

RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.) COMO EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN PUEBLA, MÉXICO

Noelia Vázquez-Benítez¹, Carlos Manuel Acosta-Durán^{2*}, Rogelio Oliver-Guadararma³

¹Estudiante de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UAEM.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Laboratorio de Producción Agrícola. Av. Universidad 1001, col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. CP 62209, México.

³Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM.

Correo-e: acosta_duran@yahoo.com.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

En años recientes, se ha reportado que el amaranto es un cultivo que responde positivamente a la aplicación de abonos orgánicos, especialmente de aquellos a base de estiércoles de animales, aumentando significativamente el rendimiento y la obtención de granos de mayor calidad; sin embargo, los estudios de amaranto fertilizado orgánicamente, son escasos; por lo que el objetivo fue evaluar el rendimiento como efecto de la aplicación de abonos orgánicos (Guano, Bionitro y Gallinaza). El trabajo se realizó en el municipio de Tochimilco, Puebla, en una superficie de 560 m², con diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, durante el ciclo primavera-verano 2009. La unidad de suelo de la parcela experimental fue Cambisol. Se evaluaron variables botánicas asociadas al

rendimiento. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre tratamientos, mismos que superaron al testigo, el rendimiento fue de 2.05, 2.17 y 2.17 t/ha para Guano, Bionitro y Gallinaza respectivamente. Las variables botánicas registraron diferencias estadísticamente significativas. Se concluyó que el abonado orgánico realizado con Guano, Bionitro y Gallinaza, en suelos Cambisoles, es adecuado para el cultivo de amaranto.

Palabras clave: *nutrición orgánica, abonos.*

ABSTRACT

In recent years, has been reported that amaranth is a crop that responds positively to the application of organic fertilizers, especially animal manures, significantly increasing the performance and obtain higher quality grains, but the

Recibido: 13/01/2011; Aceptado: 6/04/2011.

organically fertilized amaranth studies are scarce, so the aim was to evaluate the yield as an effect of application of organic fertilizers (Guano, Bionitro and Gallinaza). The work was conducted in the municipality of Tochimilco, Puebla, in an area of 560 m², with randomized block design with four treatments and four replications during the spring-summer 2009. The soil unit of the experimental plot was Cambisol. Were evaluated variables associated botanical growing. The results showed statistically significant differences in performance between treatments that exceeded the witness themselves, the yield was 2.05, 2.17 and 2.17 t / ha, of Guano, Bionitro and Gallinaza respectively. Significant differences were observed in botanical variables. It was concluded that organic manure and Cambisols soils are suitable for the cultivation of amaranth.

Key words: *organic nutrition, manure.*

INTRODUCCIÓN

Se ha descubierto que culturas precolombinas desarrollaron la agricultura como un modelo sustentable para la obtención de alimentos y concibieron prácticas adecuadas de labranza y fertilización que garantizaban la preservación y el buen aprovechamiento de los recursos naturales, como la rotación de cultivos, el reconocimiento y la selección de variedades vegetales, el manejo de la fertilidad del suelo. Hoy en día, dichas prácticas tradicionales son rescatadas por los productores orgánicos, en un intento por recuperar la relación con la naturaleza; pues la agricultura orgánica que no es más que la variación de aquella que ya había sido practicada hace casi dos mil años en el continente americano; aunque no fue hasta principios del siglo XX, cuando se acuñó dicho término (Gómez, 2004; González, 2006).

El amaranto posee propiedades nutricionales importantes y la característica

de ser 100% comestible dada su extraordinaria composición química y 99% digerible por su bajo contenido de gluten, que lo hace apto para el consumo de personas celíacas. Su uso como forraje es excelente debido a que sus hojas son ricas en proteína, vitaminas y minerales como el hierro, calcio y fósforo; en cuanto a sus semillas, éstas son abundantes y pueden ser aprovechadas como alimento desde su germinado hasta el momento de la cosecha y también puede obtenerse harina que puede usarse para una gran variedad de platillos económicos y nutritivos (Taboada *et al.*, 1999; Hernández y Herrerías, 1998).

La agricultura orgánica comprende diversas técnicas de bajo impacto ambiental, siendo la fertilización orgánica, uno de sus principales pilares, pues ha contribuido en gran medida al incremento de la productividad agrícola y al mejoramiento de la fertilidad del suelo en un número significativo de casos (Ruiz, 1997; Gómez *et al.*, 2002). Ésta práctica se define como el conjunto de técnicas utilizadas para nutrir a las plantas y estimular al suelo para que mantenga y mejore su fertilidad, modificando sus características físico-químicas y microbiológicas; se basa principalmente en la adición de materia orgánica, como desechos vegetales y animales, lo que permite lograr cosechas de buena calidad y de forma constante (Ruiz, 1997; Jaramillo, 2005).

Entre los abonos orgánicos más utilizados hoy en día se encuentran los estiércoles de animales, como la gallinaza, la vacaza y en los últimos años, el guano de muciélago; las compostas, las vermicompostas y algunos abonos minerales; sin embargo, recientemente han salido al mercado los llamados biofertilizantes como el bionitro, que además de minerales también aportan microorganismos vivos al suelo (Taboada *et al.* 1999 y SAGARPA, 2007).

Son numerosos los trabajos existentes empleando abonos orgánicos en

el cultivo del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en el estado de Puebla, sin embargo, la mayoría de ellos se han realizado básicamente evaluando abonos orgánicos a base de estiércoles animales como la gallinaza como fuente de nitrógeno.

Así pues, con la finalidad de evaluar el rendimiento del cultivo de amaranto tras la aplicación de abonos orgánicos se han realizado varios estudios que sugieren un desempeño superior de estos abonos con respecto a los fertilizantes químicos o convencionales (Morales *et al.*, 1989).

En el caso de la fertilización orgánica del amaranto, la mayoría de los trabajos se han llevado a cabo utilizando la especie *Amaranthus hypochondriacus* L. por ser la productora de grano utilizada con mayor frecuencia por los productores amaranteros, mientras que el abono orgánico más comúnmente utilizado para este cultivo es la gallinaza (Campos, 1999; Beltrán, 2005; Jaramillo, 2005 y González, 2007).

Dentro de los trabajos que se han realizado para evaluar los efectos de la fertilización orgánica sobre la producción de amaranto, destacan los siguientes

Castillo (2005) obtuvo un rendimiento de 1.0 t/ha de amaranto *A. hypochondriacus* fertilizado orgánicamente con gallinaza como fuente de nitrógeno en el municipio de Temoac, en el estado de Morelos.

Beltrán (2005) cotejó el rendimiento del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) fertilizado orgánicamente con un testigo, en la localidad de Huazulco, en el municipio de Temoac, Morelos; reportando un rendimiento de 1.68 t/ha de amaranto orgánico y 1.30 t/ha en el amaranto testigo.

Jaramillo (2005) realizó un estudio energético y económico en la producción de amaranto con la aplicación de gallinaza

como fuente de nitrógeno en la comunidad de Amilcingo, Morelos donde obtuvo un rendimiento de 1.2 t/ha con el abonado orgánico.

Monsalvo (2006) evaluó el rendimiento del amaranto *Amaranthus hypochondriacus* fertilizado orgánicamente con gallinaza en tres diferentes fechas de siembra en la localidad de Huazulco, Temoac, Morelos. Los rendimientos mayores fueron reportados en las dos primeras fechas de siembra con 1.3 t/ha.

González (2007) evaluó el rendimiento del cultivo de amaranto en diferentes fechas de siembra con fertilización orgánica (gallinaza) y un testigo, en el municipio de Temoac, Morelos. Donde se obtuvo el mayor rendimiento (0.93 t/ha) durante la segunda fecha de siembra en el amaranto abonado orgánicamente.

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el crecimiento y el rendimiento del cultivo de amaranto utilizando tres abonos orgánicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tochimilco, ubicado en la parte centro-oeste del estado de Puebla en los paralelos 18° 49' 12" de latitud norte y los meridianos 98° 31' 42" de longitud occidental. Tiene una altitud de 2,060 m (Alvarado y de la Rosa, 2007).

La unidad experimental estuvo ubicada a 2,072 metros de altura, 18°48.09' N y 98° 36'43" WO; constó de un terreno rectangular de 56 m de largo y 40 m de ancho, con un área total de 2240 m²; fue dividida en 16 parcelas, cada una midió 14 metros de largo por 10 metros de ancho y contó con un área total de 140 m². El tipo de suelo que se determinó dentro de la parcela fue Cambisol; suelo apto para actividades agrícolas y con respuesta positiva a la

aplicación de fertilizantes orgánicos (García, 2000).

La semilla utilizada fue de la especie *A. hypochondriacus*, seleccionada y proporcionada por el Sr. Francisco Bruno Araiza, productor orgánico del municipio de Tochimilco, Puebla. Previo a la siembra, éstas fueron preparadas con 200 kg de caballaza composteada, según las prácticas tradicionales del cultivo de amaranto en la localidad.

Los abonos orgánicos que se evaluaron en esta investigación son los siguientes:

Gallinaza. Es uno de los abonos orgánicos utilizado con mayor frecuencia a nivel mundial, debido a su contenido de nitrógeno. La gallinaza es la mezcla de excretas puras de gallinas, residuos de concentrados, plumas, huevos rotos entre otras. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio y carbono en importantes cantidades y debe ser composteada previamente para mejorar los resultados, ya que suele ser muy agresiva para las plantas por las altas concentraciones de sus elementos. Además, al agregar otros desechos orgánicos a la mezcla, se enriquece y se mejoran los efectos post-aplicación. Dicho proceso también permite reducir el número de microorganismos patógenos que puedan estar presentes y que pudieran competir con las plantas por los nutrientes y resultados adversos. Se ha demostrado que el rendimiento del amaranto fertilizado orgánicamente con gallinaza es superior con respecto al fertilizado químicamente, por lo que es una alternativa segura y económica para la fertilización orgánica del amaranto (Restrepo, 2001; Jaramillo, 2005).

Guano. Este abono orgánico está hecho a base de extractos de excremento de murciélago, el cual se obtiene de cuevas mexicanas habitadas por murciélagos, donde existen depósitos naturales formados a lo largo del tiempo. Por su proceso de elaboración es un producto seguro que no

pone en peligro la salud humana ni la salud animal; está libre de esporas de hongo *Histoplasma capsulatum*, causante de la histoplasmosis humana; aporta al suelo una importante cantidad de bacterias mesófilas y bacterias fijadoras de nitrógeno. El guano limpia los suelos de sustancias tóxicas y mejora la textura y riqueza de los mismos; no se tienen registros de uso en el cultivo del amaranto.

Bionitro. Este abono orgánico es relativamente nuevo; es resultado de años de investigación y está constituido por microorganismos vivos, por lo que es considerado también como un biofertilizante. Los microorganismos que contiene son rizobacterias, micorrizas, hongos *Leuconostoc* y *Sacharomyces*, que son benéficos y han sido aislados y purificados, y que además de no contaminar permiten fertilizar el suelo de manera sustentable; permiten la fijación de nitrógeno, lo que promueve el crecimiento de las plantas cultivadas y aumenta la permeabilidad del suelo para una mejor penetración de la raíz; facilita la disponibilidad de los nutrientes existentes en el suelo y a su vez hace más eficiente el aprovechamiento de fertilizantes químicos; previene de enfermedades permitiendo a las raíces inhibir el desarrollo de patógenos; solubiliza fósforo y se puede aplicar en todo tipo de suelos y a todo tipo de cultivos. Aun no existen registros del uso del bionitro como abono orgánico en el cultivo del amaranto.

Se realizaron las prácticas agronómicas correspondientes al cultivo de amaranto; durante el proceso, se llevaron a cabo los registros cronológicos del ciclo vegetativo del amaranto, desde la emergencia de las plántulas hasta la cosecha del grano (Figura 1), y de las prácticas agronómicas realizadas en la parcela (Figura 2). Se llevaron a cabo mediciones botánicas una vez alcanzado el máximo desarrollo de las plantas antes de la cosecha.

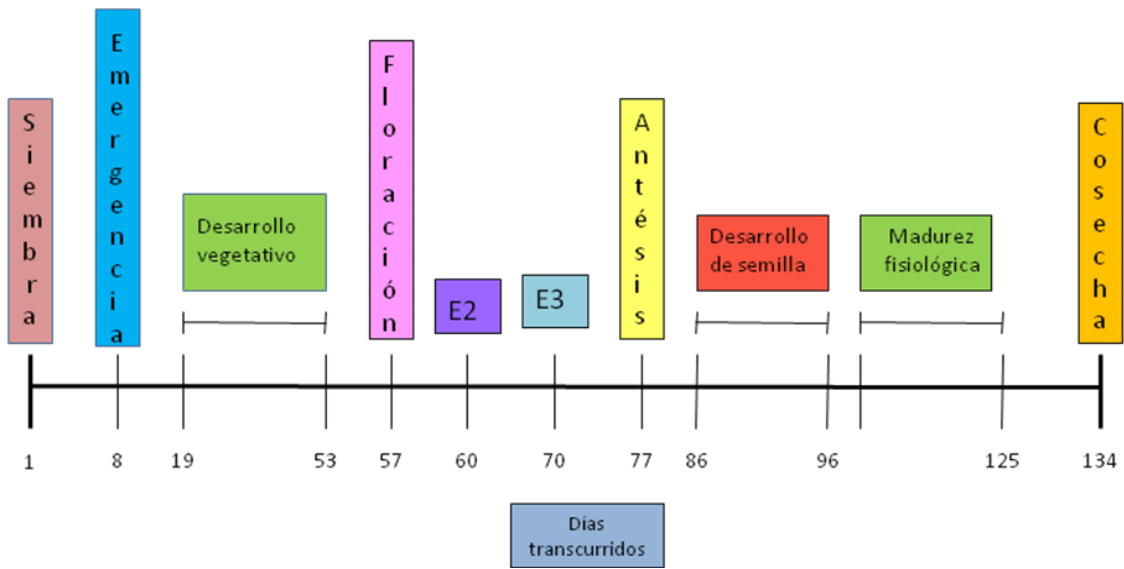


Figura 1. Cronología del ciclo vegetativo de amaranto *A. hypochondriacus* cultivado en Tochimilco, Puebla.

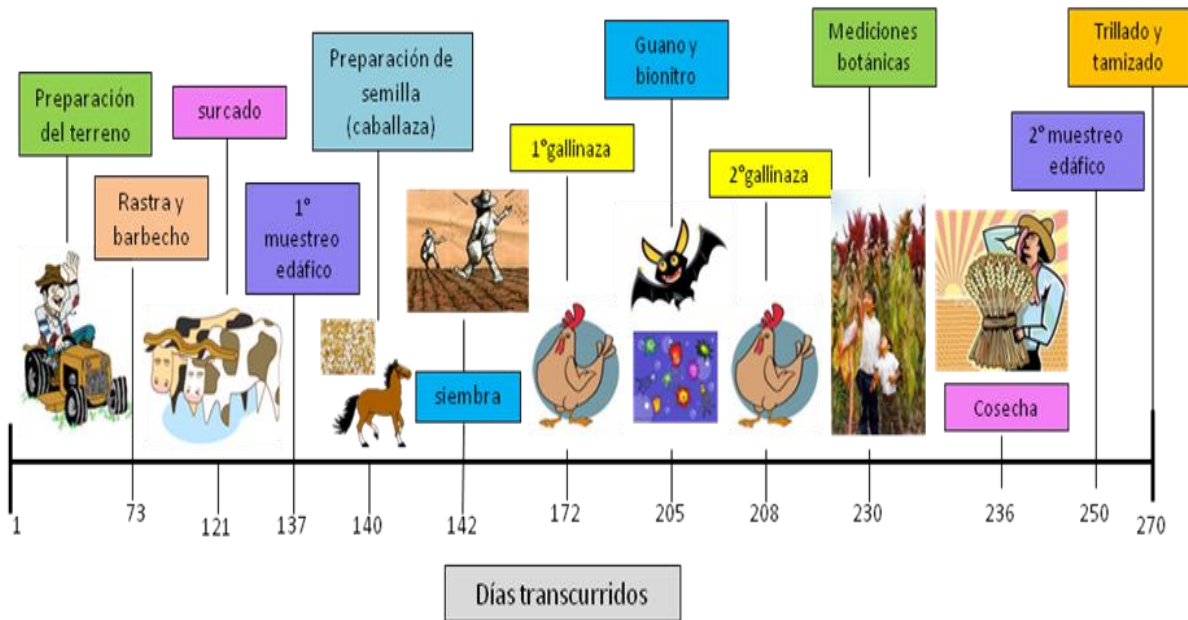


Figura 2. Cronología de las prácticas agronómicas realizadas en Tochimilco, Puebla para el cultivo de amaranto (*A. hypochondriacus* L.).

La siembra se llevó a cabo el día 25 de Junio de 2009 y se realizó de la manera tradicional conocida como mateado cada 30 centímetros de manera manual.

Para la aplicación de cada uno de los tratamientos orgánicos se tomó como referencia la dosis óptima de nitrógeno total que requiere el cultivo de amaranto, que es de 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea (kgN/ha) (Campos, 1999; Oliver *et al.*, 2000) (Cuadro 1).

La fertilización con bionitro y guano se realizó mediante una sola aplicación a los 53 días después de la siembra (dds) (21 de agosto), en tanto que con gallinaza se efectuó en dos momentos, el primero a los 30 días dds y la segunda a los 60 días dds, de acuerdo con la práctica tradicional de los agricultores del área. El diseño experimental que se implementó para la parcela fue el de los bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Variables botánicas asociadas a rendimiento.

Previo a la cosecha, y una vez que las plantas habían alcanzado su máximo desarrollo, se realizaron las mediciones de tres variables botánicas que han sido asociadas al rendimiento del cultivo: altura total, longitud de la inflorescencia (panoja) y perímetro de la panoja.

Para medir las variables se seleccionaron 30 individuos al azar de cada una de las parcelas con los diferentes tratamientos, con un total de 480 plantas muestreadas. Los criterios para las mediciones fueron los siguientes: La altura total se consideró desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panoja; la longitud de la panoja se midió desde el inicio de la misma hasta el ápice y el perímetro de la panoja, se midió en la parte central.

La cosecha se efectuó el día cinco de noviembre, 130 días después de la siembra y consistió en dar un corte con machete a medio tallo; con las panojas cortadas se fueron formando manojos grandes de diez o más plantas, mismas que se pusieron sobre de un costal abierto, con la finalidad de transportarlas.

Después del secado se llevó a cabo el trillado el día nueve de diciembre a unos metros de la parcela experimental; para ello se acondicionó una superficie plana cubierta con unas lonas de plástico para desprender la semilla de las panojas secas sin que tuvieran contacto con el suelo; esto se hizo manualmente utilizando guantes de carnaza. Para maximizar el desprendimiento de las semillas, se hizo caminar un caballo por encima de las panojas durante diez minutos; después se eliminaron los restos de las panojas trilladas, así como algunas ramas frescas.

Cuadro 1. Cuadro de tratamientos orgánicos y cantidades aplicadas en la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

Tratamientos Orgánicos	Presentación	Modo de aplicación	% de N	Cantidad aplicada (kg)	
				Por ha	Por 560 m ²
T1 (Guano)	Granulado	A pie de mata	8%	119.6 Kg	26.7 kg
T2 (Bionitro)	Diluido en H ₂ O	A pie de mata	14%	1 kg/200 L	0.560 kg/11 L
T3 (Gallinaza)	Polvo	A pie de mata	4 %	571.4 kg	32 kg
T4 (Testigo)	----	----	0	0	0

Dado que las panojas estaban lo suficientemente secas, inmediatamente después del trillado, la semilla obtenida fue tamizada haciéndola pasar por un tamiz con una malla de metal de 4 mm de abertura, con la intención de eliminar la mayoría de los restos de las inflorescencias y los excrementos de insectos. La semilla se ventó para limpiarla y pesarla para calcular el rendimiento; una vez limpia, se colocó en costales de 50 kg para pesarla y transportarla; los costales se almacenaron en un lugar sombreado y fresco en espera de su comercialización.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto de los tratamientos orgánicos con respecto al rendimiento, utilizando el programa Statistica versión 6.0 y una prueba de comparación de medias para evaluar el efecto de los tratamientos en las variables botánicas medidas. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Se considera que el amaranto puede desarrollarse en casi todos los tipos de suelo y que se adapta a diferentes condiciones climáticas, por lo que diversos autores han sugerido que el rendimiento depende directamente de las condiciones climáticas de la zona donde se lleve a cabo el cultivo, las propiedades físicas del suelo, el nivel de fertilidad del mismo y las prácticas agronómicas que se lleven a cabo en el cultivo.

En este trabajo, los resultados de los tratamientos aplicados mostraron diferencia significativa ($F=15.047$ y $P < 0.05$) superando al testigo, en tanto que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos orgánicos.

El rendimiento obtenido por la gallinaza fue similar a lo señalado por García (2000) y superior a lo reportado en diferentes trabajos anteriores.

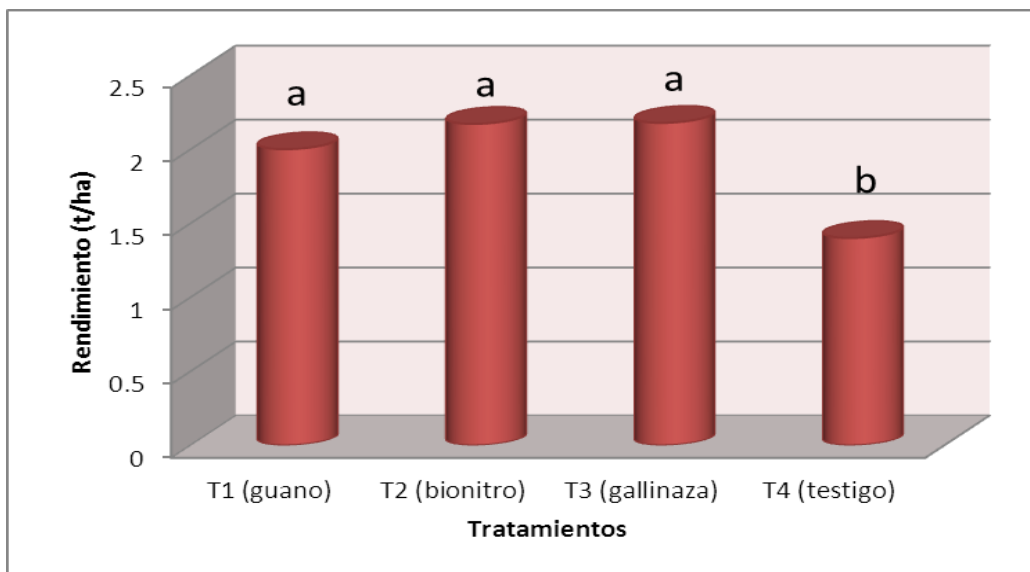


Figura 3. Rendimiento de los tratamientos orgánicos aplicados al cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.

Debido a que el rendimiento del amaranto está asociado al suelo donde se desarrolla, se compararon los rendimientos según el tipo de suelo donde se llevaron a cabo algunas investigaciones anteriores de amaranto fertilizado orgánicamente. La mayoría de los trabajos con amaranto orgánico se realizaron en suelos andosoles, regosoles y vertisoles; mientras que la unidad de suelo que se determinó en la parcela experimental fue un Cambisol (Figura 4).

Como puede observarse en la figura 4, el rendimiento promedio de las parcelas con abono orgánico en suelo cambisol fue superior al obtenido en suelos andosoles, regosoles y vertisoles por diversos autores.

En la figura 4 también puede observarse que los resultados de los rendimientos de los abonos orgánicos fueron coincidentes con lo reportado por García (2000), debido a que dicho autor evaluó el rendimiento del amaranto fertilizado orgánicamente con gallinaza en un cambisol en el municipio de

Atzizihuacán, en el estado de Puebla; mismo que colinda con Tochmilco y posee características edafoclimatológicas similares y comparten prácticas agrícolas tradicionales.

El cultivo del amaranto es tradicional en el estado de Puebla, y particularmente en la localidad de Tochmilco, es una de las principales actividades económicas. En esta zona, la semilla de amaranto es preparada previo a la siembra con estiércol de caballo composteado (caballaza) como parte de las actividades agronómicas tradicionales; dicho abono es conocido como “abono caliente”, porque fermenta rápidamente generando calor, lo que permite la pronta emergencia de las plántulas. Debido a su rápida reacción metabólica es fácilmente absorbida por las plantas, sirviéndole de alimento al amaranto durante los primeros días posteriores a la siembra; además de que impide que la semilla se “asiente” o se entierre a una profundidad mayor de la requerida, evita que hormigas y aves se la coman.

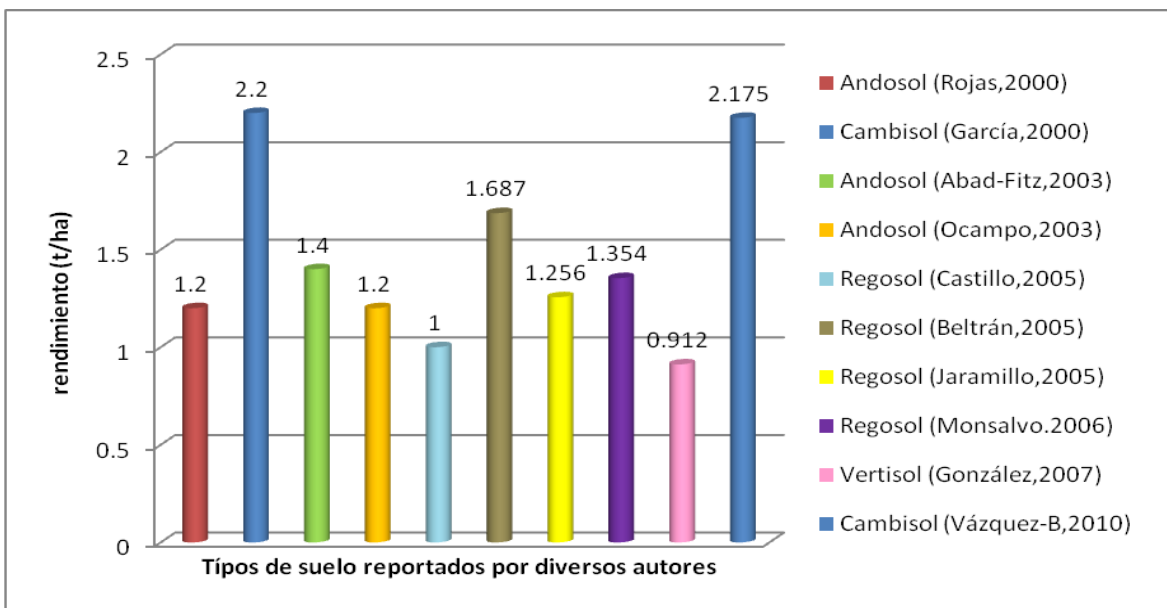


Figura 4. Comparativo del rendimiento de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) asociado al tipo de suelo reportado por diversos autores.

En este estudio se compararon los rendimientos de los abonos orgánicos (guano, bionitro y gallinaza) con respecto a los valores reportados en estudios anteriores, encontrándose que los rendimientos de la parcela experimental fueron significativamente mayores con respecto de los valores reportados por aquellos trabajos donde no se llevó a cabo dicha práctica. También se encontró que la costumbre de “calentar” la semilla con la cabalaza es tradicional de los municipios amaranteros de Tochimilco y Atzizihuacán, razón por la cual, los rendimientos obtenidos en la parcela de Tochimilco fueron semejantes a los reportados por García (2000).

Debido a que se encontraron diferencias significativas entre los rendimientos de las plantas cuya semilla fue previamente “calentada” con respecto de aquellas que no lo fueron, se sugiere que la preparación tradicional de la semilla

contribuye a la obtención de mayores rendimientos en el cultivo de amaranto.

Altura de la planta.

La altura se considera una variable asociada al rendimiento porque es la estructura que da soporte a la inflorescencia que contiene la semilla (Jaramillo, 2005); así mismo, varios autores han señalado que a mayores alturas de planta se han registrado mayores rendimientos (Morales, 2000; Beltrán, 2005). Al comparar los promedios de altura de planta de los tratamientos de Guano y Bionitro se encontraron diferencias estadísticas significativas con respecto a los promedios de los tratamientos Gallinaza y Testigo, ($F=8.587$, $P<0.05$); sin embargo, al cotejar los tratamientos entre sí, se observó que entre los valores de Gallinaza y Testigo no hubo diferencias estadísticamente significativas, ni tampoco al comparar los valores entre Guano y Bionitro (Figura 5).

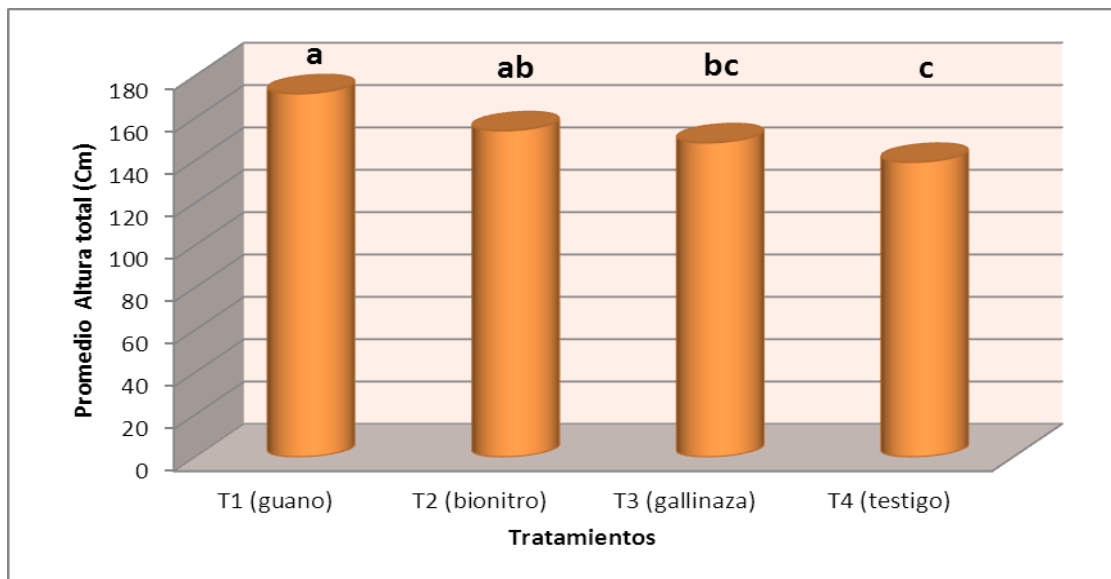


Figura 5. Promedio de altura total de las plantas de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) fertilizado orgánicamente en Tochimilco, Puebla.

Estudios anteriores afirman que a mayor altura de planta, mayor es el rendimiento, sin embargo, es posible encontrar plantas de baja estatura ofertando los mismos rendimientos que plantas con alturas superiores. Por ejemplo Morales (2000), García (2000) y Beltrán (2005) registraron alturas de planta similares, y sin embargo Beltrán (2005) reporta rendimientos significativamente mayores con respecto al resto. Monsalvo (2006) reporta que a pesar de la diferencia significativa de la altura de planta, los rendimientos obtenidos por las plantas más bajas fueron similares a los obtenidos por las plantas más altas.

Del mismo modo, la altura reportada por Monsalvo (2006) es significativamente menor con respecto a la reportada por González (2007); sin embargo ambos autores reportaron valores de rendimiento similares a pesar de las diferencias de altura significativas.

Se considera que el rendimiento del cultivo presenta una tendencia directamente proporcional a la altura de la planta aunque es posible obtener rendimientos similares en amarantos con alturas significativamente

menores; esto último como parte de una estrategia de la planta para producir semilla en condiciones adversas (Rojas, 2000; Monsalvo, 2006).

Cuadro 3. Rendimiento y altura de planta de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) obtenidos en Tochimilco, Puebla.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Rendimiento (t/ha)
Guano	171.0	2.0
Bionitro	154.1	2.171
Gallinaza	148.45	2.178
Testigo	139.2	1.4

Longitud de la inflorescencia (panoja).

Según Rojas (2000), esta variable tiene una relación directamente proporcional a aplicación del nitrógeno siempre y cuando la aplicación del mismo haya sido antes de que las panojas hayan alcanzado su máximo desarrollo; encontrando que en ausencia de fertilizantes, las panojas presentan alturas bajas.

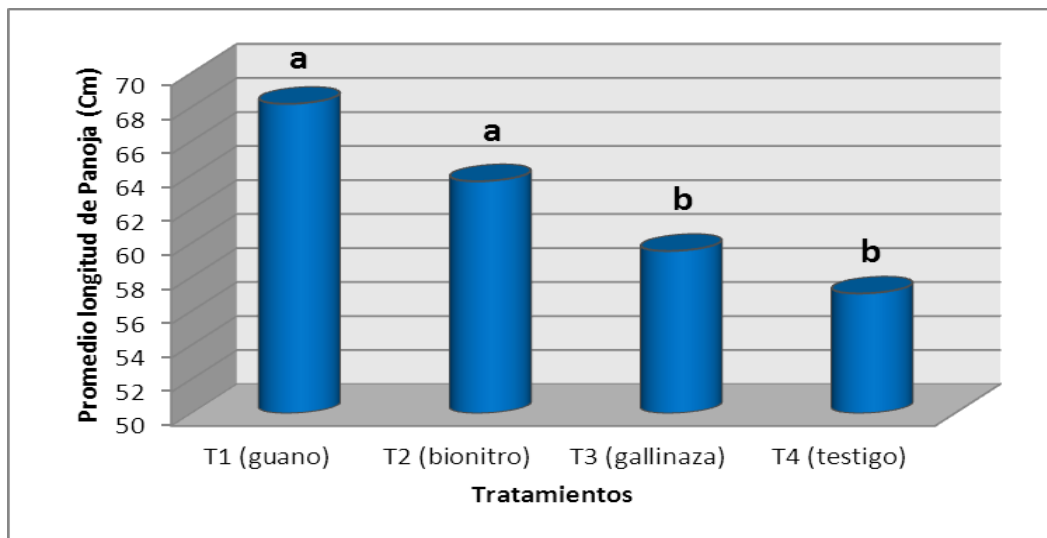


Figura 6. Promedio de longitud de panoja en plantas de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) fertilizadas orgánicamente en Tochimilco, Puebla.

Al comparar los promedios, se observaron diferencias estadísticas significativas entre ellos ($F= 3.710$, $P<0.05$), Guano y Bionitro tuvieron promedios de longitud de de panoja, sin diferencia estadística, mayores con respecto a Gallinaza y el Testigo que fueron estadísticamente iguales entre sí (Figura 6).

Los valores obtenidos por los tratamientos orgánicos, resultaron significativamente mayores con respecto a lo reportado por Jaramillo (2005) y Monsalvo (2006) quienes registraron las longitudes de panoja mayores de los trabajos anteriores. Así mismo, el tratamiento testigo registró una longitud de panoja superior con respecto a lo reportado por diversos autores a pesar de no haber sido fertilizado con ningún abono orgánico.

Se considera que la altura de panoja es una variable asociada al rendimiento del cultivo, sugiriendo que este último tiene una relación directamente proporcional con la altura de las inflorescencias (Rojas, 2000).

Rojas (2000), García (2000) y Jaramillo (2005) reportaron valores de rendimientos semejantes a pesar de haber registrado longitudes de panoja diferentes; en el caso de Beltrán (2005) y González (2007) ambos autores reportaron longitudes de panoja similares, sin embargo fue Beltrán quien obtuvo rendimientos significativamente mayores. Del mismo modo, Monsalvo (2006) reportó rendimientos similares a pesar de que las longitudes de panoja fueron significativamente menores. Abad-Fitz (2003), Jaramillo (2005) y Monsalvo (2006,), reportaron valores de longitud semejantes, pero fue Abad-Fitz quien obtuvo los rendimientos mayores. En este trabajo, las alturas de Guano y Bionitro son similares y sus rendimientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas; en el caso de la Gallinaza y el Testigo, el rendimiento reportado por la Gallinaza fue significativamente superior con respecto a

éste último y semejante a lo registrado por el Guano y el Bionitro (Cuadro 4).

Cuadro 4. Longitud de panoja y rendimiento obtenido por los tratamientos orgánicos aplicados en Tochimilco, Puebla.

Tratamiento	Longitud de panoja (cm)	Rendimiento (t/ha)
Guano	68.2	2.0
Bionitro	63.65	2.171
Gallinaza	59.55	2.178
Testigo	57.05	1.4

Perímetro de la inflorescencia.

El perímetro de la panoja del amaranto se considera una variable asociada al rendimiento del cultivo, pues diversos autores han reportado una relación directamente proporcional entre el tamaño de ésta y la producción de semilla (Morales, 2000; Beltrán, 2005; Monsalvo, 2006).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El Guano y el Testigo fueron iguales entre si y superiores a los tratamientos de Gallinaza y Bionitro que entre ellos no fueron estadísticamente diferentes ($F= 3.346$, $P<0.05$) (Figura 7). En trabajos anteriores donde también se evaluó el perímetro de la panoja de amaranto fertilizado con gallinaza se reportaron los siguientes valores:

Rojas (2000) registró 34.7 cm, mientras que García (2000), 38.7 cm; Jaramillo (2002) y Abad-Fitz (2003) registraron promedios de 30 cm de perímetro; mientras que Morales (2000) y Beltrán (2004) obtuvieron valores menores con respecto a lo señalado por dichos autores.

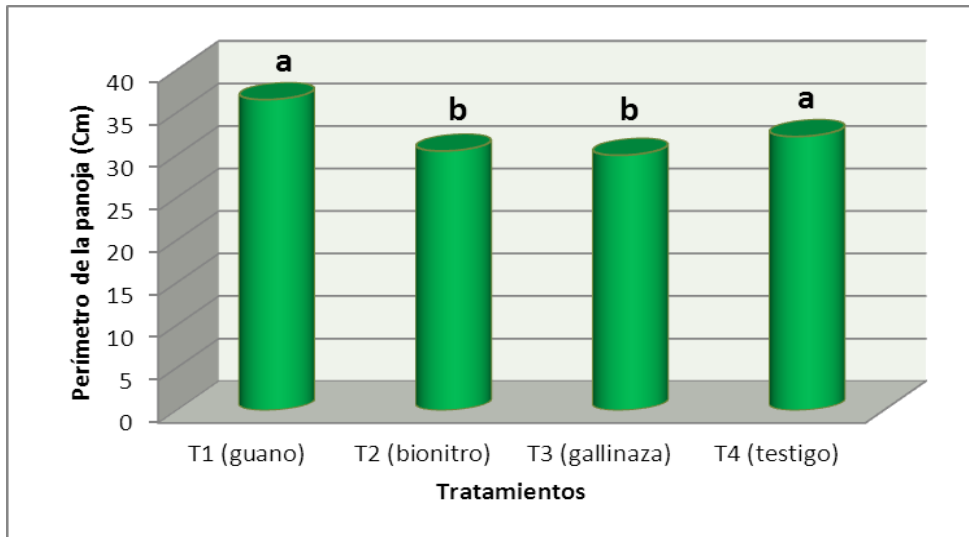


Figura 7. Promedio del perímetro de panoja de plantas de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) fertilizado orgánicamente en Tochimilco, Puebla.

Al comparar los promedios de perímetros de panoja obtenidos en la parcela experimental con los reportados por diferentes autores se encontró que la Gallinaza coincidió con los valores de Jaramillo (2002) y Abad-Fitz (2003). No se encontraron trabajos previos que permitieran hacer una comparación de los valores obtenidos por guano y bionitro.

Tras el análisis de las tres variables botánicas asociadas a rendimiento del cultivo de amaranto, se considera que la producción de semilla depende en mayor medida del perímetro de la inflorescencia y no de la altura total de la planta y la longitud de la panoja como se suponía.

Al comparar los valores de perímetro de panoja y rendimiento obtenidos por los tratamientos orgánicos en parcela experimental, se encontró que el Guano obtuvo los valores más altos en dichas variables con respecto a Bionitro y a la Gallinaza; también se observó que perímetros de Guano y Testigo fueron similares (Cuadro 5).

Las plantas abonadas con Guano, Bionitro y Gallinaza fueron las que

presentaron las mayores alturas de planta y longitudes de panoja con respecto al Testigo que presentó valores menores; sin embargo, éste último obtuvo valores de rendimiento que se consideran aceptables a pesar de no haber recibido tratamiento alguno.

Cuadro 5. Perímetro de panoja y rendimiento obtenido por los tratamientos orgánicos aplicados en Tochimilco, Puebla.

Treatment	Perímetro de panoja (cm)	Rendimiento (t/ha)
Guano	36.5	2.000
Bionitro	30.5	2.171
Gallinaza	30.0	2.178
Testigo	32.2	1.400

Lo anterior se debe a que el amaranto, en presencia de fertilizantes orgánicos o convencionales, emplea el nitrógeno en su propio desarrollo vegetativo, incrementando su altura total y la longitud de la inflorescencia, como pudo observarse en las plantas abonadas con Gallinaza, Bionitro y Guano; mientras que en ausencia de fertilizantes, la planta emplea los nutrientes a su alcance para producir

semilla, lo que se traduce en un aumento del perímetro de la panoja y una menor altura total y longitud de la inflorescencia como fue el caso de las plantas del tratamiento Testigo (Ocampo, 2003).

En la figura 8, se muestran los resultados de los análisis de las variables asociadas al rendimiento.

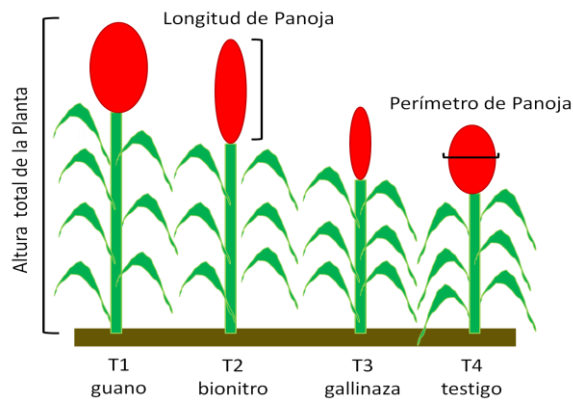


Figura 8. Esquema del resultado del análisis de las variables botánicas asociadas al rendimiento de amaranto en Tochimilco, Puebla.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos orgánicos y el tratamiento Testigo; siendo mayores los rendimientos registrados para los primeros.

Los rendimientos obtenidos por los tratamientos orgánicos coincidieron con la media de rendimiento registrada para el municipio de Tochimilco (2.0 t/ha) y también con la media estatal de Puebla (1.8 - 2.1

t/ha): Guano, 2.05 t/ha; Bionitro, 2.171 t/ha y Gallinaza, 2.178 t/ha.

Los valores de rendimiento de los tratamientos orgánicos no mostraron diferencias estadísticamente significativas al compararlos entre sí, por lo que se concluye que el abonado orgánico realizado con cualquiera de estos fertilizantes es adecuado para el cultivo del amaranto.

Los suelos de tipo cambisol han mostrado ser una unidad edáfica con mejores condiciones para el cultivo de amaranto con respecto a suelos de tipo regosol, andosol y vertisol.

La práctica tradicional de la preparación de semilla con estiércol de caballo (caballaza) contribuye a obtener mayores rendimientos en el cultivo de amaranto y acelera la emergencia de las plántulas.

Los resultados de los análisis de las variables botánicas altura de planta, longitud y perímetro de la inflorescencia mostraron diferencias significativas para cada tratamiento orgánico: Guano y Bionitro registraron las plantas más altas con 171 y 154 cm respectivamente; así como también las longitudes de inflorescencia mayores con 68.2 y 63.65 cm respectivamente; mientras que Guano y Testigo registraron los perímetros de inflorescencia mayores con 36.5 y 32.2 cm respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

A la Incubadora de Empresas, Emprender Siglo XXI, con apoyo de la fundación PRODUCE Puebla, por la donación de los abonos orgánicos utilizados en el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Abad-Fitz I. 2003. *Efecto ecoclimático y fertilización orgánica en la producción de amaranto en un Andosol*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

Alvarado, M. S.V. y De la Rosa, T. L. 2007. *Tecnología de producción orgánica de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) en el municipio de Atzizihuacán, Puebla*. Proyecto de producción orgánica de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en los municipios de Atzizihuacán y Tochmilco, Estado de Puebla. SADI S.C. México.

Beltrán, S. J.A. 2005. *Producción de amaranto Amaranthus hypochondriacus L. fertilizado con gallinaza en Huazulco, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Campos, I. L. 1999. *Perfil bromatológico de semillas de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes tipos de fertilización orgánica*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Castillo, G. C. 2005. *Efecto de la aplicación de la gallinaza en el cultivo del amaranto Amaranthus hypochondriacus L. en el campo experimental CBTa no. 39 de Temoac, Morelos*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

García, E. L. 2000. *Evaluación de gallinaza y urea sobre la producción de amaranto en Atzizihuacán, Puebla*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Gómez, M. A. 2004. *La agricultura orgánica en México y en el mundo*. CONABIO. Biodiversitas no. 55.

Gómez, T. L., Gómez, C. M. y Schwentesius R. 2002. *Formulación de una propuesta para el estímulo y desarrollo de la agricultura orgánica en México*. Seminario Latinoamericano: Producción, Comercialización y Certificación en Agricultura orgánica. Resúmenes. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

González, P. B. 2006. *La Revolución verde en México*. Revista Agraria Sao Paulo, no. 4. Sao Paulo, Brasil.

González, J.A.K. 2007. *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto a diferentes fechas de siembra con fertilización orgánica en Temoac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Hernández, Garciadiego. R. y Herrerías, Guerra G. 1998. *Amaranto: Historia y Promesa*. En: Horizonte del Tiempo vol. 1. Patrimonio Histórico de Tehuacán A.C.

Jaramillo, S. F. 2005. *Estudio energético de la producción de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) con la aplicación de gallinaza como fuente de nitrógeno en Amilcingo, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Monsalvo, J. C.B., 2006. *Producción de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) en tres fechas de siembra en Huazulco, Temoac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

Morales, P. J., D. J. Granados S. y J. Martínez H. 1989. *Respuestas del amaranto*

(*Amaranthus hypochondriacus* L.) a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del estado de Tlaxcala. En: El amaranto (*Amaranthus* spp.) su cultivo y su aprovechamiento. Colegio de Posgraduados. Montecillo. México. p. 152 – 174.

Morales, O. E., 2000. *Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del amaranto en dos fechas de siembra en Cuernavaca, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

Ocampo, L.I .E. 2003. *Respuesta de diferentes dosis de fertilización orgánica (gallinaza) en el cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) en Huitzilac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Oliver, R. G, M. Taboada, S., E. Morales, M. Rojas M. 2000. *Producción de amaranto con fertilización orgánica en Axochiapan, Morelos*. México 30º Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Veracruz, Veracruz.

Rendón, M. R. 2004. *Evaluación comparativa de sustentabilidad en sistemas agrícolas, convencionales, mixtos y orgánicos de México*. Tesis de Doctorado. CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Restrepo, R.J. 2001. *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica.

Rojas, M. M. 2000. *Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de amaranto Amaranthus hypochondriacus L. en el campo experimental de la UAEM*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Ruiz, F. J. F. 1997. *Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánico*. En: Altamirano. Z. R. J. y R. Calderón A. (Edits.) Agricultura orgánica Producción de México hacia el mundo. Memorias del Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, D.F. p.23-46

Sahota, Amarjit. 2004. *Overview of the global market for organic food and drink*. En: The world of organic agriculture. Statistic and emerging trends 2004. IFOAM, FIBL, SOL. Alemania.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (SAGARPA), 2007. *Abonos Orgánicos*. En: Sistema de Agronegocios Agrícolas.

Taboada, M., Oliver, G., Granjeno, A., Bahena, M. 1999. *Amaranto: cultivo altamente sustentable en el Estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

Taboada, M., Oliver, R. Barreto, M. y Bonilla, F. 2003. *Cultivo del Amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México*. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

Willer y Yusseffi. 2005. *The World of organic Agriculture*. Statistic and emerging trends 2004. IFOAM, FIBL, SOL. Alemania.