallo del MI no estuvo correlacionado de manera significativa con el área foliar del MI. La correlación más importante del contenido de Mg del tallo del MI con las variables de composición mineral de planta fue con el contenido de Ca del tallo del MI (r = 0.75) (Figura 12). El contenido de Ca del tallo del MI no tuvo correlación significativa con ninguna variable de desarrollo vegetativo ni de producción de fruto.

El nitrógeno total del tallo del MF estuvo correlacionado con la capacidad de retención de humedad (r=0.69) y con la CIC MF del suelo (r=0.60) (Figura 10). El contenido de nitrógeno total de la hoja y del tallo del MI se correlacionaron significativamente con las variables de suelo asociadas al desarrollo vegetativo y producción de fruto que fueron el contenido de nitrógeno total del tallo del MI con el pH del MF (r=0.56), sin embargo, el contenido de N total del tallo del MI no mostró diferencias significativas entre tratamientos. El contenido de P de la hoja y el del tallo del MI se correlacionaron negativamente con la materia orgánica del MI, (r=-0.61) y (r=-0.69) (Figura 7 y 8). El P de la hoja del MF mostró una correlación con la CIC del MI (r=-0.60) (Figura 11) y con la materia orgánica del MI (r=-0.58) (Figura 11). El contenido de P del tallo del MF no se correlacionó significativamente con ninguna variable de suelo. El contenido de K de hoja y tallo tampoco se correlacionó significativamente con las variables del suelo, aunque si se correlacionó con el numero de frutos por planta (r=0.60).

Los contenidos de Ca de hoja y de tallo, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, mostraron correlaciones significativas con variables de composición mineral de la planta como el contenido de Mg, Cl, Na, P, contenido de

clorofila y SO₄. Otras correlaciones significativas fueron con altura de planta y número de frutos remanentes por planta. Las variables de suelo asociadas al contenido de Ca de la planta fueron capacidad de intercambio de cationes, densidad aparente, capacidad de retención de humedad. La correlación más fuerte se presentó entre el contenido de Ca de la hoja del MF con la capacidad de intercambio de cationes del MI (r = -0.80) (Figura 12) y con las variables de composición mineral de la planta estuvo dada entre contenido de Ca del tallo del MI y contenido de Mg del MI (r = 0.75) (Figura 12). (El contenido de Mg del tallo del MF estuvo asociado al peso del fruto, descrito en el apartado 3.2 referente a la producción de fruto). Los valores del coeficiente de correlación para las demás correlaciones mencionadas con los contenidos de Ca, el más bajo fue de -0.53 y el más alto de -0.76.

En el contenido de Mg solo se presentaron diferencias significativas (DSH Tukey P ≤ 0.05) en el tallo del MI; al final del apartado 3.3 referente al estado nutricional del cultivo, se puntualizó acerca de la respuesta de esta variable. Los contenidos de Mg de tallo y de hoja, en los dos muestreos, estuvieron asociados a múltiples variables. El contenido de Mg del tallo del MI fue la variable número tres, en orden de importancia en el ACP; esta variable estuvo asociada por lo menos a otras diez variables con un promedio del coeficiente de correlación de 0.62. Las variables de composición mineral de planta asociadas a las cuatro mediciones de contenido de Mg fueron: contenido de K del tallo, Ca del tallo, Ca de la hoja, Na de la hoja, Cl de la hoja, P del tallo, P de la hoja, clorofila de la hoja y SO₄ de la hoja. La asociación con variables de desarrollo vegetativo y/o producción de fruto estuvo dada con la producción de biomasa, tasa de crecimiento relativo, área foliar, altura de

planta, número de hojas, peso de fruto y peso total de fruto producido por planta. Las variables de suelo asociadas a los contenidos de Mg fueron: capacidad de intercambio de cationes, contenido de materia orgánica, densidad aparente, contenido de P y capacidad de retención de humedad. El promedio del coeficiente de correlación fue de 0.59 y su desviación estándar de 0.07.

La asociación más fuerte de estas variables estuvo dada entre el contenido de Mg del tallo del MI con la capacidad de intercambio de cationes del MI (r = -0.82) (Figura 9), contenido de Mg del tallo del MI con contenido de Ca del tallo del MI (r = 0.75) (Figura 12) y la tercera correlación más fuerte fue contenido de Mg del tallo del MF con el peso de fruto (r = 0.74) (Figura 5).

Tabla X. Contenido de P en planta (%). Muestreo Intermedio y Final.

	Но	oja	Tall	0	
Dosis (t ha ⁻¹)	MI	MF	MI	MF	
0	0.276 a	0.367 a	0.290 a	0.190 a	
23.0	0.232 ab	0.244 b	0.263 a	0.155 b	
39.0	0.226 b	0.224 b	0.259 a	0.152 b	
63.0	0.227 b	0.246 b	0.253 a	0.175 ab	

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.

Tabla XI. Contenido de Mg en tallo de planta (%). Muestreo Intermedio y Final

Dosis (t ha ⁻¹)	MI	MF
0	1.464 a	1.635 a
23.0	1.346 b	1.563 a
39.0	1.277 b	1.559 a
63.0	1.289 b	1.602 a

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.

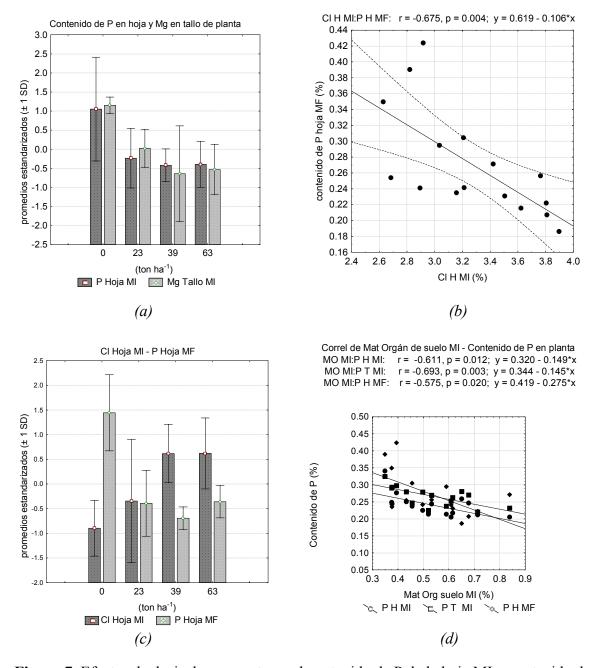
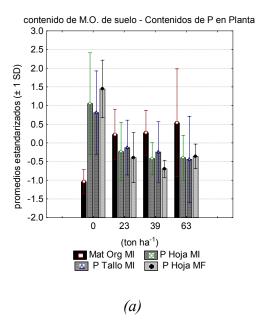
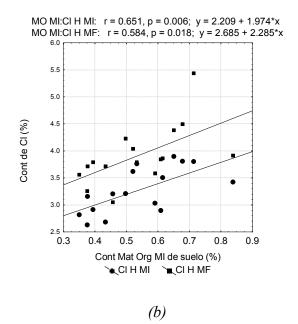
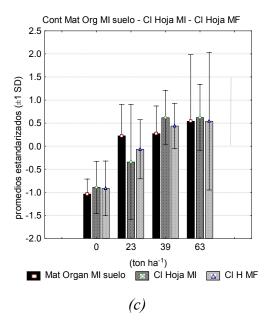


Figura 7. Efectos de dosis de composta en el contenido de P de la hoja MI y contenido de Mg del tallo MI (*a*), relación entre contenido de Cl de la hoja MI y contenido de P de la hoja MF (*b*), efectos de dosis de composta en el Cl de la hoja MI y P de la hoja MF (*c*) y relación del contenido de materia orgánica de suelo MI con los contenidos de P de planta (*d*).







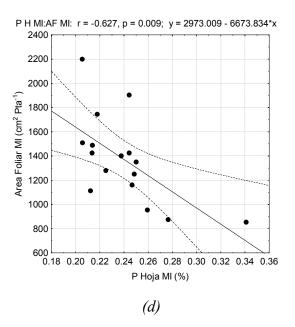


Figura 8. Efecto de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de planta (a), relación entre contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de Cl de hoja (b), efecto de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de Cl de hoja (c) y relación entre el contenido de P de hoja MI y Área Foliar MI (d).

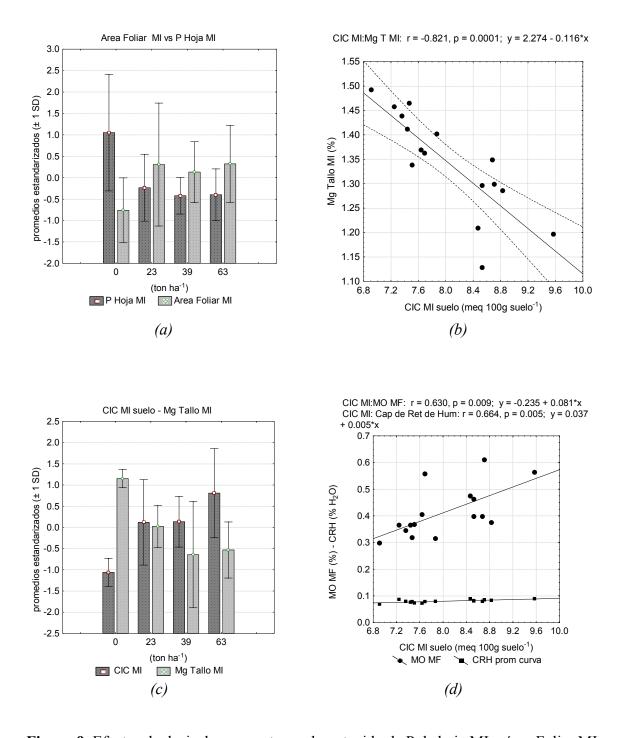
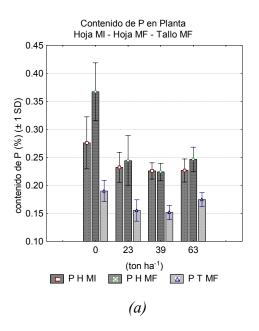
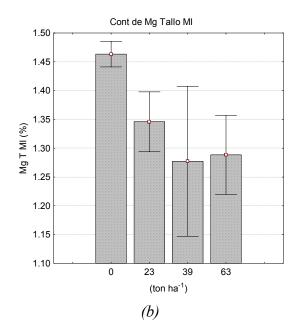
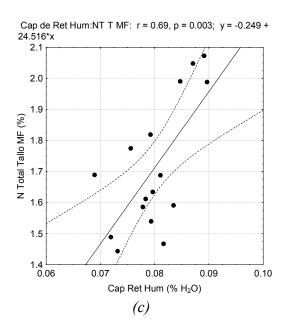


Figura 9. Efectos de dosis de composta en el contenido de P de hoja MI y área Foliar MI (a), relación entre la CIC de suelo MI y contenido de Mg de tallo MI (b), efectos de dosis de composta en la CIC MI y en el contenido de Mg de tallo MI (c) y relación de la CIC MI con el contenido de materia orgánica del suelo MF y la capacidad de retención de humedad de suelo (d).







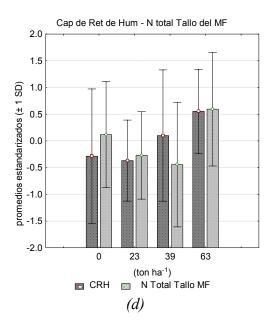


Figura 10. Efecto de dosis de composta los contenidos de P en planta (a), efectos de dosis de composta en el contenido de Mg de tallo MI (b), relación entre la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (c) y efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (d).

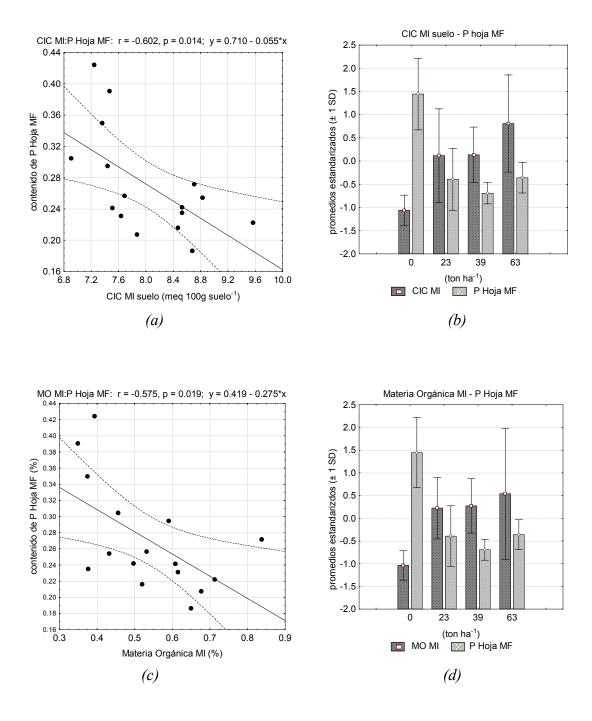
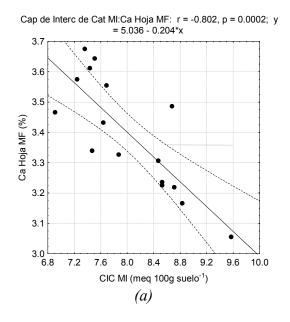
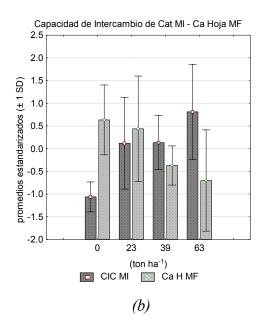
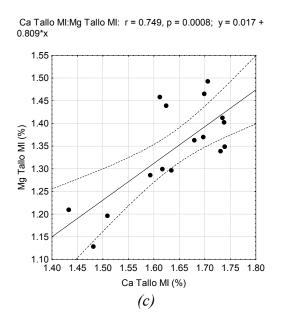


Figura 11. Relación entre la CIC de suelo MI y contenido de P de hoja MF (a), efectos de dosis de composta en la CIC de suelo MI y contenido de P de hoja MF (b), relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de hoja MF (c) y efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de hoja MF (d).







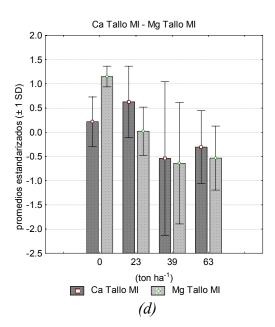


Figura 12. Relación entre la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (*a*), efecto de dosis de composta en la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (*b*), relación entre el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (*c*) y efecto de dosis de composta en el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (*d*).

3.4.2 Efecto en iones tóxicos en planta

El contenido de Cl de la hoja en el MI fue superior en la dosis más alta (63.0 t ha^{-1}) , aunque no mostró diferencia significativa con el tratamiento de 39 t ha⁻¹, si fue diferente al tratamiento más bajo de 23 t ha⁻¹ y al control, los cuales fueron iguales entre si (Tabla XII). El contenido de Cl de la hoja del MI estuvo correlacionado de manera negativa con el contenido de P de la hoja del MF (r = -0.68) (Figura 7), lo que quizás, explica porque el contenido de P es superior en el control para hoja y tallo. [El contenido de materia orgánica del MI del suelo estuvo correlacionado de manera negativa con casi todas las mediciones de P de planta, (r = -0.61, -0.69 y -0.58) (Figuras 7 y 8), mientras que con el contenido de Cl en la hoja mantuvo una correlación positiva (r = 0.65 y 0.58) (Figura 8).

El contenido de P de la hoja MI estuvo correlacionado de manera negativa con el área foliar del MI (r = -0.63) (Figura 8 y 9). El contenido de Cl de la hoja MI no muestra correlación con el área foliar MI].

En el contenido de Na no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en ninguna de las mediciones, aunque los contenidos reportados estuvieron dentro de los intervalos no considerados como tóxicos, se encontró que este se relacionó de manera negativa con variables de composición mineral como son contenido de Ca, Mg, y de manera positiva con contenidos de P, clorofila y SO₄. Con variables morfológicas estuvo asociado de manera negativa a altura de planta, TCR, producción de biomasa y número de frutos remanentes; de manera positiva no se observó ninguna asociación. Las variables de suelo que estuvieron asociadas con los contenidos de Na de planta fueron el pH de manera positiva y densidad aparente de manera negativa.

Tabla XII. Contenido de Cl en hoja de planta (%). Muestreo intermedio (MI) y Final (MF)

Dosis (t ha ⁻¹)	MI	MF	
0	2.893 b	3.416 a	
23.0	3.127 b	3.881 a	
39.0	3.536 a	4.158 a	
63.0	3.537 a	4.215 a	

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.

3.5 Efecto de tratamientos en las características físico-químicas de suelo

Las características físico-químicas de suelo, contenido de materia orgánica del MF (Tabla XIII), contenido de P del MF y la capacidad de intercambio de cationes (Tabla XIV) mostraron diferencia significativa entre tratamientos. La capacidad de intercambio de cationes estuvo asociada con la capacidad de retención de humedad (r = 0.66) (Figura 13) y con el contenido de materia orgánica, más fuerte con la medición de MO del MF, (r = 0.63) (Figura 13). La capacidad de retención de humedad fue superior en el tratamiento más alto, equivalente a 63.0 t ha⁻¹, pero esta diferencia no fue significativa. En la porosidad y la densidad aparente de suelo, aunque la diferencia entre tratamientos no fue significativa, la porosidad se incrementó en la dosis más alta de composta (63.0 t ha⁻¹) y la densidad aparente disminuyó en esta dosis (Figura 15).

El contenido de P del MF también se relacionó con la materia orgánica, donde la correlación más alta fue con los datos obtenidos en el MF (r = 0.90) (Figura 14) y con la CIC del MI (r = 0.56) (Figura 14). En el contenido de amonio (NH₄-N) del suelo del MF, aunque no hubo diferencia significativa entre tratamientos, esta variable del suelo se relacionó con el área foliar del MI (Figura 3); siendo ésta última la variable de planta más importante para el desarrollo vegetativo y producción de fruto.

El contenido de NH₄-N del MF del suelo se correlacionó de manera negativa con el contenido de Cl de suelo del MI (r = -0.59), así como con la conductividad eléctrica (r = -0.56), la CIC MF (r = -0.55) y con el pH (r = -0.55) del MF. Aunque el sodio del MI no estuvo correlacionado con el NH₄-N del MF, si estuvo correlacionado con el Cl MI (r = 0.80), ésta es la mas alta correlación del Cl del MI con variables de suelo. La correlación más alta de la conductividad eléctrica está dada de manera positiva con el sodio y el Cl del MI, (r = 0.94) y (r = 0.93), respectivamente.

El sodio del suelo no mostró ninguna correlación significativa con los macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) de la hoja y/o el tallo de la planta aunque mostró varias correlaciones significativas con variables de suelo, como el contenido de Cl, sulfato, densidad aparente, porosidad, conductividad eléctrica y K, siendo esta la variable que explica la mayor parte de la varianza en el ACP.

El Cl del suelo tampoco estuvo correlacionado directamente con los macronutrientes de la hoja o el tallo de la planta, a excepción de la correlación positiva con el nitrito de la hoja (r=0.63), el cual es la variable de composición mineral de la planta con más alta correlación, negativa con el área foliar del MI. La correlación más alta del contenido de Cl del suelo con variables de planta estuvo dada con el contenido de sulfato de la hoja del MI (r=-0.71).

Tabla XIII. Contenido de materia orgánica de suelo (%). Muestreo intermedio y final

Dosis (t ha ⁻¹)	MI	MF	
0	0.394 a	0.332 b	
23.0	0.571 a	0.376 b	
39.0	0.577 a	0.398 b	
63.0	0.615 a	0.548 a	

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.

Tabla XIV. Contenido de P (mg 100g⁻¹) y capacidad de intercambio de cationes (meq 100g suelo⁻¹) de suelo.

Dosis (t ha ⁻¹)	P MI	P MF	CIC MI	CIC MF	
0	3.261 a	2.291 c	7.247 b	7.985 ab	
23.0	4.570 a	3.216 bc	8.115 a	7.783 b	
39.0	6.440 a	4.591 b	8.128 a	7.683 b	
63.0	9.311 a	6.294 a	8.625 a	9.056 a	

Las medias de una columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DSH Tukey P < 0.05). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones.

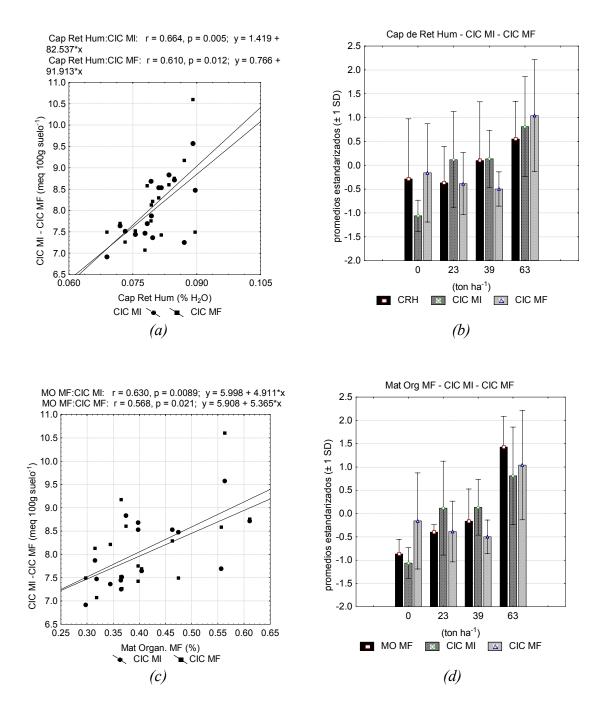
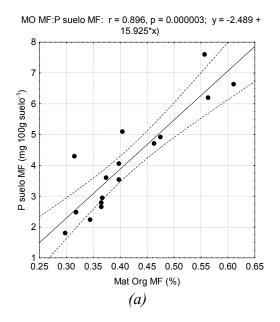
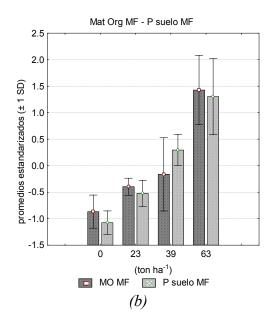
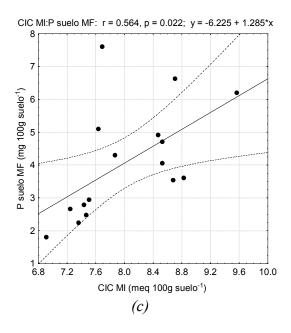


Figura 13. Relación de la capacidad de retención de humedad de suelo y la CIC (*a*), efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y en la CIC (*b*), relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MF con la CIC (*c*) y efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MF y en la CIC (*d*).







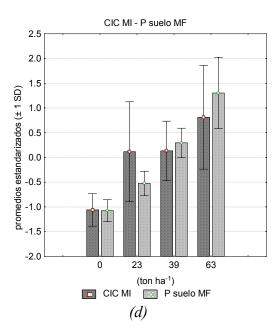


Figura 14. Relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MF con el contenido de P de suelo MF (*a*), efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MF y en el contenido de P de suelo MF (*b*), relación entre la CIC de suelo MI y el contenido de P de suelo MF (*c*) y efectos de dosis de composta en la CIC de suelo MI y el contenido de P de suelo MF (*d*).

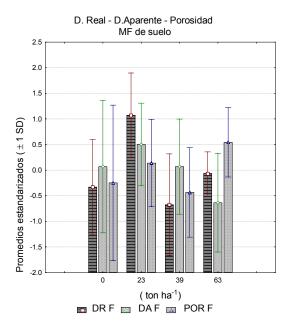


Figura 15. Efecto de dosis de composta en la densidad real, densidad aparente y porosidad de suelo del muestreo final.

4.0 DISCUSION

4.1 Desarrollo vegetativo

En el presente estudio se encontró que el desarrollo vegetativo fue favorecido por los tratamientos de composta, evaluado como tasa de crecimiento relativo y producción de biomasa, aunque esto fue reflejado a medio ciclo del cultivo o inicio de formación de fruto, la producción de biomasa fue superior cuando se aplicó una dosis intermedia equivalente a 39 t ha⁻¹ de composta. Nieto *et al.*, (2002b) encontraron que una dosis de 25 t ha⁻¹ de composta fue más adecuada que las dosis de 50 y 100 t ha⁻¹ para la fructificación de chile (*Capsicum annum* L) desarrollado en zonas áridas o semiáridas. Sin embargo, encontraron que las variables de desarrollo vegetativo como área foliar y altura de planta fueron más favorecidos que la producción de fruto en un suelo de tipo yermosol háplico con una dosis

de 50 t ha⁻¹, la cual coincide como aquella dosis que estuvo asociada a una mayor retención de humedad del suelo. Wong *et al.*, (1999) reportaron que la producción de biomasa en cultivos de maiz (*Zea mays* L.) y col de Pekín (*Brassica chinensis*) se incrementó conforme se aplicaron 0, 10, 25, 50 y 75 t ha⁻¹ de composta en un suelo arcilloso, así mismo concluyeron que dosis de 25 a 50 t ha⁻¹ de composta podría ser un fertilizante orgánico confiable para obtener buenos rendimientos cuando se cultiva bajo condiciones orgánicas.

4.2 Producción de fruto

El rendimiento medido como gramos de fruto por planta, aunque no mostró diferencias significativas entre tratamientos, la mayor producción de gramos de fruto producido fue ligeramente superior en la dosis menor de composta equivalente a 23 t ha⁻¹. El área foliar de la planta fue la variable que estuvo mayormente correlacionada con el número de frutos producidos por planta y al peso total de frutos producidos por planta. Después del área foliar, la producción de biomasa por planta fue la segunda variable asociada a la producción de fruto. Papadopoulos y Pararajasingham (1997) encontraron que la producción de biomasa por planta era el principal factor responsable en el incremento de la producción de frutos en espacios reducidos, también incrementó la disponibilidad del total de asimilados para el fruto, cuando investigaron el efecto de la luz y el espaciado entre plantas en condiciones de invernadero. En el presente estudio la producción de biomasa estuvo fuertemente correlacionada con el área foliar (Figura 2c).

Denison *et al.*, (2003) reportaron que el promedio de rendimiento de tomate para proceso fue más alto en un sistema de cultivo orgánico, con aplicaciones de composta, comparado

con uno convencional, en el cual se hicieron rotaciones con cultivo de maíz en un periodo de dos años, en un suelo limoso arcilloso. La aplicación de composta fue de acuerdo al contenido de N y P considerando una aportación de 214 y 173 kg ha⁻¹, respectivamente . Según Denison *et al.*, (2003), la tendencia positiva en el rendimiento de tomate orgánico sugiere que éste sistema podría ser sustentable; sin embargo, las tendencias a largo plazo podrían depender de los cambios de las propiedades del suelo las cuales se modificaron poco durante los primeros nueve años de la investigación.

4.3 Estado nutricional de la planta

En la asimilación de nutrientes hubo una interferencia, provocada aparentemente por el contenido de cloro del agua de riego. El análisis del agua de riego usada en el experimento reportó un alto contenido de Cl y Mg y considerando los criterios de calidad del agua de riego especificados por la FAO (1978), el intervalo usual del contenido de Cl debe ser de 0–30 meq L⁻¹ para que no cause desordenes nutricionales en los cultivos. El agua que se usó en el experimento contiene 25.4 meq L⁻¹. Para el Mg, el intervalo usual es de 0–5 meq L⁻¹ y el contenido del agua usada en el presente trabajo fue de 12.6 meq L⁻¹, lo cual sugiere que tanto el Cl como el Mg pudieron inhibir la absorción adecuada de otros nutrientes. De acuerdo con la Oregon State Univesity (2002), el intervalo apropiado del contenido de Mg del follaje de una planta de tomate en producción es de 0.4–1.0 %, mientras que el contenido de Mg en el follaje de la planta del presente estudio estuvo por arriba de dicho intervalo; y se incrementó con el transcurso del experimento encontrándose en el muestreo final un contenido de 2.0%.

El contenido de P y Mg en la planta disminuyó cuando el contenido de materia orgánica se incrementó, de manera inversa sucedió con el Cl, los tres nutrientes se incrementaron de manera gradual conforme las dosis de composta fueron modificadas, el contenido de P y Mg fueron significativamente mayores en el control mientras que el Cl fue en el tratamiento de 63 t ha⁻¹. Kaya et al (2001) encontraron una disminución del contenido de P y K en hojas de espinaca en presencia de NaCl en la solución nutritiva, pero un incremento en la raíz. Adams (1991) reportó que el contenido de K en las hojas de tomate disminuyó pero se incrementó la concentración de NaCl en la solución nutritiva o en el suelo. También Adams (1988; 1991) encontró que la concentración de P de las hojas de tomate disminuyó cuando se incrementó la concentración de NaCl a la solución nutritiva. Una tendencia similar fue observada en este trabajo, siendo más acentuada en la hoja que en el tallo de la planta para el contenido de K. Aunque en el K la diferencia no fue significativa, la tendencia fue disminuir el contenido de K en la dosis mayor de composta; mientras que el contenido de Cl fue significativamente mayor (DSH Tukey $P \le 0.05$), lo cual fue reflejado en el análisis foliar efectuado a mitad del desarrollo del cultivo (Tabla XII). También en el contenido de P de la planta se observó esta respuesta, lo mismo en el análisis de hoja que de tallo. El contenido de P fue mayor en las plantas del control (0 t ha⁻¹) donde el contenido de Cl fue menor. Se presentaron diferencias en el contenido de P entre el control y los tratamientos, aunque las diferencias no fueron significativas, el incremento de composta provocó una disminución en el contenido de P en la planta (Tabla X).

4.4 Efecto de tratamientos en las características de suelo

Las sustancias húmicas que componen la composta tienen una alta capacidad de intercambio, esto aumenta la potencialidad para la absorción e intercambio iónico del suelo. En consecuencia, el poder de retención de macro elementos como Ca, Mg, Na, K, NH₄-N y otros aumenta (Labrador, 1996). Dentro de las variables de suelo evaluadas en este trabajo, solamente la capacidad de intercambio de cationes mostró diferencias significativas en los dos muestreos realizados (Tabla XIV) y se encontró que en la dosis más alta de composta, la CIC fue mayor. Ouédraogo *et al.*, (2001) encontraron que no obstante de que el contenido de materia orgánica del suelo no cambió, la CIC se incrementó de 4 a 6 cmol kg⁻¹ en un suelo lixisol férrico cuando aplicaron una dosis de 10 t ha⁻¹ de composta; y el rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) se triplicó comparado con aquel donde no se aplicó composta.

La capacidad del suelo para retener agua es otra de las propiedades físicas del suelo que mejoran con la aplicación de composta, como lo han reportado diversos autores como (Flaig *et al.*, 1977, Abdel Magid *et al.*, 1993, Bernal *et al.*, 1998), característica que pudo ser observada en este trabajo; aunque la diferencia entre tratamientos no fue significativa, si hubo una tendencia a incrementar la capacidad para retener agua en las dosis mayores de composta (Figura 10d). La densidad aparente y la porosidad también se modificaron, aunque las diferencias no fueron significativas, se observó una reducción en la densidad aparente y un incremento en la porosidad; siendo la dosis de 63.0 t ha⁻¹ donde la tendencia fue más evidente (Figura 15). Esto coincide con lo reportado por Wong *et al.*, (1999) quienes encontraron incrementos significativos en la porosidad y la conductividad

hidráulica de un suelo arcilloso y una disminución de la densidad aparente cuando aplicaron 0, 10, 25, 50 y 75 t ha⁻¹ de composta, también observaron incrementos en la materia orgánica, así como en macro y micro nutrientes, sugiriendo que dosis entre 25 a 50 t ha⁻¹ son las más adecuadas de acuerdo con los rendimientos de maiz (*Zea mays* L.) y col de Pekín (*Brassica chinensis*) que obtuvieron.

Se encontró una relación significativa entre la CIC y el contenido de Mg de planta que mostró diferencias significativas entre tratamientos, siendo en el control y en las dosis más bajas de composta donde los contenidos de Mg fueron superiores. Comparando los contenidos de Mg en las hojas de la planta con los sugeridos por la Oregon State University (2002) todos están por arriba del intervalo considerado como optimo. Bajo el mismo enfoque para el contenido de P, aunque no es contundente la asociación entre la capacidad de intercambio de cationes y todos los contenidos de P que mostraron diferencia significativa entre tratamientos, el contenido de P de la hoja en el MF si estuvo asociado a la capacidad de intercambio de cationes del MI de suelo; solo que a diferencia del contenido de Mg, el contenido P de la hoja de planta estaría deficiente en todos los tratamientos de acuerdo con lo sugerido por la Oregon State University (2002).

Las variables de suelo mas importantes fueron principalmente materia orgánica, capacidad de intercambio de cationes, contenido de Cl, contenido de Na, contenido de Mg, los cuales influyeron en el pH y la conductividad eléctrica. La asociación del NH₄-N del MF de suelo con el área foliar del MI, es la correlación más importante del área foliar con las variables de suelo, sin embargo, la asimilación de nitrógeno por la planta es principalmente en forma de NO₃, por lo que otro proceso, que no estaría dentro del alcance de este trabajo, pudo haberse llevado a cabo.

5.0 CONCLUSIONES

- 1. La composta favoreció el desarrollo vegetativo de la planta lo cual pudo verse reflejado al inicio de la formación del fruto, como tasa de crecimiento relativo y producción de biomasa; al final del ciclo de cultivo o etapa de producción de fruto no hubo diferencia entre tratamientos.
- 2. La producción de fruto no mostró diferencias significativas con la aplicación de las dosis de composta, aunque la producción fue ligeramente mayor en la dosis mas baja (23 t ha⁻¹) y menor en el control, lo cual indicó que a dosis mayores la producción de fruto no aumentaría significativamente, no es evidencia suficiente para concluir que 23 t ha⁻¹ de composta podría ser una dosis recomendable para cultivo de tomate; mas aun por que tuvimos evidencias de un desajuste nutricional en el cultivo.
- 3. El estado nutricional de las plantas nos indicó un riesgo importante de desajuste nutricional inducido aparentemente por cloruro y magnesio, los cuales estuvieron presentes en cantidades importantes en el agua de riego y donde su asimilación estuvo asociada a los tratamientos de composta, por lo que éste, soportado con mas investigaciones, debería ser un aspecto muy importante a considerar en la práctica de la agricultura en esta área.
- 5. El suelo también mostró algunas tendencias en el cambio de algunas propiedades importantes, como la capacidad de intercambio de cationes (CIC), la capacidad de retención de humedad, la porosidad, aunque solamente la CIC fue significativamente diferente entre tratamientos, estas características estuvieron asociadas al contenido de materia orgánica. Sin embargo, las asimilaciones mas altas de cloruro por la planta también estuvieron asociadas a las dosis mas altas de composta, donde estaban presentes los valores

mas altos de CIC, por lo que fue complejo definir la bondad del incremento en la CIC. Este trabajo podría marcar la pauta para investigar mas sobre los riesgos de salinización de los predios agrícolas en la Reserva de La Biosfera del Vizcaíno y el uso de abonos orgánicos como una alternativa de conservación de estos.

6.0 BIBLIOGRAFIA

- Abdel Magid H.M., Sabrah E.A.R., EI Nadi A.R.H., Abdel-Aal S.I., Rabie R.K. 1993. Biodegradation of municipal refuse and chicken manure in a winter-wheat ecosystem in Saudi Arabia. J. Arid Environments 25: 411-419.
- Abdel Magid H.M., Sabrah E.A.R., EI Nadi A.R.H., Abdel-Aal S.I., Rabie R.K. 1994. Kinetics of biodegradation bates of chicken manure and municipal refusein a sandy soil. J. Arid Environments 28: 163-171.
- Adams, P., 1988. Some responses of tomatoes grown in NFT to sodium chloride. Proc. 7. International Cong. Soilless Culture, 59–70.
- Adams, P., 1991. Effect of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield quality and omposition of tomato grown in Rockwool. J. Hort. Sci., 66 (2), 201–207.
- Aldaco-Magaña, R. 2001. Rendimiento de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo cuatro dosis de fertilizante orgánico en el Valle de La Paz, B.C.S. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Bernal, M.P., Navarro A.F. Sanchez-Monedero, Roig, A., Cegarra, J. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization. Soil Biol. Biochem. 30: 305-313.
- Denison, R.F., Bryant, D.C., Kearney, T.E. 2003. Crop yields over the first nine years of LTRAS, a long-term comparison of field crop systems in a Mediterranean climate. Field Crops Research...86 (2004) 267-277.
- Esquinas Alcazar, J., Nuez Viñals, F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez, F. (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1995.
- FAO. 1991. Manejo del suelo producción y uso de composte en ambientes tropicales. Boletín de suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 p.
- FAO. 1978. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage. Paper 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Feenstra, G. 1997. Sustainable agriculture research and education program. University of California. Davis, CA. Web en línea disponible en:

- http://www.sarep.ucdavis.edu/Concept.htm#NaturalResources. Con acceso octubre 04, 2004.
- Flaig, W.B., Nagar, H.S., Tietjen, C. 1977. Organic materials and soil productivity. FAO Soils Bulletin 35. 119 p.
- Gliessman, S.R.1990. Agroecology, researching the ecological basis for sustainable agriculture. Ecological Studies 78. Springer-Verlag. New York. 380 pp.
- Hart, R.D. 1984. Agroecosystem determinants. Pages 105-120. In: R. Lowrance, B.R. Stinner and G.J. House (eds.). Agricultural ecosystems. Wiley, New York.
- INEGI. 2003. Web en línea http://www.inegi.gob.mx. Con acceso Junio, 2003.
- Kaya, C., Higgs, D., and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulg. J. Plant Physiol. 27 (3–4), 47–59.
- Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Mundiprensa. 174 p. Barcelona, España.
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., Benson-Rosas M., Lopez-Arce E., Valle-Meza G. 2002. Manual de análisis químicos de suelos. Ed. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México.
- López-A, R., E. Villavicencio-Floriani, M.A. Real-Rosas, J.L. Ramírez-Barajas y B. Murillo-Amador. 2003. Macronutrimentos en suelos de desierto con potencial agrícola. Terra. Vol. 21 (3):333-340.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunts, L., Fried, P. y Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science. Vol. 296. 31 de Mayo 2002.
- Maya-Delgado, Y., Troyo-Dieguez, E. 1995. Edafología. En: La reserva de la biosfera el Vizcaíno en la Península de Baja California. Ortega, A. y Arriaga, L. Editores. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. La Paz, B.C.S. México.
- Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez E., Murillo-Amador B., García-Hernández, J.L., y Larrinaga-Mayoral J.A. 2002. La composta: importancia, elaboración y uso agrícola. Editorial Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S. México. 86 p.
- Nieto-Garibay, A. 2000. Relaciones suelo-planta-atmósfera de una línea semidomesticada de chile (*Capsicum frutescens*) bajo tratamientos de abono orgánico y fertilizante químico. Tesis de Maestría en Ciencias. UNAM. México, D.F.

- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguez E., Larrinaga-Mayoral JA., García-Hernández JL. 2002b. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27: 417-421.
- Núñez, E. R. 1993. Los fertilizantes organominerales en la agricultura sostenible. En: Ferrera-Cerrato R., Quintero-Lizaola, R. Agroecologia, sostenibilidad y educación. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosporus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep. of Agric. Circ. 939.
- Oregon State University. 2002. Web en línea disponible en: http://oregonstate.edu/Dept/NWREC/tomatogh.html#nonpath. Con acceso Noviembre 17, 2004.
- Ortiz, B.V. y C.A. Ortiz S. 1990. Edafología. UACH. Chapingo, Texcoco, Méx. 394 p.
- Ouédraogo, E., Mando, A., Zombré, N. P. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 84. 259-266.
- Pansu, M., Sallih Z., Bottner P. 1998. Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions. Soil Biol. Biochem. 30: 19-29.
- Papadopoulos, A.P., Pararajasingham S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. Scientia Horticulturae. Vol 69. 1-29.
- Ruiz, F.J.F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. En: Zapata Altamirano, Calderón Arózqueta (Eds). Memorias Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica.149 pp.
- SAGARPA. 2002. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Web en línea disponible en: http://www.siea.SAGARPA.gob.mx/ar compec principal.html. Con acceso septiembre 28, 2004.
- SAGARPA. 2004. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. CADER Vizcaíno. Ejido Gustavo Díaz Ordaz, B.C.S. Diciembre 03, 2004.

- Salinas-Zavala, C. A., Coria-Benet, R., Díaz-Rivera, E. 1991. Climatología y meteorología. En: La reserva de la biosfera El Vizcaíno en la Península de Baja California. Ortega, A. y Arriaga, L. Editores. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, AC. La Paz, B.C.S. Méx. 1991.
- Statistica 6.1. 1984-2004. StatSoft, Inc. 2300 East. 14th Street. Tulsa, OK 74104. USA.
- Segura García del Río, B., Caballer Mellado, V. (1995). Aspectos económicos de la producción y comercialización del tomate. En: Nuez, F. (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1995.
- Trueba, C. S.1996. Fertilizantes orgánicos y compostas. En: Memorias Agricultura orgánica: una opción sustentable para el Agro Mexicano. UACH. Texcoco, México. 163 p.
- Votgmann, H. y Fricke K. 1989. Nutrient value and utilization of biogenic compost in plant production. Agriculture, Ecosystem and Environment, 27: 471-475.
- Walkley, A. and Black, T.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37, 29-38.
- Wong, J. W. C., Ma, K. K., Fang, K. M., Cheung, C. 1999. Utilization of manure compost for organic farming in Hong Kong. Bioresource Technology. 67, 43-46.
- Warman, P.R., Havard K.A.1996. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agriculture, Ecosystem and Environment 68: 207-216.

INDICE DE CONTENIDO

1.0 INTRODUCCION	1
1.1 Agricultura sostenible	1
1.2 Uso de abonos orgánicos	1
1.3 Antecedentes del uso de la composta	3
1.4 Importancia del cultivo de tomate a nivel mundial	
1.5 Objetivo general del trabajo	
1.6 Objetivos particulares	
2.0 MATERIALES Y METODOS	
2.1 Sitio de estudio.	
2.2 Selección del material vegetativo	8
2.3 Diseño experimental y análisis estadístico	
2.4 Establecimiento del cultivo.	
2.5 Control de plagas y enfermedades	10
2.6 Características de la composta utilizada	
Tabla IV. Características de la composta utilizada (%)	
2.7 Madurez de la composta	
2.8 Aplicación de tratamientos	
2.9 Medición de variables	
2.9.1 Muestreos de suelo	13
2.9.2 Análisis de suelo	14
2.9.3 Muestreos de planta	15
2.9.4 Análisis de planta	15
2.9.5 Muestreo de fruto	16
2.9.6 Análisis de fruto	16
3.0 RESULTADOS	17
3.1 Datos obtenidos.	17
3.2 Efecto de tratamientos en el desarrollo vegetativo	21
3.3 Efecto de tratamientos en la producción de fruto	24
3.4 Efecto de tratamientos en el estado nutricional del cultivo	28
3.4.1 Efecto en macronutrientes en planta	28
3.4.2 Efecto en iones tóxicos en planta	
3.5 Efecto de tratamientos en las características físico-químicas de suelo	39
4.0 DISCUSION	4 4
4.1 Desarrollo vegetativo	44
4.2 Producción de fruto	
4.3 Estado nutricional de la planta	46
4.4 Efecto de tratamientos en las características de suelo	48
5.0 CONCLUSIONES	50
6.0 BIBLIOGRAFIA	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Relación entre área foliar y TCR en el MI (a) y efectos de dosis de composta en área foliar MI y TCR MI (b)
Figura 2 . Relación entre contenido de <i>P</i> de la hoja MI y TCR MI (<i>a</i>), efectos de dosis de composta en <i>P</i> de la hoja MI y TCR MI (<i>b</i>), relación entre Área Foliar MI y Biomasa seca del MI (<i>c</i>) y efectos de dosis de composta en Área Foliar MI y Biomasa seca (<i>d</i>)
Figura 3. Relación entre NH4 de suelo MF y Área Foliar MI (a) y efectos de dosis de composta en NH4 de suelo MF y Área Foliar MI (b)24
Figura 4
Figura 5 . Relación entre el pH de suelo MF y el número de fruto planta ⁻¹ (a), efectos de dosis de composta en el pH de suelo MF y el número de fruto planta ⁻¹ (b), relación entre el contenido de Mg del tallo MF y peso de fruto (c) y efectos de dosis de composta en el contenido de Mg del tallo MF y peso de fruto (d)
Figura 6 . Relación entre contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (a) y efectos de dosis de composta en el contenido de Cl de la hoja MF y peso de fruto (b)
Figura 7 . Efectos de dosis de composta en el contenido de P de la hoja MI y contenido de Mg del tallo MI (a), relación entre contenido de Cl de la hoja MI y contenido de P de la hoja MF (b), efectos de dosis de composta en el Cl de la hoja MI y P de la hoja MF (c) y relación del contenido de materia orgánica de suelo MI con los contenidos de P de planta (d). 32
Figura 8. Efecto de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de planta (a), relación entre contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de Cl de hoja (b), efecto de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de Cl de hoja (c) y relación entre el contenido de P de hoja MI y Área Foliar MI (d)
Figura 9. Efectos de dosis de composta en el contenido de P de hoja MI y área Foliar MI (a), relación entre la CIC de suelo MI y contenido de Mg de tallo MI (b), efectos de dosis de composta en la CIC MI y en el contenido de Mg de tallo MI (c) y relación de la CIC MI con el contenido de materia orgánica del suelo MF y la capacidad de retención de humedad de suelo (d)
Figura 10. Efecto de dosis de composta los contenidos de P en planta (a), efectos de dosis de composta en el contenido de Mg de tallo MI (b), relación entre la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (c) y efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y N-Total de tallo MF (d)35

Figura 11. Relación entre la CIC de suelo MI y contenido de P de hoja MF (<i>a</i>), efectos de dosis de composta en la CIC de suelo MI y contenido de P de hoja MF (<i>b</i>), relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de hoja MF (<i>c</i>) y efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MI y contenido de P de hoja MF (<i>d</i>).
Figura 12. Relación entre la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (a), efecto de dosis de composta en la CIC de suelo MI y contenido de Ca de hoja MF (b), relación entre el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (c) y efecto de dosis de composta en el contenido de Ca de tallo MI y contenido de Mg de tallo de MI (d)
Figura 13 . Relación de la capacidad de retención de humedad de suelo y la CIC (a), efectos de dosis de composta en la capacidad de retención de humedad de suelo y en la CIC (b), relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MF con la CIC (c) y efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MF y en la CIC (d)42
Figura 14 . Relación entre el contenido de materia orgánica de suelo MF con el contenido de P de suelo MF (a), efectos de dosis de composta en el contenido de materia orgánica de suelo MF y en el contenido de P de suelo MF (b), relación entre la CIC de suelo MI y el contenido de P de suelo MF (c) y efectos de dosis de composta en la CIC de suelo MI y el contenido de P de suelo MF (d)
Figura 15. Efecto de dosis de composta en la densidad real, densidad aparente y porosidad de suelo del muestreo final

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Características físico-químicas iniciales del suelo. 8
Tabla II. Características del agua de riego10
Tabla III. Características de la composta utilizada (%).
Tabla IV. Niveles de materia orgánica y su interpretación en suelos minerales (Ortiz y Ortiz, 1990).
Tabla V. Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de planta.
Tabla VI. Eingevalores y varianza acumulada del ACP de variables de suelo.
Tabla VII. Eigenvalores, prueba de Chi ² y correlaciones del análisis canónico20
Tabla VIII. Área foliar (cm² planta⁻¹), TCR (g·g planta⁻¹ día⁻¹) y producción de biomasa seca por planta (g planta⁻¹). Muestreo intermedio (MI) y final (MF)22
Tabla IX. Componentes de rendimiento de fruto
Tabla X. Contenido de P en planta (%). Muestreo Intermedio y Final. 31
Tabla XI. Contenido de Mg en tallo de planta (%). Muestreo Intermedio y Final31
Tabla XII. Contenido de Cl en hoja de planta (%). Muestreo intermedio (MI) y Final (MF) 39