

CALIDAD DE LA SEMILLA DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.) FERTILIZADO CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE TOCHIMILCO, PUEBLA, MÉXICO

SEED QUALITY OF AMARANTH (*Amaranthus hypochondriacus* L.) FERTILIZED WITH
ORGANIC FERTILIZER IN THE MUNICIPALITY OF TOCHIMILCO, PUEBLA STATE, MEXICO

**Adelaida Ivete Pérez-Alarcón¹, Maria Eugenia Bahena-Galindo^{2*},
Rogelio Oliver-Guadarrama²**

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

²Laboratorio de Edafoclimatología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av Universidad 1001, col Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor responsable. Correo-e: bahenam@uaem.mx

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos en México es una práctica que está cobrando interés (económico, ambiental, alimenticio) y en la actualidad es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con alto valor nutricional. Uno de estos alimentos tradicionales es el amaranto, utilizado para la alimentación y la elaboración de productos artesanales (confitería). Debido a las características nutricionales y la flexibilidad que presenta el cultivo, se plantea como objetivo general de este proyecto evaluar la calidad de la semilla (reventado, germinado y contenido proteico) de amaranto cultivado con diferentes abonos orgánicos. El experimento se realizó en el municipio de Tochimilco, en el centro-oeste

del estado de Puebla. Se montaron parcelas experimentales bajo el régimen de temporal, fertilizadas con dos tipos de composta y Bionitro®. Los resultados sugieren que la transformación y procesamiento del reventado de la semilla de amaranto permite al consumidor obtener de este cereal los nutrientes benéficos para el hombre. El mejor tratamiento en cuanto a rendimiento fue el Bionitro (1409 kg/ha), seguido de la composta 2 (1191 kg), composta 1 (1035 kg/ha) y el testigo con (950 kg/ha). El mayor porcentaje de germinación fue para el Bionitro con un 96.6 %. Estos resultados permiten recomendar su continuidad en ciclos de siembra posteriores. En cuanto a la cantidad de proteína los resultados muestran que no hay diferencia al compararlos con los producidos con agroquímicos. Al comparar los resultados obtenidos entre el testigo y los tratamientos, se evidencia que el aporte de material orgánico al cultivo favorece al suelo porque la materia

orgánica y el carbono se incrementan. Lo anterior indica que el uso de los abonos orgánicos a corto plazo contribuye a mantener la fertilidad del suelo, proporcionando a la planta lo que necesita para su crecimiento y desarrollo; en tanto que a largo plazo mantiene la reserva de nutrientes.

Palabras clave: *Amaranto, calidad de semilla, compostas, fertilización.*

ABSTRACT

The organic food production in Mexico is a practice that is gaining interest (economic, environmental, alimentary), and today is an alternative for consumers who prefer foods free of pesticides and synthetic fertilizers, safe and high nutritional value. Amaranth is one of these traditional foods used for food processing and making homemade products (confectionery). Because the nutritional characteristics and the flexibility offered by the crop, the general objective of this project was to evaluate the quality of the amaranth seed (busted, germ and protein content) grown with different organic fertilizers. The experiment was performed in the center-west of the Puebla state, in Tochimilco township. Under the experimental plots were set up temporary, fertilized with two types of compost and Bionitro®. The results suggest that the processing and processing busted amaranth seed allows the consumer to these cereal nutrients beneficial to man. The best treatment in terms of yield was Bionitro (1409 kg / ha), followed by compost 2 (1191 kg / ha), compost 1 (1035 kg / ha) and control treatment (950 kg / ha). The highest percentage of germination was observed in Bionitro with 96.6 %. These results allow recommending its continuation in subsequent cycles of planting. Respect to the amount of protein, the results show no difference when compared with those produced with agrochemicals. When compare the results between the control and treatments, is evidence that the contribution of organic material to the soil favors the cultivation because organic matter and carbon increase. This indicates that the use of manure helps maintain short-term soil fertility, giving the plant what it needs for its growth and development, while maintaining the long-term nutrient reservoir.

Keywords: *Amaranth, seed quality, compost, fertilization.*

INTRODUCCIÓN

Productores orgánicos y convencionales han constatado las ventajas de la utilización de abonos orgánicos en sus suelos y cultivos (Soto 2010). La producción orgánica en México es relativamente nueva; sin embargo, el sistema de producción de alimentos de nuestros antepasados era orgánica, y en la actualidad es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional (Márquez-Hernández *et al.*, 2010).

La fertilización orgánica se ofrece como una vía económica y ecológicamente efectiva para reducir la dependencia de los fertilizantes químicos y la implementación de los materiales de desecho obtenidos de las granjas y establos próximos a los entornos agrícolas, es una excelente alternativa técnica para su fomento.

Las necesidades alimentarias de los países de menor desarrollo han dado pie a la búsqueda de cultivos capaces de suministrar a la población una ingesta balanceada y adecuada de nutrientes y sin mucha tecnología (disminución de costos). Dentro de estas estrategias se ha considerado que algunos cultivos como el amaranto pueda jugar un papel sobresaliente (Paredes *et al.*, 1990).

Tradicionalmente una zona que ha preservado el cultivo del amaranto ha sido el Oriente del estado de Morelos y la región noroccidente de Puebla con rendimientos promedios de 1.2 ton de grano/ha, a partir de la fertilización química.

Ventajas del uso de los abonos orgánicos sobre el suelo.

Castellanos (1982), observó que el contenido de humedad aumentaba a prácticas de aplicación de abonos orgánicos ya que disminuye la densidad aparente, se incrementa la porosidad y se modifica la estructura al mejorar la retención de humedad. Cuando López-Martínez *et al.*

(2001) compararon sus análisis físicos y observaron que la capacidad de campo, el porcentaje de marchitamiento permanente y la humedad aprovechada mostraron cambios en los valores antes y después de la aplicación, en cuanto a la materia orgánica hubo cambios en los tratamientos de 15 %, los valores pos-cosecha fueron mejores, lo mismo pasó en el caso de nitratos y fosfatos.

El amaranto es un cultivo que se desarrolla exitosamente en diversas unidades de suelo y en diferentes condiciones edáficas, la comercialización del grano requiere de algunas características como: madurez, color, tamaño y cualidades nutritivas, la forma más adecuada de obtener estos resultados es por medio de fertilización (Campos, 1999). Estudios han reportado que una sobredosis de fertilizantes nitrogenados orgánicos (200 kg/ha) logran aumentar ligeramente el contenido de algunos aminoácidos esenciales como la isoleucina, ácido fólico, contenido proteico, entre otros en *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus* (Paredes et al., 1990). Pulido y Trinidad (1987), reportaron un incremento en el contenido de proteína en *A. hypochondriacus* y en todos los niveles de humedad al aumentar la dosis de nitrógeno.

Mújica (1997) señala que el cultivo de amaranto en el área andina, como en las costas de los países de América tienen enormes posibilidades y perspectivas de desarrollo, puesto que las características agroclimáticas, edáficas y tecnológicas son adecuadas y apropiadas para el cultivo, transformación e industrialización, el uso y consumo de este producto de alto valor proteico traería como consecuencia la disminución considerable de los niveles de desnutrición existente en muchos países en desarrollo.

La calidad del grano es de suma importancia para la comercialización de este, al igual que para la siembra ya que de ella depende en gran medida que se

alcancen los rendimientos deseados. Esta característica propiciada principalmente por la fertilización, impacta en el mejoramiento de producción y calidad de la semilla, así mismo para prevalecer el proceso de reventado o volumen de expansión en la industria y consumo para el contenido de proteína y aceite (Ramírez, 2010).

El alto volumen de reventado se atribuye al reducido tamaño de los granos de almidón, a su forma esférica, angular o poligonal, a su bajo contenido de amilos, al bajo poder de hinchazón, alta solubilidad, gran capacidad de retención de agua y un alto rango de temperatura de gelatinización. Cuando se revienta con aire caliente la calidad proteica aumenta sin saber cuál sea la razón de este efecto (Ramírez, 2010).

Konishi et al., (2004) mencionan que el reventado del grano no sólo está influenciado genéticamente y por el contenido de humedad del grano, sino también por la humedad que hay en el medio. Según Waiker et al. (1970, citado por Ramírez, 2010), el volumen de expansión depende del genotipo, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, la temperatura del reventado, la madurez de la semilla y la humedad contenida en el grano.

La semilla para considerarse de buena calidad debe tener una germinación mayor al 85 %. (Ruiz et al., 2010).

La producción orgánica de la semilla de amaranto cultivada con diferentes fuentes de nitrógeno, presenta una calidad semejante a la producida con fertilizantes químicos en el reventado, germinado y contenido proteico para la elaboración de la confitería artesanal. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de la semilla (reventado, germinado y contenido proteico) de amaranto cultivado con diferentes abonos orgánicos y determinar los cambios físico-químicos del suelo durante la presembrado y la poscosecha.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tochimilco, en la parte centro-oeste del Estado de Puebla, México, ubicado entre los paralelos 18°49'12" y 49°02'54" de latitud norte y los meridianos 98°31'42" y 94°43'00" de longitud oeste. Presenta una altitud de 2060 msnm. En el municipio se presenta la transición de los climas templados del Valle de Atlixco, los fríos de las partes altas de la Sierra Nevada; su temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C; conforme se avanza de sur a norte, presenta una disminución constante de temperatura.

Debido a la diversidad edafológica en su territorio se identificaron seis unidades de suelo para el municipio de Tochimilco: Andosol, Regosol, Feozem, Fluvisol, Litosol, Cambisol (Aguilera, 1989).

El experimento se estableció en un terreno que consta de siete terrazas que se dividieron en parcelas de 14 m de largo por 10 m de ancho. Se sembraron cuatro tratamientos: Composta 1, Composta 2, Bionitro® y Testigo, bajo un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, dando como resultado 16 parcelas.

Los tratamientos utilizados fueron:

Composta 1 elaborada con residuos de cáscara de naranja, jamaica, zanahoria, lechuga, restos de la preparación del café, jitomate, cáscara de tomate, apio, brócoli, tortilla, ceniza y hojarasca de jardín, teniendo una maduración de 60 días (Oliver-Guadarrama, 2012).

Composta 2 que fue elaborada con tierra de monte, abono de caballo, ceniza, azúcar, paja de amaranto y levadura, con un tiempo de maduración de 22 días (Bruno-Araiza, 2011).

Bionitro® producto comercial que está constituido por microorganismos, por lo que se le considera también un biofertilizante que contiene rizobacterias, micorrizas, hongos de los géneros *Leuconostoc* y

Sacharomyces, que son benéficos para el suelo (Vázquez, 2011).

Testigo sin aplicación de abonos orgánicos.

La aplicación de los tratamientos previa determinación del porcentaje de nitrógeno total mediante el método Kjeldahl y la realización de los cálculos para cubrir la dosis requerida se realizó con referencia a la dosis óptima de nitrógeno total que requiere el cultivo de amaranto: 150 kilogramos por hectárea (Cruz, 1993; Oliver et al., 2000).

Preparación del terreno. Se realizó de forma tradicional con una yunta de bueyes, se realizaron dos barbechos y una rastra con la finalidad de airear el suelo y exponer las plagas al sol para evitar daños posteriores al cultivo; el surcado del terreno se realizó con una separación entre surcos de 0.80 m. Posterior a esto se realizó el primer muestreo edáfico a una profundidad de 0-30 cm en cada sitio.

El tipo de suelo dominante en la parcela experimental fue Cambisol; suelo apto para cultivos y con respuesta positiva a la aplicación de abonos orgánicos.

La siembra de la semilla se realizó el 23 de junio del 2011, de forma mateada, tomando un puño de semilla con la mano, se hizo un hoyo sobre el borde del surco, se colocó la semilla y se cubrió con un poco de suelo.

Una vez que la planta alcanzó 20 cm de altura, se aplicaron los tratamientos a pie de mata, en cada parcela se aplicó la dosis equivalente a 150 kg N/ha.

Para la cosecha se cortaron las panojas de amaranto cuando al tacto, la semilla se queda en la mano y esta presenta un color amarillo y su centro ya no se ve cristalino. Se expusieron al sol durante 20 días para que se secaran perfectamente, una vez secas se juntaron por tratamiento y se trillaron; con ayuda de un palo se azotaron hasta que la panoja ya no tuviera semillas.

Trabajo de Laboratorio

Reventado. Se realizó con la técnica artesanal, con tres repeticiones por cada tratamiento y tomando en cuenta la experiencia de los transformadores. Se realizó sobre un comal de barro calentado con leña en el que se puso un puño de semilla; se movió con una escoba de vara y se retiró evitando que se quemara (Marín-Silvas, 2012).

Germinado. El germinado se realizó con 100 semillas producto de la cosecha de cada tratamiento con tres repeticiones, en cajas petri de 90 x 15 mm. Se colocó un papel filtro húmedo en el cual se dispersaron, se cubrieron, se dejaron en un lugar fresco a temperatura ambiente y en la oscuridad durante siete días, sin moverlas y al séptimo día se realizó el conteo de semillas germinadas

Análisis Bromatológico. Consistió en la determinación de: % de proteína, % de humedad y % de cenizas. Estos se determinaron en el Laboratorio de Análisis Industriales de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Análisis edafológicos. Se realizaron dos muestreos, uno antes de la siembra (presiembr) y el otro después de la cosecha (poscosecha), tomando muestras compuestas de cada uno de los tratamientos; posteriormente se realizaron análisis en el laboratorio determinando parámetros físicos y químicos (densidad real y aparente, color, textura, porosidad, pH, materia orgánica, carbono y nitrógeno). En cuanto al crecimiento y desarrollo de la planta, se tomaron datos de altura de la planta, longitud y cobertura de la panoja.

Análisis Estadístico. Para la comparación y la determinación de las diferencias entre los tratamientos, se utilizó el programa Startgrafic, mediante el cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas Tukey para cada parámetro y sus interrelaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reventado. Al realizar el reventado de la semilla de acuerdo a las técnicas tradicionales de los transformadores y los requerimientos que estos exigen para que la semilla sea rentable, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 1.

El reventado se mide en mililitros ya que a los transformadores les interesa el volumen que ocupa el cereal y no tanto lo que pese al momento de transformarlo en los diferentes productos; entre mayor sea su volumen, menor es la cantidad de semilla utilizada para elaborar los productos.

Cuadro 1. Rendimiento (REND) y Reventado de semilla de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

Tratamiento	REND kg/ha	Volumen inicial (100 g)	Volumen final
Composta 1	1035	126 ml	680 ml
Composta 2	1191	126 ml	550 ml
Bionitro	1409	126 ml	590 ml
Testigo	950	126 ml	540 ml

Al comparar los resultados de los rendimientos con los del reventado se observó que el Bionitro tuvo el mayor rendimiento en la cosecha, pero al momento de reventar la semilla, éste estuvo por debajo de la composta 1, con un rendimiento de 1.0 ton/ha; que en el reventado tuvo el mayor volumen con 680 ml por 126 ml (100 g) de semilla cruda. Lo anterior indica que para los transformadores del amaranto será más rentable la semilla obtenida con el tratamiento de la Composta 1, seguida por los rendimientos de la Composta 2, el Bionitro y el Testigo, los cuales tuvieron valores de 550 ml, 590 ml y 540 ml respectivamente.

Al momento en que una semilla se encuentra en condiciones óptimas para el tostado, ésta debe sentirse pesada (Marín-Silvas, 2011); el color puede variar dependiendo de la semilla, la cual va de

amarillo huevo al amarillo canario. La semilla debe brincar como el maíz palomero y romperse al contacto con el comal caliente, la semilla que sólo se quema o se queda pequeña no sirve para elaborar los productos de amaranto ya que no aumenta el volumen y su sabor es desagradable al paladar.

Germinado. En el promedio de las tres repeticiones de la germinación por tratamiento (Cuadro 2) se encontró que el Bionitro fue el que mayor porcentaje de germinación con un 96.6 %, seguida del tratamiento de la Composta 1 con el 95.0 %, mientras que la Composta 2 y el Testigo fueron los que menor porcentaje de semillas germinadas tuvieron con un 93.0 %. Estos resultados, de acuerdo con Ruiz *et al.* (2010) permiten recomendar su continuidad de las semillas en ciclos de siembra posteriores, ya que cumplen con los estándares requeridos para considerarla como una excelente semilla.

Análisis Bromatológicos. Cuando la semilla del amaranto es sometida a calor cambian sus cualidades físicas y químicas, siendo esto favorable, porque las proteínas cambian su configuración, haciéndolas más digeribles, pero a su vez hay pérdidas considerables de algunos aminoácidos, por lo que se debe tener especial cuidado cuando se somete a algún tratamiento térmico (Ramírez, 2010).

Cuadro 2. Porcentajes de germinación de los diferentes tratamientos de semilla de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

Tratamientos	Germinación %
Composta 1	95.00
Composta 2	93.66
Bionitro	96.66
Testigo	93.00
CV	2.14
DMS	3.12

Pulido y Trinidad (1987) evaluaron el efecto del nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y contenido proteico de *Amaranthus hypochondriacus* y *A. cruentus* obteniendo mayores rendimientos en la primera especie; en las dos especies los valores más altos se obtuvieron al combinar los niveles altos de humedad y nitrógeno, que redundaron en cambios en contenido de proteína con valores de 11.1 a 19.6 % respectivamente.

Comparando los resultados en el presente trabajo (Cuadro 3), el Testigo fue el que presentó el mayor porcentaje de proteína, seguidos del Bionitro y la Composta 1, en tanto que la menor cantidad de proteína se encontró en el tratamiento de la Composta 2. Al comparar los resultados con los obtenidos por Campos (1999), los valores presentados en el presente trabajo son considerablemente mayores, tomando en cuenta que la semilla de la autora citada fue producida por fuentes de fertilización orgánica, en tanto que frente a los resultados de Matos (1997), se encuentran por debajo del referido autor.

Cuadro 3. Comparación de contenidos de proteínas en base a análisis bromatológicos de semilla de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

TRAT	Proteína %	% de Proteína reportado
Testigo	15.57	12.40 ¹
Bionitro	15.41	14.88 ¹
Composta 1	15.41	17.22 ²
Composta 2	14.51	

TRAT= Tratamientos; ¹Campos 1999 (gallinaza); ²Matos 1997 (químico)

Campos (1999), menciona que al aumentar la dosis de fertilizantes orgánicos se aumenta gradualmente el porcentaje de proteína comparados con los del maíz 9.4 %, avena 14.2 % y soya 34.0 %. Al mismo tiempo que señala que la materia orgánica es importante para el mantenimiento de

estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo; siendo esto confirmado en el presente experimento. Al comparar los resultados de la presente investigación con los presentados para otros cereales por la FAO y Grupo San Miguel (2013) (Cuadro 4), se observa que los porcentajes son mayores que los de los demás, lo cual nos indica que la calidad de la semilla se mantiene y es mejor cuando se fertiliza con abonos orgánicos

ANÁLISIS DE SUELOS

Densidad real y aparente. La densidad del suelo, es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en gr/cm^3 o t/m^3 (FAO, 2000). El valor de densidad en suelos orgánicos oscila entre 0.1 g/cm^3 hasta 1.6 g/cm^3 en suelos minerales. La densidad aparente y real se comportaron de la siguiente manera: para los cuatro tratamientos el incremento de la densidad aparente como real se vio reflejada en la poscosecha; esto es debido a que los niveles de descomposición de la materia orgánica liberan nutrientes que son absorbidos por la planta y no así en la presembrado donde los componentes minerales son menos densos, lo que redundaría en un incremento de dicho parámetro; a excepción del tratamiento Bionitro que tuvo un marcado descenso en la densidad aparente, debido probablemente a que es un abono líquido y permite la penetración del agua ocupando los espacios libres.

Porosidad. Se calcula con base a los resultados de la densidad aparente y densidad real y por lo tanto la porosidad del suelo ejerce influencia sobre el abastecimiento de agua, aire y penetración de las raíces de las plantas, así como el desarrollo de la microfauna y microflora del suelo. Los valores más bajos se presentaron en la presembrado del tratamiento Composta 1 con un 47.57 %; seguido del Testigo 48.40 %, Bionitro 60.79 % y Composta 2, 64.40 %. En la poscosecha los niveles se incrementaron en todos los tratamientos.

Textura. Dentro de las características físicas sobre las que influye la textura en forma directa se pueden señalar, el espacio aéreo, la porosidad total, la consistencia el movimiento y almacenaje del agua, siendo esta última una de las características edáficas que se busca mejorar mediante el uso de abonos orgánicos. El tipo de suelo caracterizado en la zona de estudio correspondió a un Cambisol con una clase textural de franco arenoso al inicio del experimento.

Los porcentajes de los componentes texturales se presentan de la siguiente manera. Las arenas disminuyen en la poscosecha de los tratamientos Testigo, Bionitro y Composta 2, no así en la Composta 1. Para el caso de las arcillas, el Testigo aumenta, el Bionitro se mantiene y las Compostas disminuyen.

Cuadro 4. Comparación de los análisis bromatológicos obtenidos en la presente investigación con otros cereales

Análisis/ cereal	Amaranto de la presente investigación				Comparación con cereales		
	Testigo	Bionitro	composta 1	Composta 2	Maíz	Trigo	Arroz
% Proteína	15.62	15.47	15.44	15.44	10.3	8.5	14.0
% Humedad	3.08	2.65	2.70	2.99	13.8	11.7	12.5
% cenizas	5.64	5.45	5.43	5.46	1.4	1.4	1.9

Fuente (grupo San Miguel, 2013)

El limo aumenta en todos los tratamientos, lo que nos da un cambio de textura a franco arcillo arenoso para algunos tratamientos. Esto debido a que las parcelas se montaron en terrazas y el agua hace un efecto de arrastre debido a la pendiente que estas presentan y a la capacidad que tiene esta unidad de suelo de incorporar materia orgánica.

Color. El color del suelo refleja las propiedades biofísico-químicas de la relación suelo-planta y está influido por los porcentajes de materia orgánica (Aguilera, 1989). Es una característica observable con facilidad y constituye un criterio en la descripción de los suelos, el color de un suelo puede ser herencia de su material originario, las variaciones en este se deben principalmente al contenido de materia orgánica, a los compuestos de hierro y a las sales minerales (Tamhane *et al.*, 1978). Los resultados no mostraron cambios notables ya que en la presiembra tanto en seco como húmedo presentan un color pardo amarillento oscuro, cambian ligeramente en la poscosecha donde el color es amarillo pardo esto debido a la descomposición de la materia orgánica que se le adicionó (Cuadro 5).

Parámetros Químicos

pH. Esta característica está estrechamente relacionada con el clima y su importancia radica en que los nutrientes del suelo y los

microorganismos biológicos que transforman los minerales para que sean disponibles en la solución del suelo y absorbidos por las plantas, necesitan estar en un rango adecuado. Los resultados muestran que en el Testigo el pH se incrementó ligeramente, tanto en agua como en KCl, en tanto que en el tratamiento de Bionitro, éste descendió hacia un mayor grado de acidez, lo que nos indica que el uso intensivo de éste abono orgánico afecta desfavorablemente. Finalmente en el caso de las dos Compostas se obtuvieron mejoras considerables ya que la tendencia fue hacia la proximidad de pH neutros, lo que nos indica que el uso de estas es benéfico para esta unidad de suelo.

Porcentaje de Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno. La materia orgánica (M.O.) almacena nutrientes que serán usados por las plantas, la M.O. está compuesta de complejos que contienen carbono. Los átomos de carbono, al contrario de otros elementos, forman cadenas largas de forma natural.

Estas proporcionan un armazón al que se adhieren otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre para constituir la amplia serie de compuestos orgánicos necesarios para la vida. La cantidad de M. O. del suelo depende del equilibrio entre las entradas y las pérdidas de la misma (Plaster, 2000).

Cuadro 5. Determinación de color en la presiembra y la poscosecha

	Color en Seco	Color en Húmedo
presiembra	10YR4/6 pardo amarillento oscuro	10YR3/6 pardo amarillento oscuro
	10YR3/6 pardo amarillento oscuro	10YR3/4 pardo amarillento oscuro
	10YR5/6 pardo amarillento	10YR3/4 pardo amarillento oscuro
	10YR6/4 pardo ligeramente amarillento	10YR4/6 pardo amarillento oscuro
	10YR6/4 pardo ligeramente amarillento	10YR4/4 pardo amarillento oscuro
poscosecha	10YR 6/6 amarillo pardo	10YR3/4 pardo amarillento oscuro
	10YR 5/6 pardo amarillento	10YR 3/3 pardo oscuro
	10YR6/6 amarillo pardo	10YR3/4 pardo amarillento oscuro
	10YR5/8 pardo amarillento	10YR3/4 pardo amarillento oscuro

Al comparar los resultados obtenidos entre el testigo y los tratamientos se evidencia que el aporte de material orgánico al cultivo favorece al suelo ya que la materia orgánica y el carbono se incrementan en tanto que el nitrógeno se mantiene durante el ciclo del cultivo, lo que nos indica que el uso de los biofertilizantes a corto plazo nos ayudan a mantener la fertilidad del suelo proporcionando a la planta lo que necesita para su crecimiento y desarrollo y que a largo plazo nos habla del mantenimiento de una reserva de nutrientes (Figura 1).

Crecimiento y Desarrollo de la planta. La fertilización es y ha sido uno de los factores que más contribuyen al incremento del rendimiento en los cultivos. Los datos tomados de las plantas fueron la altura total de la planta, la longitud y la cobertura de la panoja (Cuadro 6), estos datos fueron tomados a diez plantas de cada tratamiento en cada bloque, las plantas fueron elegidas al azar, se midieron estas variables porque son importantes para el rendimiento de la cosecha. La altura de la planta se considera una de las variables más importantes para el rendimiento ya que es la base que da soporte a todo el individuo y a la inflorescencia que produce la semilla; estas se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 6. Datos de Crecimiento de planta por tratamiento en tres parámetros de semilla de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

Tratamiento	Altura de la planta cm	Altura de la panoja cm	Cobertura de la panoja cm
Composta 1	226.05	58.92	51.15
Composta 2	226.60	59.57	41.90
Bionitro	228.73	60.52	41.90
Testigo	218.85	56.07	38.80
CV	8.801	12.40	27.97
DMS	31.685	11.65	19.43

Comparando los resultados de la altura de las plantas obtenidos con los reportados por Vásquez (2011), se tiene

que los tratamientos de la presente investigación presentaron mayores alturas que los obtenidos por la autora citada, teniendo como tratamientos Bionitro y el Testigo, esto debido probablemente al promedio de precipitación pluvial registrado en ese año.

Cuadro 7. Altura de la Planta de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

Tratamiento	Altura de la planta cm	
Composta 1	226.05	
Composta 2	226.60	
Bionitro	228.72	154.00 ¹
Testigo	218.85	139.00 ¹

¹(Vásquez, 2011)

Altura de la Panoja. Esta variable tiene una relación directamente proporcional a la aplicación de fuentes de nitrógeno, siempre que estos sean aplicados antes de que la panoja haya alcanzado su máximo crecimiento (Rojas, 2000); en ausencia de fertilizantes las panojas presentan longitudes cortas (Vásquez, 2011). Los resultados obtenidos muestran que el Bionitro promovió la mayor altura de 58.92 cm con respecto a los demás tratamientos, seguido de las dos Compostas y finalmente el Testigo con 56.07 cm de altura.

Cobertura de la Panoja. Esta variable se genera midiendo los diámetros de diez plantas muestreadas al azar en centímetros y resulta importante ya que se ha reportado una relación directamente proporcional entre el tamaño de ésta y el rendimiento (Morales, 2000; Beltrán, 2005; Monsalvo, 2006). Los resultados muestran que la Composta 1 presentó la mayor cobertura con 51.1 cm; seguido por el Bionitro y la Composta 2; los cuales tuvieron una longitud de 41.9 cm. y finalmente el Testigo, el cual presentó la menor cobertura con 38.8 cm; lo que indica que al proporcionar a las plantas la cantidad necesaria de nitrógeno, éstas podrán desarrollarse adecuadamente y así la producción de semillas será mayor.

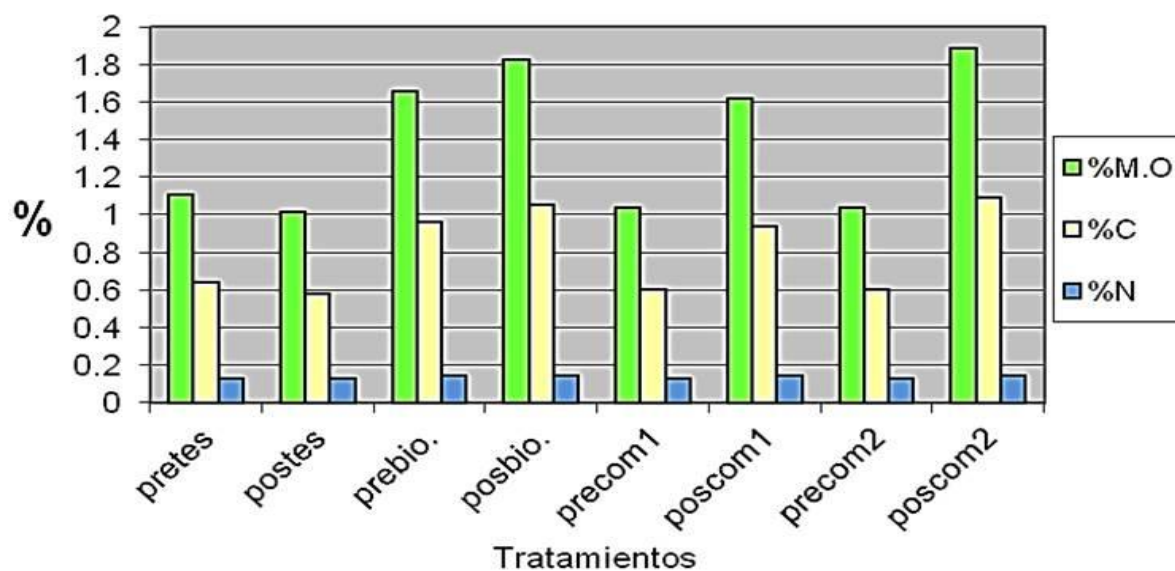


Figura 1. Porcentajes de Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno por tratamiento durante la presiembra (pre) y la poscosecha (pos).
tes= testigo; bio= Bionitro; com1= Composta 1; com2= Composta 2.

La Composta 1 presenta la mayor cobertura, no así el mayor rendimiento, en tanto que el Bionitro tiene el mayor rendimiento pero no la mayor cobertura, contrariamente a lo señalado por algunos autores previamente citados en cuanto a la relación cobertura/rendimiento.

En los análisis estadísticos se encontró que para la altura total de la planta y la cobertura de la panoja no hay diferencias significativas ($f=0.65989$, $p=0.57805$) y para las alturas promedio de las panojas, si hay diferencias significativas ($f=0.913$, $p=0.436$).

Altura y Rendimiento. Al comparar los datos de crecimiento de las plantas (Cuadro 8) se observó que el Bionitro obtuvo la mayor altura con 228.72 cm seguido por las Compostas y finalmente el Testigo con la menor altura. Al ser comparados los rendimientos, el Bionitro fue el que mayor valor presentó con 1409 kg/ha, seguido por la Composta 2 con un rendimiento de 1191 Kg/ha y Composta 1 con 1035 kg/ha; el que menor rendimiento generó fue el Testigo con 950 kg/ha. Algunos autores (Pulido y

Trinidad, 1987; Campos, 1999) mencionan que entre mayor altura tenga la planta mayor es el rendimiento obtenido y esta misma relación se presentó en los resultados obtenidos en el experimento, ya que las plantas fertilizadas con Bionitro fueron las de mayor altura y también las de mayor rendimiento.

Cuadro 8. Datos de Altura de la planta y el Rendimiento de semilla de amaranto fertilizado con abonos orgánicos.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Altura de la planta cm
Composta 1	1035	226.05
Composta 2	1191	226.6
Bionitro	1409	228.72
Testigo	950	219.38

CONCLUSIONES

Al realizar el reventado de la semilla con la técnica artesanal, la cual es ampliamente difundida en la zona de

estudio ante la carencia de métodos tecnificados, se observó que los tres tratamientos son recomendables para la transformación de los diferentes productos ya que el volumen obtenido es aceptable y rentable

Al llevar a cabo los análisis estadísticos (anova) no se aprecian cambios significativos en las parámetros considerados que permitan intuir la influencia de los fertilizantes a nivel genético de la semilla, ni su viabilidad se ve altera, pero si influye en el proceso de reventado ya que los volúmenes obtenidos son diferentes en cada tratamiento, no obstante, los tres se recomiendan para su implementación.

Para la producción y reventado de la semilla, los abonos influyen porque algunos benefician en cuestión de rendimiento y otros en cuanto al volumen de reventado de la semilla dependiendo al abono utilizado; para este trabajo el Bionitro presentó el mayor rendimiento en cuanto a producción, en tanto que la Composta 1 presentó el mayor volumen de reventado de la semilla.

Al realizar los análisis correspondientes a la fertilización del suelo se notó que los abonos orgánicos contribuyen al manejo y conservación del suelo debido al aumento en la cantidad de materia orgánica presente en cada uno de los tratamientos.

Como muchos autores lo han señalado y en base a los resultados bromatológicos, el amaranto es un producto nutritivo altamente rentable tanto para los productores como para los transformadores debido a sus múltiples cualidades de producción, transformación y valor nutricional.

LITERATURA CITADA

Aguilera H., N. 1989. Tratado de Edafología de México, tomo I. Laboratorio de Investigación de Edafología, Departamento de Biología Facultad

de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 222 pp.

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. 48 pp.

Bruno-Araiza, Francisco. 2012. Comunicación personal. Calle Morelos 3, San Lucas Tulcingo, Tochimilco, Puebla.

Campos I., L. 1999. Perfil Bromatológico de semillas de *Amaranthus hypochondriacus* L. bajo diferentes niveles de fertilización orgánica. Tesis profesional Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. 73 pp.

Castellanos, R. J. Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos del CIAN. Vol.7 (8), 35 pp.

Cruz O., J. A. 1993. Respuesta del cultivo del amaranto a cinco niveles de fertilización nitrogenada, en el campo experimental de la UAEM. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca. Morelos. México. 88 pp.

FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, boletín de tierras y aguas. Roma. 10 pp.

Grupo San Miguel Proyectos Agropecuarios S.P.R. de R. S. Y Nutrisol S.A. de C.V. 2013. Características Nutricionales del Amaranto (disponible en: http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Item).

Konishi Y, H. Iyota, K. Yoshida, J. Moritani, T. Inove, N. Nishimura, T. Nomura. 2004 Effecto of Moisture Content on the Expansion Volume of Popped Amaranth Seeds by Hot Air and Superheated Steam Using Fluidized Bed System. Biosci. Biotechnol. Biochem 68: 2186-2189.

López-Martínez, J. D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos Orgánicos y su efecto en Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Rendimiento en Maíz. Terra Latinoamericana 19: 293-299.

- Marín-Silvas, Herminia. 2012. Comunicación personal. Productora de dulces artesanales de la comunidad de Huazulco, Calle Vicente Guerrero #6 barrio Sn Mateo, Temoac, Morelos.
- Márquez-Hernández, C., P. Cano C., J. L. García-Hernández, N. Rodríguez-Dimas, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Resandez, E. Salazar-Sosa, G. Castañeda-Gaytan y E. de la Cruz L. 2010. Agricultura Orgánica: el Caso de México, capítulo I. En Agricultura orgánica Tercera Parte. Durango, Méx. pp 2-28
- Matos P., A. 1997 Perfil bromatológico de cuatro especies de amaranto del estado de Morelos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 46 pp.
- 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. 49 pp.
- 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. 45 pp.
- Mújica A. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.) Producción, mejoramiento genético y utilización en Cultivos Andinos. Manual de cultivos. FAO. Versión 1.0. Disponible en: www.ric.fao.org/es/agricultura/produccion/cdrom/contenido/libro01/homel.html.
- Oliver-Guadarrama, Rogelio. 2012. Comunicación personal. Tel. (777) 3297029. Av. Universidad No. 1001, Col. Chamilpa., C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos. Correo electrónico: oliverrogelio@hotmail.com.
- Oliver G., R., M. Taboada S., E. Morales O. y M. Rojas M. 2000. Producción de amaranto con fertilización orgánica en Axochiapan, Morelos, México. 30o Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo Veracruz, Veracruz.
- Paredes L., O., A. Barba R., D. Hernández-López y A. Carabez T. 1990. Características Alimentarias y Aprovechamiento Agroindustrial. Secretaria General de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Washinton D.C. 97 pp.
- Plaster E., J. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Paraninfo, España. 419 pp.
- Pulido L. y A. Trinidad S. 1987. Efecto de nitrógeno y humedad en el rendimiento de materia seca y contenido de proteína de *Amaranthus hypochondriacus* y *A. cruentus*. Coloquio Nacional de Amaranto, Querétaro, Qro. P. 98-112.
- Ramírez V., Ma. L. 2010. Calidad Física y Fisiológica en la Semilla e Industrial en el grano de Amaranto *Hypochondriacus* en la Fertilización y Densidad de Población. Tesis Colegio de Posgraduados. Montecillo. Texcoco, Edo. de México. 103 pp.
- Rojas M., M. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo del 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. 45 pp.
- 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-CONACyT editores García H., J.L., Salazar S. E., Corona C.I., Fortis H. M., Trejo E. H.I. pp 272-292.
- Soto, G. Y G. Meléndez. 2010. manejo integrado de Plagas y Agroecología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Centro de Investigaciones Agronómicas. Costa Rica. No 72 p. 91-97.
- Tamhane R.V., D.P. Motiramani., Y.P. Bali., en colaboración con R.L. Donahue. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México D.F. 53 pp.
- Vázquez B., N. 2011. Abonos orgánicos y su efecto en el rendimiento y desarrollo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en el Municipio de Tochimilco, Puebla. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. 63 pp.