

EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS PARA EL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus cruentus* L.) EN TEMOAC, MORELOS, MÉXICO

ORGANIC FERTILIZER EVALUATION FOR AMARANTH (*Amaranthus cruentus* L.) PRODUCTION IN TEMOAC, MORELOS, MEXICO

Iris Daniela Osnaya-Barrera¹, María Eugenia Bahena-Galindo^{2*}, Rogelio Oliver-Guadarrama², Isaac Tello-Salgado², María Idalia Cuevas-Salgado², Francisco Javier Sotelo-Rivera²

¹Facultad de Ciencias Biológicas. ²Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa. CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor para correspondencia: Correo-e: bahenam@uaem.mx

RESUMEN

Ante los problemas graves de salud que en la actualidad aquejan a nuestra sociedad, como obesidad, diabetes, etc, resulta necesario mejorar nuestros hábitos de alimentación. El amaranto (*Amaranthus spp*) es un alimento nutritivo, con alto contenido de proteína y por sus características agronómicas, es un cultivo con potencial de explotación y variedades que se adaptan a condiciones edáficas y climáticas diversas. En este proyecto se planteó como objetivo: Evaluar el efecto de la adición de abonos orgánicos en el crecimiento, desarrollo, producción, rendimiento y calidad de semilla del cultivo de *Amaranthus cruentus* L., en Temoac, Morelos, México; para lo cual se montaron

parcelas experimentales durante agosto-diciembre del 2018 bajo régimen de temporal. Los resultados mostraron que las propiedades físicas del suelo no sufrieron cambios con la incorporación de los abonos orgánicos; no obstante, los cambios se vieron reflejados en la altura de las plantas de los tratamientos con respecto al testigo, teniendo la composta el valor más alto en promedio (155.67 cm) comparado con el resto de los tratamientos (guano 149.20 cm; bionitro 150.13 cm, combinado 151.63 cm y testigo con 128.70 cm). En cuanto al rendimiento, la composta obtuvo 3651 kg/ha siendo el de mayor nivel en tanto que el testigo fue de 1234 kg/ha.

Palabras clave: *Amaranthus spp*, abonos orgánicos, propiedades físico químicas del suelo.

ABSTRACT

Given the serious health problems that currently afflict our society, such as obesity, diabetes, etc, it is necessary to improve our eating habits. Amaranth (*Amaranthus* spp) is a nutritious food, with a high protein content and due to its agronomic characteristics, it is a crop with potential for exploitation and has varieties that adapt to diverse edaphic and climatic conditions. The objective of this project was to: Evaluate the effect of the addition of organic fertilizers on the growth, development, production, yield and quality of seed of the *Amaranthus cruentus* L. crop, in Temoac, Morelos, México; For which, experimental plots were set up during rainy season of August-December 2018. The results showed that the physical properties of the soil did not experiment changes with the incorporation of organic fertilizers; However, the changes were reflected in the height of the plants of the treatments with respect to the control treatment, having the compost the highest value on average (155.67 cm) compared to the rest of the treatments (guano 149.20 cm; bionitro 150.13 cm, combined treatment 151.63 cm and control treatment with 128.70 cm). Regarding the yield, the compost obtained 3651 kg/ha, being the highest level, while the control treatment was 1234 kg/ha.

Keywords: *Amaranthus* spp, organic fertilizers, physicochemical properties of the soil.

INTRODUCCIÓN

Ante los problemas graves de salud que en la actualidad aquejan a nuestra sociedad, como obesidad, diabetes, etc., resulta necesario mejorar nuestros hábitos de alimentación. El amaranto (*Amaranthus* spp) es un alimento nutritivo, con buen contenido de proteína y fibra (Contreras *et al.*, 2011). Tuvo una relación estrecha con las comunidades prehispánicas de Mesoamérica que lo consideraban como un alimento sagrado y fundamental en la dieta cotidiana, por lo que tenía su lugar junto al

maíz y al frijol. En lengua originaria se le llamaba huautli, que quiere decir “la más pequeña dadora de vida”. Al igual que los pueblos originarios de México, el amaranto continúa “luchando” para mantenerse vivo en las comunidades, resistiendo los embates culturales que lo prohibieron desde la época colonial hasta la dominación de esta nueva forma de vida que pretende homogenizar al mundo (Del villar, 2018).

Por sus características agronómicas, es un cultivo con gran potencial de explotación ya que es una planta que puede crecer en diferentes tipos de suelos, se adapta a altas temperaturas y es tolerante a sequías, por lo que se puede producir en regiones donde otros cultivos difícilmente pueden cultivarse. Aunque el amaranto ha sido cultivado tradicionalmente en regiones comprendidas entre el Ecuador y los 30° de latitud; ésta planta puede ser cultivada en latitudes mayores si se utilizan materiales que puedan florecer aun cuando no cuenten con el fotoperiodo de los trópicos (National Research Council, 1984).

El Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP, 2017) reportó para el año 2015, que en el estado de Morelos se sembraron 230 ha con un rendimiento de 0.700 ton/ha, en este mismo año ocupó el cuarto lugar a nivel nacional en cuanto a superficie sembrada de temporal. En 2016 las hectáreas sembradas fueron 250 con un rendimiento de 1.350 ton/h, en 2017 fueron sembradas 175 hectáreas con un rendimiento de 0.300 ton/ha cultivadas de forma tradicional haciendo uso de fertilizantes químicos. Aunado a esto, entre 1980 y 2010, los precios reales pagados por la producción han decrecido a una tasa media anual del 5.28%, mientras que el índice de precios de los fertilizantes, específicamente la urea, se ha incrementado a una tasa media anual de 24.49%. El comparativo de esos precios indica que los insumos van al alza, a una tasa mayor, influyendo de manera negativa sobre la rentabilidad. Una alternativa es poner en práctica técnicas que permitan obtener productos más saludables a través de la

agricultura orgánica, que de acuerdo con Cussaianoviich, (2001) y Pérez y Landeros (2009) está se identifica, generalmente, como una técnica que evita el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad. Mientras que Espinoza *et al.*, (2007), señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que mejora el manejo del suelo y fomenta el uso de insumos locales.

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada (Piccinini y Bortone, 1991).

De acuerdo con Herrán *et al.* (2008) existen diferentes abonos, los más comunes son: compostas, lombricompostas, bocashi, abonos verdes, estiércoles y caldos minerales.

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos, entre ellos: mejoran la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejoran la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumentan la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejoran la capacidad de intercambio catiónico del suelo, ayudando a liberar nutrientes para las plantas; facilitan la labranza del suelo.

En su elaboración se aprovechan materiales locales, reduciendo su costo; sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo; se genera empleo rural durante su elaboración; son amigables con el medio ambiente porque sus ingredientes son naturales; aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y lo mejor de todo, son más baratos (Gómez, *et al.*, 2011). Es por

esto que en el presente trabajo se propone como alternativa el uso de abonos orgánicos para la fertilización de dicho cultivo tratando de mejorar los costos de producción, así como incorporar materia orgánica al suelo para su recuperación a mediano plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El estado de Morelos se encuentra localizado en la parte central de la República Mexicana y consta de 33 municipios. El presente trabajo se llevó a cabo en la localidad de Huazulco, en el municipio de Temoac; el cual se encuentra ubicado al Oriente del estado y geográficamente entre los paralelos 18°50'23" de latitud Norte y 90°10'32" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con un rango altitudinal entre los 1450 y 1550 msnm. Con una extensión territorial de 37.04 km² y dividido en cuatro localidades que son: Temoac, Amilcingo, Huazulco y Popotlan (Figura 1) (INEGI, 2009).

Presenta un clima semicálido, el más fresco de los cálidos A(C)w0", con lluvias en verano y con una temperatura media anual de 19.76 °C. Las variaciones de lluvias: Máximas de 1,993.8 mm y mínimas de 1,688.6 mm, el mayor volumen de lluvias es el que se registra durante los meses de mayo - octubre con una captación promedio anual de 1693 mm (Michel Luna *et al.*, 2017).

Esta zona presenta dos unidades de suelo, vertisol y regosol, de acuerdo con la clasificación de la FAO; la primera se caracteriza por tener una estructura masiva y alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsable en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Son muy fértiles pero

su dureza dificulta la labranza. La segunda es caracterizada por que tiene poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí, en general son claros o pobres en materia orgánica.

Para la realización de la presente investigación, se montaron parcelas experimentales durante el periodo agosto-diciembre de 2018 bajo régimen de temporal, en la localidad de Huazulco, perteneciente al municipio de Temoac, que se localiza geográficamente entre los paralelos 18°44'59.4" LN y los 98°44'50.9" LW, a una altitud de 1552 msnm. El experimento se manejó bajo un diseño de bloques completamente al azar (Fernández *et al.*, 2010) en los cuales se aplicaron cinco tratamientos con tres repeticiones, por lo que se obtuvieron 15 parcelas de 10 m de largo y 7 m de ancho, Los tratamientos aplicados se presentan en el Cuadro 1. La aplicación de los tratamientos se realizó previa determinación del porcentaje de nitrógeno contenido en cada uno de ellos para cubrir la dosis óptima requerida por el cultivo de amaranto que es de 150 kg N/ha. Estos

fueron aplicados una vez que la planta alcanzó 20 cm de altura. El tratamiento "Químico" fue considerado como "Testigo" para fines comparativos. Para poder llevar el control del trabajo se dividió en 3 fases: de campo, de laboratorio y de gabinete.

Cuadro 1: Tratamientos aplicados en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Tratamientos	Modo de aplicación
Composta	A pie de mata
Guano	Foliar
Bionitro	Foliar
Combinado	A pie de mata y foliar
Químico (Testigo)	A 10 cm del pie de mata

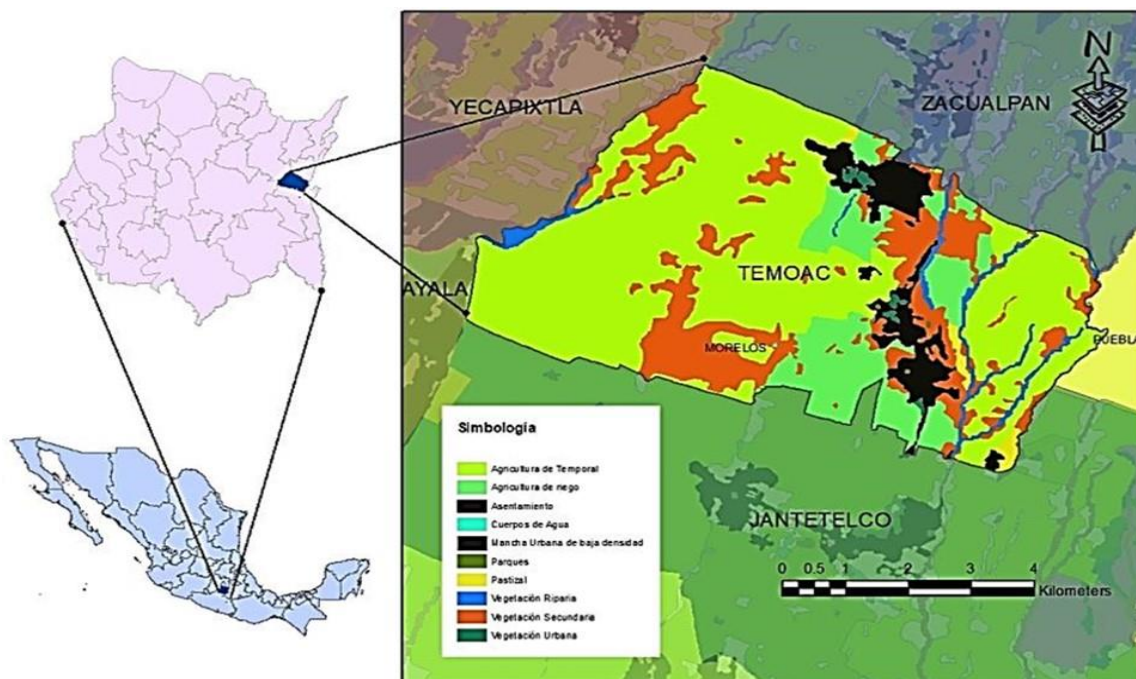


Figura 1: Área de estudio del experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Fase de campo

Toma de muestras.

Se efectuaron dos muestreos de suelo: el primero antes de la siembra y el segundo después de la cosecha, este último se tomó en cada parcela experimental; ambos a una profundidad de 0 a 30 cm, se etiquetaron con la fecha, número de parcela y nombre del tratamiento, posteriormente fueron llevadas al laboratorio para su análisis.

Preparación del terreno y siembra.

La adecuada preparación del terreno facilita la retención de la humedad del suelo y propicia un mayor aprovechamiento de los fertilizantes. Para esto se realizó un barbecho, una cruz, un rastreo y un surcado a 80 cm de separación entre surco y surco.

Se realizó una siembra tardía llevándose a cabo el día 20 del mes de agosto, ya que las fechas establecidas para este cultivo van del 15 de junio al 15 de julio; de forma mecanizada utilizándose una maquina sembradora de maíz en la que la semilla fue depositada en la tolva donde se coloca el fertilizante químico dado el tamaño peculiar de dicha semilla, utilizando una variedad conocida o denominada por los productores de esa región como "variedad roja".

Fertilización.

Una vez que la planta alcanzó la altura de 20 cm o un mes de edad se llevó a cabo la aplicación de los tratamientos sólidos (composta y combinado) en forma de "banda"; Mientras que para los de naturaleza líquida (guano y bionitro), se implementó el uso de una bomba aspersora de 15 l.

Cosecha y trillado. Se cosecharon las panojas de forma manual y por tratamiento, previa determinación del tiempo apropiado de la cosecha, una vez cortadas se colocaron al sol durante dos semanas para que perdieran la humedad, posteriormente se trilló y se limpió pasándolo por mallas de

diferentes aberturas para eliminar las impurezas y obtener la semilla.

Mediciones botánicas.

Para evaluar el efecto que tuvieron los diferentes abonos orgánicos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas relacionando con la fertilidad del suelo, se seleccionaron 30 plantas por tratamiento, que representan el 10% de la densidad total por hectárea, a las cuales se les tomaron las medidas botánicas de: altura total de la planta, diámetro del tallo, altura y diámetro de la panoja; además se midió el rendimiento por parcela y se estimó el rendimiento por hectárea.

Fase de laboratorio

Secado y análisis de las muestras de suelo.

Las muestras se pusieron a secar bajo sombra a temperatura ambiente (22-25 °C); una vez secas las muestras se realizó el tamizado en una malla de 36 micras. Seguido a esto se determinaron los parámetros físicos y químicos bajo la norma NOM-021 SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, clasificación, estudio, muestreo y análisis de suelos; para tal efecto se determinó dentro de los físicos, la densidad real y aparente, componentes texturales, porcentaje de porosidad y color del suelo; en el caso de los químicos, porcentaje de materia orgánica, pH, carbono y nitrógeno.

Calidad de la Semilla.

Para determinar la calidad de las características cualitativas de la semilla es necesario realizar diferentes pruebas tales como: Tamaño, color, pureza y germinación; esto se llevó a cabo bajo la Norma Mexicana NMX-FF 116-SCFI-2010.

Tamaño y color.

Para realizar esta prueba se hizo uso de un microscopio estereoscópico (Estéreo Star Zoom 0.7XTO4.2X570) con reglilla integrada. Se tomó como base un gramo de

semillas de cada tratamiento. El color se observó a través del mismo microscopio.

Pureza.

La técnica consiste en observar 1000 semillas realizando una separación de las vanas (sin embrión), llenas (con embrión) y oscuras, para calcular el porcentaje de pureza.

Germinación.

Para realizar las pruebas de germinación se utilizó la técnica de Alarcón *et al.* (2013), la cual consiste en colocar en cajas Petri de 90 X15mm, 100 semillas por cada tratamiento y con tres repeticiones, colocadas en papel filtro húmedo en el cual se dispersan las semillas y se dejan en un lugar fresco a temperatura ambiente y en la obscuridad durante 7 días sin moverlas.

Fase de gabinete

Análisis estadísticos.

Finalmente, con los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y un análisis de componentes principales (ACP), con la finalidad de encontrar la relación entre cada una de las variables determinadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas

Las parcelas experimentales fueron montadas en una unidad de suelo denominada vertisol, cuyas características físicas determinadas antes de la siembra fueron: color en seco: pardo grisáceo oscuro; en húmedo: pardo oscuro; mientras que al aplicar los tratamientos de composta y guano estos se tornaron más oscuros debido a la incorporación de la materia orgánica cambiando a una tonalidad de pardo grisáceo muy oscuro hasta llegar al color negro.

Presentó una textura Franco-arcillosa con una tendencia hacia un franco-arcillo-arenoso conforme se va incrementando la pendiente.

La densidad aparente fue de 1.2 y la densidad real de 2.3, antes de la siembra y después de la cosecha no mostrando cambio alguno, esto debido a que los niveles de descomposición y de incorporación de la materia orgánica es lenta, además que el contenido de arcillas es bajo, puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad, lo que concuerda con lo descrito por Taboada y Álvarez (2008).

Propiedades Químicas

pH en agua y Cloruro de Potasio.

La determinación del valor de pH es probablemente una de las mediciones químicas más importante que se puede hacer en un suelo. A pesar de su simplicidad, no sólo indica si es ácido, neutro o alcalino, sino que aporta información básica para conocer su potencial agrícola, estimar la disponibilidad de nutrientes esenciales y la toxicidad de otros elementos (Kloster *et al.*, 2008). En el presente trabajo se midió el pH en agua y en KCl y los resultados muestran que la adición de los abonos orgánicos no modificó el potencial de hidrógeno, ya que antes de la siembra y después de la cosecha se caracterizó como ácido, dentro de la escala de valores.

Porcentaje de Materia orgánica, Carbono y Nitrógeno.

La fertilidad natural de un suelo está determinada por la cantidad de materia orgánica que este contenga. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000). Dentro de los componentes principales de la materia orgánica se encuentran el carbono que es la fuente primaria de energía y el nitrógeno el cual es necesario para el crecimiento de los microorganismos (Lal, 2004). Por lo que la materia orgánica entre tratamientos fue significativamente diferente mostrando un ligero incremento cuando se aplicó composta, sin embargo, respecto al testigo y a la presiembra se observaron diferencias significativas, esto debido a la irregularidad del terreno que mostró una pendiente,

ocasionando un arrastre de material hacia el punto más bajo del terreno, alterando los valores obtenidos en las mediciones. Respecto al porcentaje de carbono y nitrógeno se observó el mismo comportamiento, incrementándose los valores al usar composta; como lo menciona, Castellanos *et al.* (2000) en el suelo, la principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica y las formas disponibles son: nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) y solo el 98-99% se encuentra en forma orgánica como parte del humus y no está disponible inmediatamente, ya que requiere de diversos procesos de mineralización.

Variables Botánicas

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). De acuerdo al análisis de varianza al comparar las alturas de los cuatro tratamientos se observan diferencias significativas respecto

al testigo con alturas superiores a 136 cm, observándose una mayor altura en los cuatro tratamientos, demostrando la efectividad de la aplicación de los abonos orgánicos (Figura 2).

Diámetro del Tallo.

En esta variable se observaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos, Observándose mayor diámetro del tallo en el testigo (Figura 3). El diámetro del tallo es un parámetro de gran importancia en las plantaciones, ya que influye sobre el doblamiento de los tallos cuando son afectados por fuertes vientos. (Vásquez y Ruiz, 1993).

Altura de la panoja.

Esta variable tiene una relación directamente proporcional con la aplicación del nitrógeno, siempre y cuando se haya aplicado antes de que las panojas alcancen su máximo desarrollo (Rojas, 2000). Al comparar los resultados obtenidos por el análisis de varianza, se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo (Figura 4).

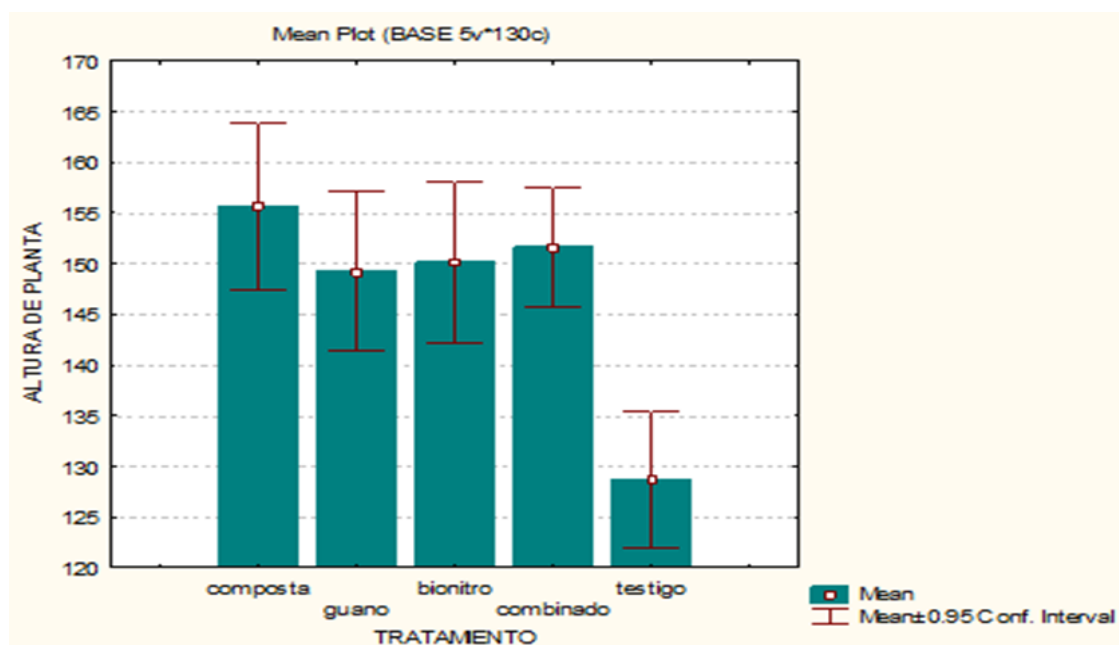


Figura 2. Altura total de la planta en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

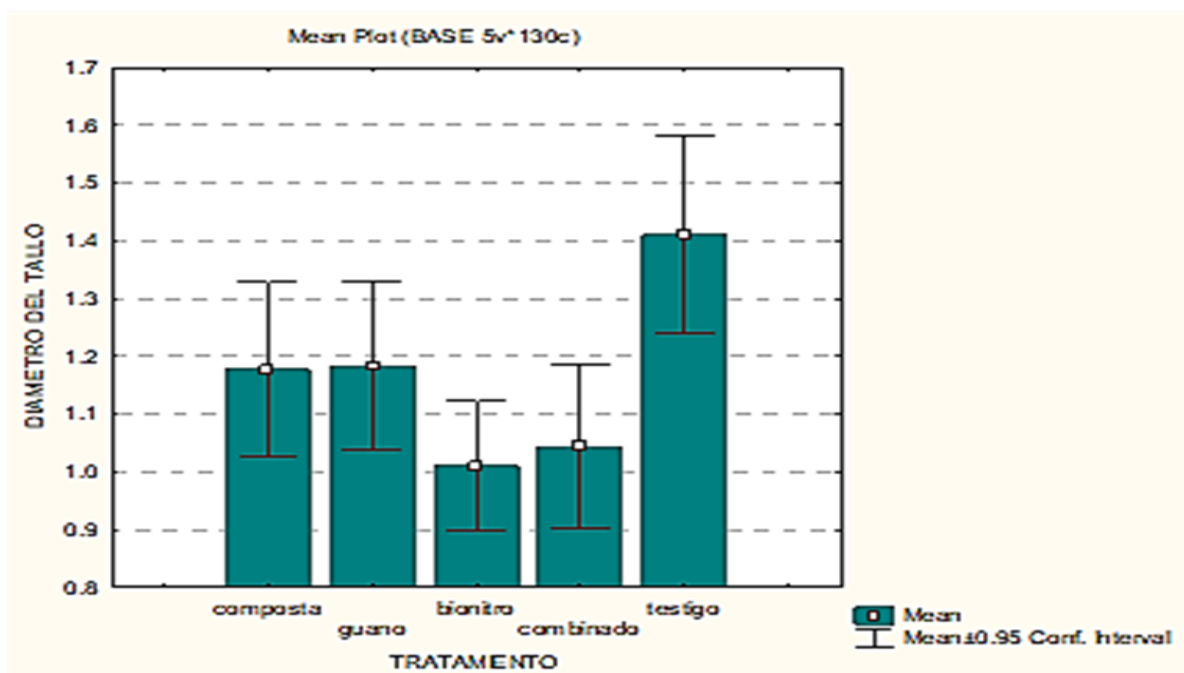


Figura 3. Diámetro del tallo en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

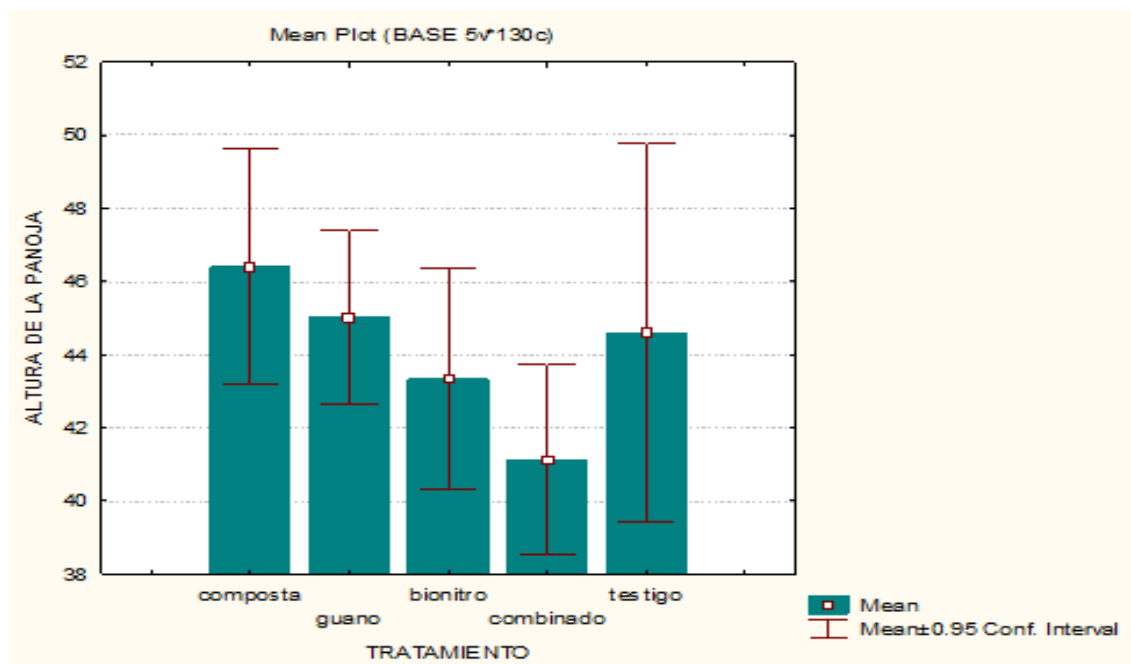


Figura 4. Altura de la panoja en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Diámetro de la panoja.

Para esta variable, de acuerdo a los análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos que presentaron diámetros de: composta 30.97cm, guano 31.27cm, bionitro 31.00 cm y combinado 30.40 cm; donde el testigo fue superior (40.80 cm) (Figura 5). Lo cual concuerda con (Morales, 2000; Beltrán, 2005; Monsalvo, 2006), donde mencionan que el diámetro 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.

Rendimiento.

Al comparar los resultados de los rendimientos (Figura 6) se observó que la composta obtuvo la mayor cantidad de semilla cosechada con un valor de 3651 kg/ha, seguido del bionitro con 2022 kg/ha y el guano con 1933 kg/ha, mientras que los rendimientos más bajos se presentaron en el tratamiento del combinado y el testigo, el primero con 1386 kg/ha y el segundo 1234

kg/ha. Al comparar los resultados presentados por el SIAP (2018), los tratamientos de composta, bionitro y guano rebasaron el promedio estatal reportado de 1500 kg/ha para ese año, cultivado con agroquímicos.

Calidad de la Semilla.

Un factor básico para el éxito de la agricultura moderna es la utilización de variedades con potencial para obtener altos rendimientos en granos o forrajes. Para contribuir a este propósito, se han desarrollado técnicas de análisis que permiten evaluar la calidad de las semillas para la siembra (Hernández y Carballo, 1997). La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995).

La calidad de la semilla de amaranto se describe en el Cuadro 2.

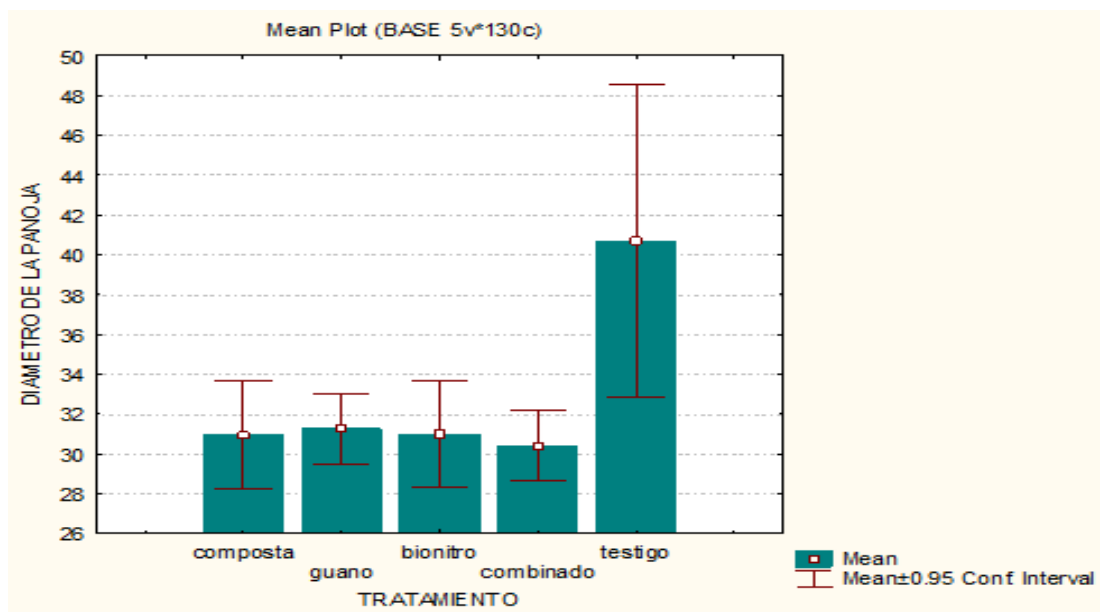


Figura 5. Diámetro de la Panoja en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

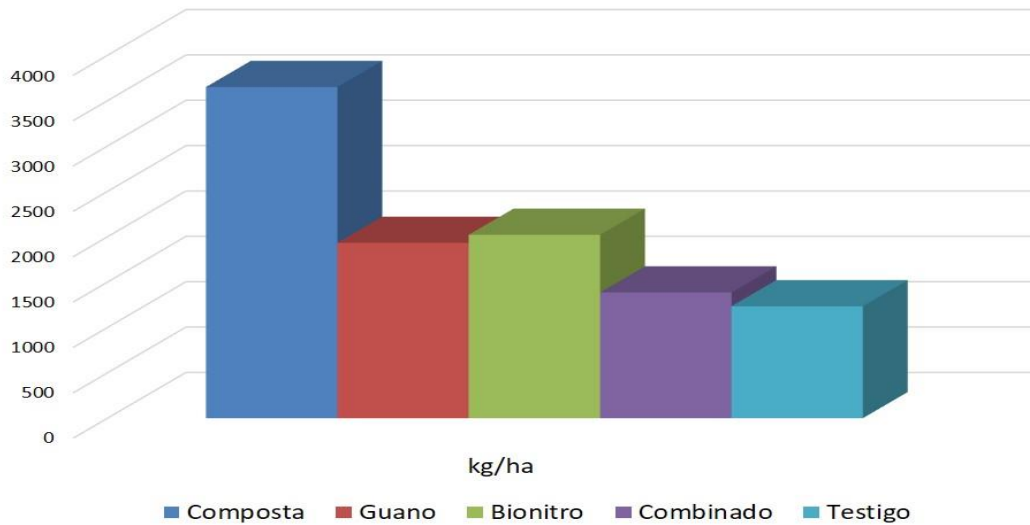


Figura 6. Rendimiento del cultivo de amaranto (Kg/ha) en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Cuadro 2. Norma Oficial para medir la calidad de la semilla de Amaranto.

CLAVE O CODIGO	TITULO DE LA NORMA
PROY-NMX-FF-116-SCFI-2010	PRODUCTOS AGRICOLAS DESTINADOS PARA CONSUMO HUMANO - GRANO REVENTADO DE AMARANTO (<i>Amaranthus</i> spp.) PARA USO Y CONSUMO HUMANO - ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ENSAYO.
<p>Objetivo y campo de aplicación</p> <p>El presente Proyecto de Norma Mexicana establece las especificaciones y los métodos de prueba que aplican al grano de amaranto (<i>Amaranthus</i> spp.) reventado que se comercializa en el territorio nacional, destinado para consumo humano. Se excluye el grano reventado destinado para uso animal o industrial.</p>	

Tamaño de la semilla.

Los resultados obtenidos muestran que la semilla más grande se obtuvo con el testigo, mostrando diferencias significativas en el análisis de medias por el método de Duncan, en el resto de los tratamientos no se observaron diferencias significativas, sin embargo, la diferencia no fue mayor a dos micras (Figura 7). Dicha diferencia se relaciona con la altura y el diámetro de la panoja ya que la respuesta de la planta se da en el sentido de que, si no tiene las condiciones de nutrición adecuadas, esta tiende a desarrollar la estrategia de dirigir nutrientes disponibles a

la formación de semillas que garanticen reproducción y permanencia de la especie.

Pureza de la semilla.

El Cuadro 3 muestra los resultados del porcentaje de semillas puras, de color y vanas y en la Figura 8, se observan las características físicas que se consideran para la pureza; determinando así, que todos los tratamientos cumplen con el requisito de los estándares marcados por la norma NMX-FF-116-SCFI-2010, la cual establece que deben cumplir con el 95% de pureza para ser una semilla viable.

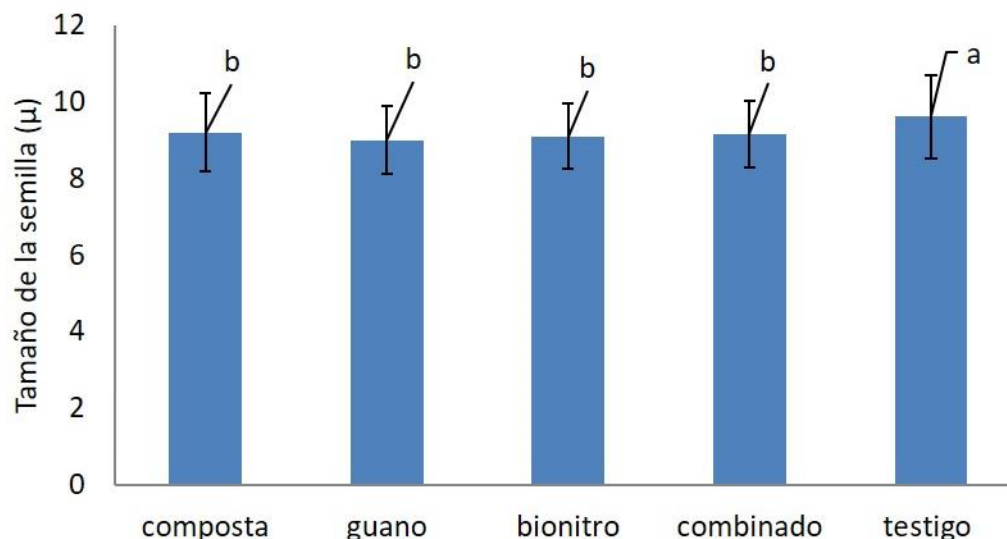


Figura 7. Tamaño de la semilla (micras) en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Cuadro 3. Porcentaje de semilla pura en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

Tratamiento	Pureza (%)	Semilla vana (%)	Semilla negra u oscura (%)
Composta	96.8	1.4	1.8
Guano	97.0	1.4	1.6
Bionitro	97.7	0.7	1.6
Combinado	96.1	1.9	2.0
Testigo	96.1	1.9	2.0



Semilla Pura



semilla vana



semilla negra u oscura

Figura 8. Características físicas de la semilla que se consideran para la pureza.

Germinación.

Los resultados de esta prueba permiten recomendar la continuidad de las semillas para la siembra en ciclos posteriores de los tratamientos de, guano y bionitro, ambos con 86% y el combinado con 88%, ya que cumplen con los estándares requeridos para considerarla como una excelente semilla, esto de acuerdo a Ruiz *et al.*, (2010) donde mencionan que una óptima semilla debe tener una germinación mayor al 85%, de esta manera la semilla estará lista para ser sembrada con la suficiente confiabilidad en la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica, para su establecimiento y producción. Mientras que la semilla producida con composta germinó 84% y la del testigo 68%, se considera que no cumplen con esta condición marcada por dicho autor.

Análisis de Componentes Principales

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP), el cual agrupa todas las características relacionadas entre sí con todos los datos obtenidos (Figura 9).

Como parte de la presente investigación se muestran los comparativos de los parámetros edáficos y los del desarrollo del cultivo de amaranto, beneficiados con el aporte de abonos orgánicos bajo condiciones de temporal a cielo abierto. El ACP tiene como objetivo agrupar las características estudiadas íntimamente relacionadas (Figura 9), con este análisis se describe el comportamiento de cada una de las variables edáficas realizadas en la presiembra y la poscosecha, con el crecimiento y desarrollo del cultivo. El

análisis de componentes principales de los tratamientos e individuo en cuatro tiempos, presento en los dos primeros ejes una varianza del 80.49%. El primer eje explica las variables de la semilla y propiedades físicas del suelo, observándose en el cuadro superior derecho la variable (% DE GERM) no correlacionada con ninguna otra variable; en el superior izquierdo se relacionan las variables (D. PAN, SEM PURAS, TAM SEM) con la variable (%POR). En la parte inferior derecha se encuentran relacionadas las variables químicas (M.O., % C, pH en KCL) y las biológicas (% SEM DE COL, % SEM VANAS, D. TALLO, ALT PLAN). En el inferior izquierdo se presentan las variables físicas (D.R, D.A) y químicas (pH en H₂O y %N) relacionadas con las biológicas (ALT PAN, REND).

CONCLUSIONES

La relación en el rendimiento asociado a la altura de la planta, altura y diámetro de la panoja se cumple con el tratamiento de la composta, sin embargo, en cuanto a la calidad de la semilla, en el tamaño, no cumple con esta relación dado que el testigo obtuvo el tamaño mayor respecto a todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos en la calidad de la semilla de los diferentes tratamientos comparados con el testigo muestran diferencia en el tamaño y porcentaje de germinación.

En cuanto al rendimiento se observa que todos los tratamientos rebasaron la media estatal reportada por el SIAP, 2018.

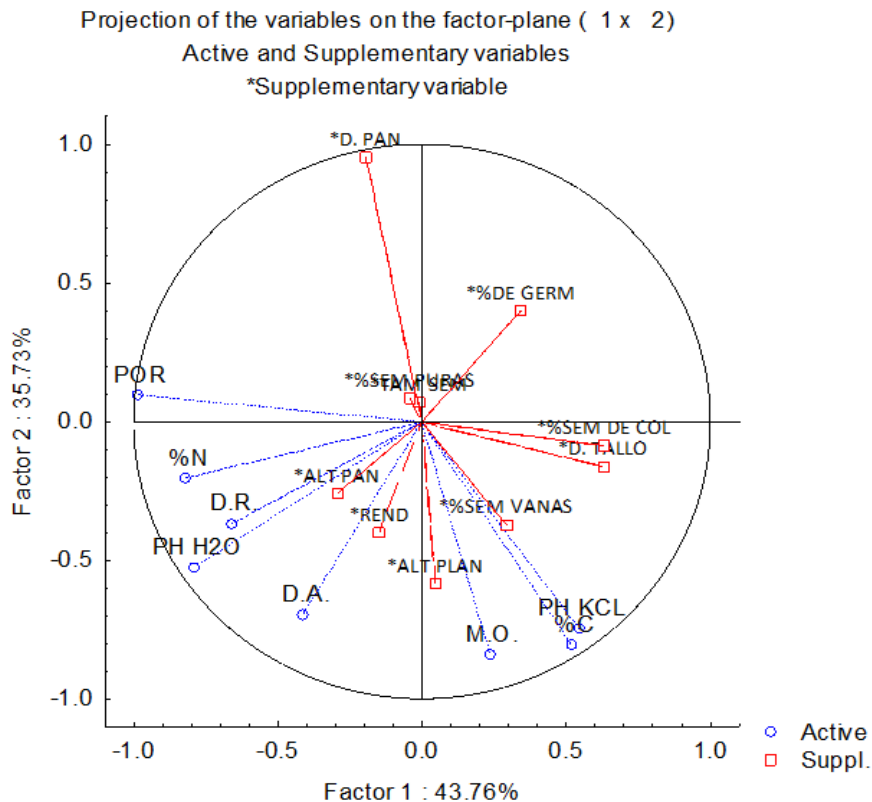


Figura 9. Análisis de componentes principales en el experimento para la evaluación de abonos orgánicos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

LITERATURA CITADA

- Aguilera, S.M., 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. pp. 77-85.
- Alarcón, A. I., M. E. Bahena-Galindo, R. Oliver-Guadarrama. 2013. Calidad de la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Investigación Agropecuaria 10(2): 117-128.
- Basra, A. S. 1995. Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Basra, A. S. (ed.) Food Products Press. Preface. New York, USA.
- 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.
- Castellanos R., J. Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. 2a edición. México. 201 pp.
- Contreras L., E., O. Jaimez J., J.C. Soto R., A. Castañeda O., M. J. Añorve. 2011. Aumento del contenido proteico de una bebida a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Revista Chilena de Nutrición 38(3): 322-330.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. Principles of seed science and technology. 3rd. ed. Chapman and Hall. New York, USA. 409 pp.

- Cussaianoviich, P. 2001. Una aproximación a la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica* 1: 23-26.
- Del Villar Z., M. 2018. Memorias del Primer Congreso Mundial de Amarantho. Cholula, Puebla, México. 456 pp.
- Espinoza V., J. L., A, Palacios E., N. Ávila S., A. Guillén T., De Luna P de la R., R. Ortega P., B. Murillo A. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. *INCI* 32(6): 385-390 EU.
- Fernández E., Trapero A., Domínguez J. 2010. Experimentación en Agricultura. *Consejería de Agricultura y Pesca*. pp. 93-98.
- Gómez, D., Vásquez, M., Rodríguez, I., Posas, F., & Matute, D. 2011. Producción orgánica de hortalizas de clima templado. *Abonos orgánicos* 119(3): 13-22.
- Hernández L., A. y A. Carballo C. 1997. Pruebas de germinación y vigor en semillas de maíz de diferentes áreas de adaptación. *Agrociencia* 31(4): 397-403.
- Herrán J., A.F., R.S. Torres R., E.R. Martínez G., M. Ruiz R., O. Portugal V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible* 4(1): 57-68.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Recuperado el 20 de febrero de 2019, de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=17#>
- 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.
- Kelly A., F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical-John Wiley and Sons. New York, USA. 227 pp.
- Kloster. N. S., M. P. Azcarate., F.J. Babinec, A. Bono. 2008. Comparación de técnicas de medición del pH del suelo: pH pasta de saturación en relación suelo agua.1:2.5. XXI Congreso de la Ciencia del suelo. Asociación Argentina de la Ciencia del suelo (AACCS).
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 1213(2): 1-22.
- Michael-Luna, J., H. Aldrede-Valencia, E. Osnaya-Vizzuett. 2017. Diagnóstico municipal de Temoac, Morelos.
- 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 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.
- National Research Council. 1984. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop, Washington, D.C., National Academy Press.
- Norma Mexicana. NMX-FF-116-SCFI-2010. La cual se refiere a productos agrícolas destinados para el consumo humano, grano reventado de Amarantho (*Amaranthus spp*).
- Pérez V., A., C. Landeros. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Revista Elementos*. https://www.researchgate.net/publication/280319205_Agricultura_y_deterioro_ambiental

- Piccinini, S. y G. Bortone. 1991. The fertilizer value of agriculture manure: simple rapid methods of assessment. *J. Agric. Eng. Res.* 49: 197-208.
- 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 E., F., F.A. Beltrán M., J.G. Loya R., B. Murillo A., A. Nieto G., M.A. Torres T., J.L. García H., S. Zamora S. y J.E. Breton M. 2010. Tecnología para la Obtención, Producción y Conservación de Semillas Orgánicas, capítulo XIV de agricultura orgánica. Tercera parte. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.gob.mx/siap/
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.gob.mx/siap/
- Taboada, M., C.R. Álvarez. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Vásquez G., J., O.M. Ruiz G. 1993. Influencia de cultivos antecesores y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.), Moench) y Pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis. UNA Managua-Nicaragua. 75 pp.