

EMPLEO DE ABONOS ORGÁNICOS EN AMARANTO (*Amaranthus* spp), UN CULTIVO POTENCIALMENTE SUSTENTABLE

Marisela Taboada Salgado^{1*} y Rogelio Oliver Guadarrama¹

¹Laboratorio de Edafoclimatología, Departamento de Biología Vegetal. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad No. 1001 Col. Chamilpa, 62210. Tel. (777) 3 29 70 29, Fax (777) 3 29 70 57. Cuernavaca, Morelos.

Correo electrónico: taboadam@uaem.mx y olivergr@uaem.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

El cultivo de amaranto en México históricamente se ha mantenido como sustento de diversas comunidades, principalmente en el Valle de México, desde tiempo inmemorable. En los últimos años la rotación de cultivos ha sido insuficiente para el reestablecimiento de las condiciones edáficas debido a la acción demandante de niveles de nitrógeno de la planta, registrándose como consecuencia mermas en los rendimientos. Con la idea de proponer alternativas que permitan el mantenimiento de los niveles de producción, se planteó el uso de abonos orgánicos, particularmente gallinaza y vacaza. Se empleó un diseño de bloques al azar con tres tratamiento (gallinaza, vacaza y testigo) y cuatro repeticiones, en una superficie total de 850 m²; sembrada con la especie *Amaranthus hypochondriacus* L.; se empleó una dosis de 150 kg N/ha, se mantuvo una densidad de población de 80 000 plantas por hectárea. Los resultados mostraron que

el mejor tratamiento fue en el que se empleó gallinaza con 1378 kg/ha; con vacaza fue de 1105 kg/ha y el testigo con 798 kg/ha. Reiterando la importancia de obtener productos libres de agroquímicos que permiten registrar un valor agregado al producto y al mismo tiempo permiten la recuperación de suelo.

Palabras clave: *Amaranto, gallinaza y vacaza*

ABSTRACT

The culture of amaranth in the state of Morelos historically has stayed like the main productive system in the locality of Temoac; activity that has funged as unmemorable sustenance of the community from time. In the last years the rotation of cultures has been insufficient for the reestablishment of the conditions soils due to the action plaintiff of nitrogen levels of the plant, registering it as consequence decreases in the yields. With the idea to propose alternatives that allow the maintenance of the production levels, the

Recibido: 23/01/2008; Aceptado: 18/06/2008.

use of organic installments considered, particularly gallinaza and vacaza. A design of blocks with three was used at random treatment (gallinaza, vacaza and witness) and four repetitions, in 850 a total surface of m²; cultivated field with the *Amaranthus hypochondriacus* L. species; a dose of 150 kg N/ha was used, stayed a density of population of 80 000 plants by hectare. The results showed that the best treatment was in which gallinaza with 1378 was used kg/ha; with vacaza kg/ha was of 1105 and the witness with 798 kg/ha. Reiterating the importance of obtaining free of agrochemical products that allow to register a value added to the product.

Key words: *amaranth, gallinaza and vacaza*

INTRODUCCIÓN

La disminución de especies cultivadas en el pasado reciente, y la incorporación y ampliación de las áreas de cultivo con otras de menor calidad nutritiva y mayores dificultades de adaptación en relación a las nativas, ha traído como consecuencia el abandono de especies sin explorar su verdadero potencial productivo y alimentario, con la consiguiente depauperación del nivel nutricional de las poblaciones humanas, especialmente rurales. Hay plantas que no han sido explotadas aún, algunas de las cuales no son nuevas, ya que fueron domesticadas, cultivadas y consumidas en la antigüedad, pero por diversas razones no se desarrollaron en la agricultura moderna.

Por otro lado, desde hace varios años existe un interés creciente, tanto en México. Como en diversos países del mundo, por encontrar cultivos que puedan constituir una buena alternativa de producción, tanto por su valor nutricional o industrial, (Alejandre y Gomez, 1986). En México el amaranto ocupó un lugar primordial en la vida de los aztecas, quienes lo denominaban huauhtli; por su alto valor nutritivo, el amaranto (*amaranthus* spp.) es

una de esas plantas alimenticias potenciales. Tanto el grano como sus hojas son fuente de proteína de buena calidad y otros nutrientes, y aptas para el consumo humano. la semilla de amaranto es considerada un alimento completo por su alto valor alimenticio, el cual posee mas proteína que la mayoría de los cereales, además tiene un alto contenido en grasas y minerales, siendo rico en calcio y en aminoácidos, particularmente lisina (Paredes, 1990). También la parte vegetativa puede ser utilizada antes de la floración como hortaliza; la planta verde se utiliza como forraje y la de color rojo se usa de ornato e igualmente se obtienen tintes naturales. Debido a ello se dice que es una planta de uso integral, con desarrollo exitoso en condiciones de temporal (Sánchez-Marroquín, 1988).

En diversos estudios se le ha propuesto como un cultivo que beneficie al campesino temporalero, al incrementar la productividad de sus terrenos, sin que esto implique un aumento en los costos de producción, se desarrolla exitosamente en diversos tipos de suelo así como en diferentes condiciones climatológicas. el amaranto es un cultivo que responde bien a la fertilización química, siendo ésta la más utilizada por la mayoría de los productores; son escasos los trabajos reportados con fertilización orgánica.

Particularmente, en México la agricultura orgánica es una propuesta para obtener productos sanos y sin residuos tóxicos, rescata muchas de las técnicas propias de la agricultura tradicional, permite conservar muchos de los recursos naturales, principalmente el suelo; uno de los métodos más importante en la recuperación de la fertilidad de éste, es la incorporación de abonos orgánicos, los cuales aportan materia orgánica y compuestos de carbono que sirven de alimento a organismos que se encuentran presentes en él; mejoran la textura, su aireación y drenaje además de estimular el buen desarrollo de las raíces de los cultivos,

mantienen la porosidad adecuada e impiden que el suelo se vuelva demasiado rígido cuando esta seco o completamente encharcado cuando hay demasiada agua (Rojas, 2000).

Con la idea de validar los efectos de la incorporación de fuentes orgánicas que evidencien las ventajas en cuanto al desarrollo y productividad del cultivo de amaranto, se planteó como objetivo: Evaluar el efecto de la fertilización orgánica utilizando como fuente de nitrógeno gallinaza y vacaza en el rendimiento del cultivo de amaranto.

ANTECEDENTES

El amaranto ha sido utilizado como alimento desde la época prehispánica, remontándose su uso según Soriano (1987), desde hace alrededor de unos 5 000 años a. C. Las principales cualidades de esta planta como fuente de grano estriban en sus propiedades organolépticas y funcionales, destacándose el contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, cuyo balance es satisfactorio y consecuentemente de alto valor nutritivo, acercándose al balance óptimo requerido para la dieta humana. Contiene además, caroteno, hierro, calcio y vitamina C. La digestibilidad aparente de la proteína del amaranto varía de 75 a 80%, y la calidad proteínica del amaranto procesado se aproxima al valor de la caseína, con un contenido calórico de 390 calorías por 100 g. Estas características brindan la posibilidad de combinar el amaranto con cereales, en especial con trigo, que es deficiente en lisina, proporcionando una combinación de aminoácidos más adecuada, según el patrón de FAO/OMS (1973).

Bansal (1990), menciona que el amaranto de grano ha sido utilizado en diversos grados desde las antiguas culturas de América del Norte y Sudamérica, África, Asia y Europa; con sobrada razón, al

amaranto se le ha llamado y se le seguirá llamando el cultivo olvidado, puesto que después de la Conquista, el cultivo perdió paulatinamente su importancia. Reitera que hoy día sólo en ciertas comunidades de América Latina lo aprovechan como hortaliza, y unas cuantas utilizan el grano en confitería, convirtiéndose recientemente en una planta de renovado cultivo en vista de su balance de aminoácidos, que es casi óptimo y su valor nutricional es excelente; aseveración en la que coinciden Rodríguez (1990), Bressani y Benavides (1990). De tal forma que, desde hace unos 15 años a la fecha se está tratando de rescatar su prestigio e importancia, no sólo como hortaliza, sino también en lo referente al aprovechamiento del grano, mismos que son ampliamente consumidos como alimento en países en desarrollo. De hecho, se ha demostrado que la proteína del grano de amaranto mejora la calidad de la proteína de los cereales, en particular la del maíz y la del trigo. El alto contenido de lisina de sus proteínas y sus características organolépticas ha estimulado su uso como suplemento de los productos derivados del trigo.

Tchango (1993), reitera que el grano de amaranto posee varias ventajas nutricionales sobre los cereales, como por ejemplo el alto contenido de proteína, grasa, calorías y en la calidad de su proteína tanto en términos del balance de aminoácidos azufrados como en el contenido de calcio (217 a 303 mg/g), hierro (21 a 104 mg/g) y el de fósforo (556 a mg/h). Agrega que las hojas de amaranto pueden ser consideradas como una fuente apreciable de proteína vegetal, con un contenido que varía de 26.8 a 29.9% con base seca. Asimismo, agrega que estas hojas contienen cantidades apreciables de minerales.

Bressani (1989), menciona que cuando se habla o surgen discusiones acerca del grano de amaranto, son varias las características de éste a las cuales se alude, su estructura física, tamaño y color,

por ejemplo, y si se aborda el punto de vista nutricional, se comenta su contenido de proteína y la alta calidad nutritiva que ésta tiene debido a que su patrón de aminoácidos esenciales es relativamente bueno, tratándose de una proteína de origen vegetal. Agrega que, el aceite contiene un buen patrón de ácidos grasos de tipo no-saturado, aunque el aceite crudo tiene una digestibilidad un poco más baja que otros aceites de origen vegetal. Pero lo que hace al aceite de amaranto de tanto interés tal vez sea su alto contenido de escualeno, en niveles que se han notificado tan elevados como 8%, siendo una de las fuentes más ricas de este compuesto, un hidrocarburo no-saturado que se encuentra en aceites de pescado, y sólo en pequeñas cantidades en aceites vegetales.

Becker (1989), agrega que el grano de amaranto contiene altos niveles de grasa en comparación con otros cereales convencionales. Un valor típico es 7.6%; por lo tanto, tiene una mayor densidad energética. La composición de ácidos grasos del aceite de amaranto es similar a la del germen de maíz, de la avena y de la cascarilla de arroz en cuanto a que contiene alrededor del 77% de ácidos grasos no saturados, y es rico en ácido linoleico (50%). El esteroles predominante en el aceite de amaranto es el espinosterol, y también contiene cantidades significativas de escualeno (7%), como se mencionó anteriormente. Algunos estudios han indicado que la digestibilidad verdadera del aceite de amaranto es más baja que la del aceite de algodón; sin embargo, 5 o 10% de aceite en una dieta basal de caseína no reduce su calidad proteínica.

Balint (1970) y Pandey y Pal, citados por Prakash *et al.* (1989), reportan que la composición química o contenidos proteínicos muestran cierta variación de planta a planta, pudiendo ser las razones de esta variabilidad genéticas, climáticas o ambas.

Así, en material proveniente de Bolivia se determinó el contenido de proteína de los granos, fluctuando entre 12.5 y 18% con una media del 14.1%, situando al amaranto entre los cereales y las leguminosas con más valor respecto al contenido de proteínas, pero con valores más balanceados en sus aminoácidos (Ávila *et al.*, 1989).

Castillo *et al.* (1989) menciona que al determinar por métodos químicos y biológicos el valor nutritivo y la inocuidad de la semilla de amaranto de especies cultivadas en Cuba, se reporta que: los ensayos de alcaloides, saponinas, cianuro e inhibidores de tripsina fueron negativos. La actividad hemaglutinante fue prácticamente nula. El contenido de polifenoles se encontró en el intervalo normalmente informado para las semillas de amaranto, mientras que el contenido de ácido fítico fue ligeramente superior al reportado previamente. El contenido de proteínas fue superior al de los cereales y en correspondencia con los datos de otras variedades de amaranto. El contenido de fibra dietética fue cerca de tres veces superior al de fibra cruda. El contenido de lisina fue dos veces mayor al del trigo. El calor parece ejercer algún efecto beneficioso sobre las semillas de amaranto que mejora la ingestión de dieta de los animales.

Paredes *et al.* (1990) refieren que en años recientes el amaranto de grano ha sido objeto de atención por parte de fitomejoradores, agrónomos, nutricionistas y tecnólogos en alimentos, debido a su alto potencial de producción, cualidades que lo sitúan con un potencial promisorio como cultivo alimenticio, además de que se han estimulado ciertas investigaciones orientadas a incrementar su adaptabilidad y productividad en un amplio rango de condiciones agroclimáticas.

Bressani *et al.* (1992) reportan que el rendimiento de grano está altamente correlacionado con la altura de la planta,

con la eficiencia de desgrane de la inflorescencia y con el índice de cosecha. Otras correlaciones importantes son las asociadas con el rendimiento por planta, peso del tallo, inflorescencia/planta, el largo de la inflorescencia con y sin grano, así como el peso seco. Encontraron que el índice de cosecha está relacionado en forma positiva con grano/planta, eficiencia en desgrane; y negativamente relacionado con peso verde o peso del tallo, con el número de inflorescencias ya sea verde o seco. La altura de la planta y el largo del tallo parecen ser importantes en determinar el rendimiento de grano.

Por otro lado, Tay (1989), con el propósito de observar el comportamiento de las líneas de grano durante un verano húmedo y cálido de Taiwan, realizó un experimento usando cuatro especies de amaranto tipo grano, y cinco especies del tipo foliar o vegetal procedentes de nueve países. El experimento quedó inundado hasta una profundidad de 20 cm como consecuencia de una lluvia torrencial de 143 mm que duró 48 horas; cuando las plantas habían alcanzado una altura de 15 a 25 cm. 17 días después de la primera inundación se registró un segundo aguacero de 478 mm. Los cultivos quedaron inundados por 20 horas y durante un período de tiempo todas las plantas estuvieron totalmente bajo del agua. Las especies de amarantos vegetales *Amaranthus tricolor* y *A. dubius* acusaron mayor tolerancia a las inundaciones con tasas de sobrevivencia que oscilaron entre 48.6 y 57.8%, no así de las especies para grano cuyos valores fueron de cero.

Cifuentes (1989), determinó la mejor época de relevo de la siembra de maíz por amaranto en Guatemala, evaluando el efecto de la sequía y/o fotoperíodo sobre el rendimiento de cuatro especies de amaranto (*Amaranthus hybridus*, *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus*), en tres fechas de siembra (25 de agosto, 4 y 14 de septiembre). Los resultados constataron que el amaranto se

comportó de manera diferencial conforme disminuían las horas luz, o sea que a medida que los días se iban acortando, los rendimientos de grano disminuyeron. Se obtuvieron mayores rendimientos en la primera época y los más bajos en la última, considerándose como factor determinante de ello el fotoperíodo; la mejor especie fue *Amaranthus hybridus* con rendimientos de 1789.06 kg/ha. Se determinó, además que el fotoperíodo si afectó el crecimiento y producción del amaranto, ya que a medida que los días se acortaban, la floración se hacía más precoz.

El amaranto es también uno de los vegetales foliares más importantes que crece en las partes tropicales y subtropicales del mundo. Entre las especies de amaranto vegetal, *Amaranthus tricolor* L. es el cultivo más común y muestra variación máxima para diferentes caracteres (Pan *et al.* 1991). Pero es muy poco el trabajo que se ha llevado a cabo con relación al mejoramiento del cultivo, es requisito previo e importante disponer de información sobre la naturaleza y magnitud de variación en el material disponible en relación al rendimiento y los caracteres que lo componen.

Pan y Sirohi (1992) agregan que en *Amaranthus tricolor* L., las correlaciones entre rendimiento y sus componentes y la contribución relativa de éstos al rendimiento puede ser de gran valor en la planificación y evaluación de programas de fitomejoramiento, ya que esto ayuda a mejorar la eficiencia de selección, haciendo posible el uso de combinaciones apropiadas de caracteres en tales selecciones.

Asimismo, Troiani y Sánchez (1992), refieren la posibilidad de utilizar el amaranto como hortaliza de hojas, en virtud de ser similar a la espinaca y/o acelga. El buen desarrollo de esta especie en zonas de escasa precipitación y la riqueza nutricional que posee, la convierten en una alternativa importante para las zonas de secano. Realizaron también un trabajo que planteó

como objetivo producir rebrotes de algunas variedades de amaranto, utilizando semilla de *Amaranthus mantegazzianus* Pass. cv. Don Juan, concluyendo que el contenido de hierro disminuye en los rebrotes y plantas de 1.20 m promedio de altura. Si bien los rebrotes originados de un primer corte tienen menor contenido de Pb, Ca y cenizas que el corte que les dio origen y que las plantas que desarrollaron sin corte hasta 1.20 m de altura, estos elementos fueron suministrados en un primer corte. Los rebrotes son de buena calidad y producidos en corto tiempo (24 días).

Praskash *et al.* (1993), mencionan que el amaranto tipo grano registra un contenido de lípidos entre 3.9 y 13.1%, en tanto que el tipo hortícola contiene menos vitamina C que los primeros. Señalan que la alta variabilidad en vitamina C y en aceite puede ser útil en programas de fitomejoramiento para valor nutritivo. Los primeros estudios realizados por estos autores, indicaron que el follaje es especialmente rico en carotenoides (vitamina A) además en proteína, hierro y calcio. La vitamina C (ácido ascórbico) es un antioxidante importante, soluble en agua y juega un papel significativo en el mantenimiento adecuado del potencial de oxidación-reducción del tejido humano, propia de ser considerada en la dieta humana.

Por otro lado, Vityakon y Bluebell (1989), identificaron diferentes formas de oxalato en *Amaranthus gangeticus* L. (amaranto vegetal) cultivados en tres sitios con suelo y factores climáticos distintos, determinándose sus contenidos. Se encontró que en promedio, el contenido total de oxalato era de 91 g kg⁻¹ con base a peso seco, el cual es alto si se compara con las cantidades determinadas en otros vegetales y cultivos de forraje, e informadas como perjudiciales para la salud. Se aislaron dos fracciones dominantes de oxalato de amaranto: una fracción soluble en agua hirviendo, la que se presentó predominantemente en forma de oxalato de

potasio y de magnesio, y la otra, un residuo insoluble que era predominantemente oxalato de calcio. Es poco probable que la mayor parte del calcio en el amaranto sea aprovechable por el organismo. Se sugiere que los experimentos que persigan reducir el contenido de oxalato en el amaranto se centren primero en los oxalatos solubles, ya que éstos pueden interferir con la disponibilidad de Ca proveniente de otros recursos alimenticios.

Una de las múltiples formas de utilización de los granos de amaranto para consumo humano es el empleo de los "brotes" de amaranto, nombre que a similitud de los aplicados a plántulas de alfalfa, soja, porotos, etc. se da a las semillas germinadas de tales plantas. Existen escasos antecedentes sobre la eficiencia de esta forma de utilización de los granos de amaranto. Colmenares *et al.* (1992), informaron sobre aspectos de la composición química de granos germinados de *Amaranthus cruentus* L. en relación con los granos no germinados. Los "brotados" a las 48 y 72 horas acusaron similar contenido de proteína, menor contenido de extracto etéreo, presencia de azúcares reductores (ausentes en el grano natural), mucha mayor proporción de azúcares solubles totales y mayor contenido de tiamina, riboflavina y ácido ascórbico (en estos dos últimos cerca de tres veces más). En cuanto a la calidad de la proteína, en los "brotes" a las 72 horas, se observó un incremento de NPR y una disminución neta de los "brotes" sometidos a cocción.

Los subproductos del cultivo del amaranto para grano incluyen los tallos con ramas y hojas, así como también la inflorescencia sin grano. Estas dos fracciones físicas del amaranto fueron analizadas químicamente; asimismo, se han realizado estudios sobre el uso de los tallos como forraje para rumiantes y la inflorescencia como un ingrediente en concentrados para aves. Los resultados en ambos casos indicaron que estos

subproductos son útiles para tales propósitos (Bressani *et al.* 1992).

Se sabe que entre las especies no cultivadas o en proceso de domesticación se encuentran: *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri*, *A. powellii*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* y *A. watsonni*, mismas que reporta Reyna (1996) con cobertura nacional en altitudes desde el nivel del mar hasta más de 2800 msnm, y por ende climas desde muy calientes hasta semifríos.

En tanto que las cultivadas *Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus* y mínimamente *A. caudatus* ocupan anualmente superficies que oscilan entre 1800 y 2000 hectáreas, exclusivamente en áreas de secano. Se distribuyen en alturas variables (desde 100 hasta 2800 msnm), donde predominan climas calientes, semicálidos y templados y muy variados tipos de suelos (Reyna, 1991).

Reyna (1996) menciona que en México, los estados productores más importantes, ocupan parte de la Cuenca de México, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Oaxaca y Michoacán; agrega que los rendimientos promedio oscilan entre 1100 y 1400 kg/ha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante los meses de mayo a octubre del año 2007 bajo condiciones de temporal en el Campo Experimental Universitario de Chamilpa (CEUCH), ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Geográficamente se localiza a los 18° 58' 58" LN y los 99° 14' 08" LW a una altitud de 1892 msnm, perteneciente al municipio de Cuernavaca, Morelos.

Inicialmente se llevó a cabo la preparación del terreno, la cual constó de la limpia, barbecho y rastra, finalmente el

surcado, este último se realizó con la finalidad de airear el suelo y exponer las plagas al sol y a la intemperie para evitar daños en el cultivo; posteriormente se realizó la delimitación de parcelas con ayuda de estacas y mecahilo quedando parcelas de 70 m² que contenían cinco surcos de 10 m cada uno, con espacio de 60 cm entre surco y surco dando un total de 12 parcelas.

Para la fertilización se utilizó como fuente de nitrógeno gallinaza y vacaza; se determinó previamente el porcentaje de nitrógeno total mediante el método del kjeldahl, lo cual permitió pesar la cantidad requerida para cada tratamiento. Considerando que las dosis a evaluar fueron 150 kg n/ha, en el cuadro 1 se muestran las cantidades empleadas por tratamiento y por surco, aplicándose antes de realizar la siembra mediante una aplicación única. La incorporación de este fertilizante al suelo, se realizó abriendo la costilla del surco con una pala recta, se distribuyó el fertilizante de manera homogénea, finalmente se cubrió con suelo.

Cuadro 1. Cantidades de fertilizante empleado por surco y por parcela en cada tratamiento.

Tratamientos	Dosis (kg/ha N)	Cantidad de gallinaza por surco (kg)	Cantidad de Gallinaza total por parcela (kg/25 m ²)
Gallinaza	150	4.2	50.4
Vacaza	150	8.4	100.8
Testigo	150	0.0	0.0

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, este se determinó en base a las características del terreno.

La obtención de la semilla fue de un cultivo anterior montado en la localidad de Huitzilac en donde se sembró *Amaranthus hypochondriacus* L. El método de siembra utilizado fue a chorrillo, colocando la semilla

a una profundidad aproximada de medio centímetro, para ello se abrió ligeramente el lomo del surco con la ayuda de una vara, en la que se dejaron caer las semillas en forma continua formando una línea, las cuales fueron cubiertas por una capa ligera de suelo. La fecha de siembra fue el 8 de junio, previa fertilización orgánica (25 de mayo).

Con el fin de evitar la competencia entre las plantas durante las primeras etapas fenológicas, se efectuaron deshierbes y aporques en forma manual; igualmente se realizaron desahijes dejándose en promedio 40 plantas por surco con una distancia aproximada de 25 cm entre planta y planta con el propósito de tener una densidad de población de 80 000 pl/ha. Los aporques se fueron haciendo a medida que fueron necesarios y consisten en arrimar tierra a las plantas, de manera que éstas queden más sujetas al suelo.

Con la finalidad de evaluar el efecto de cada uno de los tratamientos sobre las plantas de amaranto se les efectuaron mediciones botánicas de manera sistemática cada ocho días (altura de la planta, cobertura, altura y diámetro de la panoja), se eligieron 10 plantas al azar por cada parcela, dando un total de 120 plantas. Las mediciones se llevaron a cabo con la ayuda de una cinta métrica.

En el caso de la altura de la planta se consideró desde el nivel del suelo hasta la punta de la panoja (inflorescencia, en el caso de esta última la longitud se midió a partir de donde se inicia la ramificación de la panoja hasta la parte superior de la misma y con lo que respecta al diámetro éste, fue determinado en la parte media.

La cosecha, secado y trillado se realizó a partir del 20 de octubre. Se cortaron las panojas con tijeras de podar y éstas fueron colocadas dentro de costales para evitar la caída de las semillas. Las panojas ya cosechadas se extendieron sobre costales con el fin de secarlas, durante este proceso se realizaban

remociones periódicas evitando así la formación de hongos por la humedad generada. Posteriormente, la semilla se limpió de ramas, varas y desechos de la panoja, después se tamizó en una malla de 44 mm de abertura y posteriormente fue venteadada, obteniendo la semilla y así finalmente pesarla y obtener el rendimiento por tratamiento.

Trabajo de Laboratorio

Previo a la siembra se efectuó una prueba de germinación de la semillas, para lo cual se utilizó como sustrato suelo de tipo andosol proveniente del propio campo experimental. Se utilizó un semillero de 200 divisiones depositando tres semillas en cada una de ellas, a efecto de cuantificar su viabilidad.

De igual manera, a las semillas cosechadas se les determinaron los porcentajes de humedad empleando el método por desecación de estufa en el cual se pesaron 20 gramos de cada tratamiento, con cuatro repeticiones cada una, posteriormente se depositaron en cápsulas de porcelana a peso constante. Se pesó la cápsula con la muestra y se colocaron en la estufa durante 24 horas a 100° C; la diferencia de peso proporcionó el porcentaje de humedad.

Para la determinación del contenido de proteína en grano se empleó la metodología propuesta por las Normas Oficiales Mexicanas de Alimentos, mismo que fue realizado en el laboratorio de Análisis Industriales de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (se presenta en el anexo, la descripción detallada de la técnica empleada). Para evaluar la influencia del fertilizante sobre el peso del grano, se pesaron 100 semillas de cada uno de los tratamientos con tres repeticiones.

Análisis estadísticos

Tanto las variables botánicas de las plantas, así como las determinaciones edáficas, la humedad, el contenido de proteína y los rendimientos se evaluaron mediante un análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples, empleando el paquete estadístico de Statgraphics plus 2.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 600 semillas sembradas durante la prueba de germinación en condiciones de laboratorio, germinaron 560, lo que representó el 98.8% de viabilidad, porcentaje bueno si se considera que la siembra en el campo fue a “chorrillo”, con lo que la probabilidad de obtener la densidad deseada se incrementó notablemente.

La determinación del contenido de humedad es una de las medidas más importantes y ampliamente usadas en el procesado y control de alimentos. Particularmente en el cultivo de amaranto, es una variable de vital importancia en el óptimo reventado. Mérida (1986) y Cruz (1993), concuerdan en que para obtener un buen reventado de la semilla de amaranto, ésta debe tener un porcentaje de humedad entre 10 y 13%; Campos (1999) reporta un 11% de humedad en semillas de *A. hypochondriacus* fertilizadas orgánicamente, en tanto que Rojas (2000) y Morales (2000), reportan un 15% de humedad en semillas fertilizadas con gallinaza con una dosis de 150 k/ha de N.

En este trabajo, el porcentaje de humedad en la semilla fertilizada con gallinaza fue de 15.0 % en promedio (Figura 1), con vacaza 12.6% y el tratamiento testigo reportó 12.6%. En términos estadísticos, se demostró que no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos.

La proteína es el componente más importante de la semilla de amaranto, es la principal característica que le permite competir con otros cereales y algunos otros granos. Se resumen en el cuadro 2 los valores reportados por diversos autores para la especie *A. hypochondriacus* L., aclarando que en la mayoría de los casos la fertilización ha sido con productos inorgánicos.

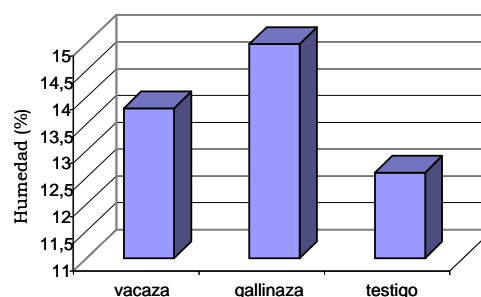


Figura 1. Contenido de humedad en semillas de amaranto tratadas con diferentes abonos orgánicos

Cuadro 2. Valores de contenidos proteicos reportados para *A. hypochondriacus* L. por diversos autores.

Autor	% proteína
Duarte (1986)	14.0
Sánchez-Marroquín (1983)	14.7
Espitía (1987)	13.9
Pulido y Trinidad (1987)	14.0
Suárez (1988)	16.0
Bressani (1988)	15.3
Shepard, <i>et al.</i> (1994)	17.3
Matos (1997)	12.2
Campos (1999)*	14.8
Taboada, Oliver y Ocampo (2002)*	14.7
Soto (2002) *	15.4
Abad-Fitz (2003)*	15.6
Ocampo (2003)*	14.8
Jaramillo (2005)*	18.1

* Fertilizante orgánico

Si bien entre los tratamientos empleados en el presente trabajo no se reportan diferencias significativas; debe reiterarse que el contenido de proteína más alto lo registró el testigo, seguido del tratamiento a base de vacaza y finalmente el valor más bajo el de gallinaza (Figura 2), todos ellos dentro de los rangos reportados para trabajos anteriores.

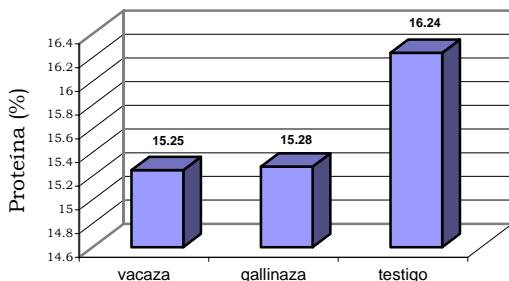


Figura 2. Contenido de proteína para *A. hypochondriacus* L.

Esto se debió básicamente a que las plantas que se muestrearon y que contenían gallinaza sufrieron acame en el mínimo de los casos natural y en su mayoría por efectos antropocéntricos, efecto que evidentemente se vio reflejado en los promedios finales.

En este trabajo en particular el parámetro altura de la planta, se comportó de manera similar en todos los tratamientos (Figura 3), al momento de la cosecha el promedio de altura fue de 144.3 cm; el tratamiento a base de gallinaza reportó los valores más altos (157.22 cm) y el testigo registró las alturas más bajas (136 cm). El análisis estadístico realizado para esta variable mostró que no se reportan diferencias significativas entre los tratamientos con un nivel de confiabilidad de 95%.

La altura de la panoja, resulta ser uno de los parámetros más importantes a evaluar, ya que dependiendo el valor que ésta alcance, será el rendimiento que se

obtenga del cultivo. García (2000), Rojas (2000) y Morales (2000), reportan alturas de panoja de 36, 32 y 30 cm, respectivamente. En tanto que, Abad-Fitz (2003), Barreto et al., (2003), Ocampo (2003), Beltrán (2004) y Jaramillo (2005) reportan alturas de 38.92, 54.06, 25.8, 26.77 y 43.24 cm respectivamente. En este trabajo, la altura de la panoja fue semejante entre los tratamientos; al igual que la variable anterior el valor más alto fue para el tratamiento testigo, seguido del de gallinaza y finalmente vacaza, valores que pueden considerarse dentro de los rangos que podrían denominarse aceptables. El análisis de varianza confirmó las diferencias significativas entre los tratamientos que contenían gallinaza respecto al testigo, el cual resultó el mejor tratamiento para la variable altura de panoja.

Cruz (1993), al llevar a cabo el desarrollo de un cultivo en donde evaluó la respuesta del amaranto con 150 kg N/ha obtuvo perímetros de panoja promedio de 35.2 cm, en tanto que Rojas (2000) reporta promedios de 34.71 cm; Morales (2000) reporta valores de 16.9 en el cultivo sembrado el 15 de julio, en tanto que el sembrado el 30 de julio los perímetros fueron de 10.7 cm; García (2000), reportó perímetros de 38.76 cm. Comparativamente, Abad-Fitz (2003), Barreto et al., (2003), Beltrán (2004) y Jaramillo (2005), reportaron valores de 30.06, 31.72, 22.23 y 30.48 cm, respectivamente.

Los perímetros promedio fueron de 42.02 cm, considerados como aceptables (frondosas) de acuerdo a lo reportado por el resto de autores, nuevamente, el tratamiento con los valores más altos fue el testigo (45.97 cm), el tratamiento con gallinaza registró valores promedio de 40.47 cm, mientras el de vacaza obtuvo perímetros de panoja promedio de 39.63 cm (Figura 5). El análisis estadístico demostró que no existieron diferencias entre tratamientos.

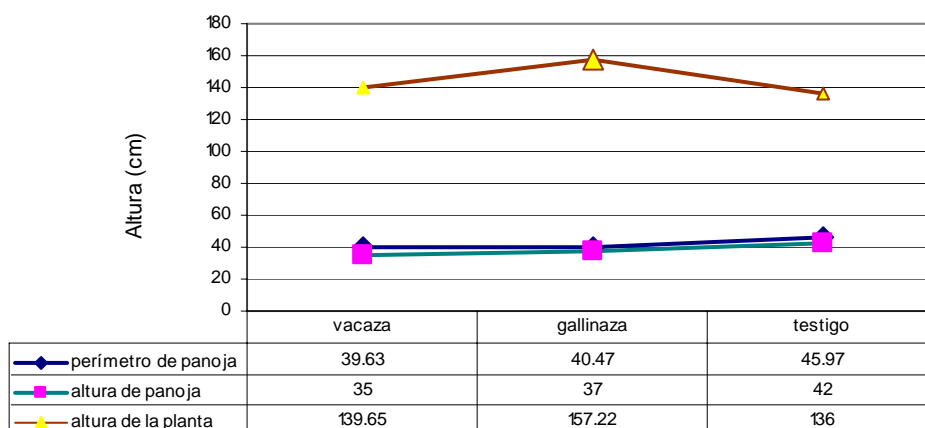


Figura 3. Datos morfométricos de plantas de amaranto fertilizadas orgánicamente

Rendimiento con base al peso en grano

Es el parámetro que se considera como el más importante para productores, ya que representa beneficios económicos; vale aclarar que en el estado de Morelos, el rendimiento promedio de semilla de *Amaranthus hypochondriacus* L. oscila entre 1.2 y 1.5 t/ha.

En la parcela experimental establecida *ex profeso* para la evaluación de diversos abonos orgánicos, se obtuvieron los siguientes resultados: el tratamiento a base de gallinaza obtuvo los rendimientos más altos (1.378 t/ha), pudiendo competir inclusive con los registros estatales promedio, sin mayor inversión de agroquímicos, contribuyendo a mejorar las condiciones ecológicas del suelo y aportando cantidades proteínicas a la planta. El abono de vaca, fue el tratamiento intermedio con solamente 1.103 t/ha y el testigo fue el que menor rendimiento produjo con escasamente 0.798 t/ha (Figura 4). Desde el punto de vista estadístico quedó demostrado que se registraron diferencias significativas entre tratamientos.

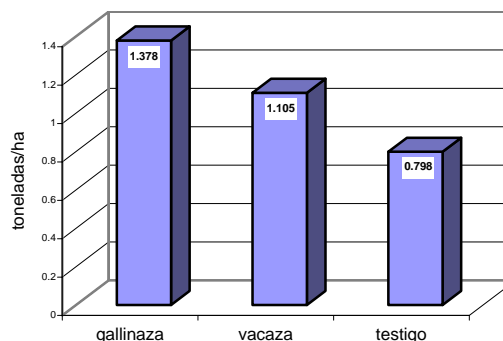


Fig. 4. Rendimientos obtenidos en el cultivo de amaranto fertilizado con diversos abonos orgánicos

Comparativamente, estos resultados son coincidentes con los reportados en trabajos anteriores; sin embargo, las parcelas abonadas con gallinaza superaron ligeramente éstos valores (Cuadro 3).

La variabilidad de resultados en este rubro de rendimiento se asume que es debido a que se han realizado en diversas localidades de la entidad, con diferentes fechas de siembra y teniendo como denominador común el cultivo de amaranto y el abono orgánico gallinaza.

Cuadro 3. Rendimientos obtenidos del cultivo de amaranto fertilizado orgánicamente por diversos autores.

<i>Autor</i>	<i>Rendimiento (t/ha)</i>
Campos (1999)	1.13
Rojas (2000)	1.13
García (2000)	2.30
Morales (2000)	1.00
Soto (2002)	0.88
Abad-Fitz (2003)	1.10
Ocampo (2003)	0.81
Jaramillo (2004)	1.25
Beltrán (2005)	1.68
Castillo (2005)	1.00
Monsalvo (2006)	1.30
González (2006)	0.87

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre los promedios, destacando el reporte de García (2000) realizado en el municipio de Atzitzihuacán, Puebla en una unidad de tipo cambisol.

CONCLUSIONES

La prueba de viabilidad fue de 98%. El contenido de humedad de las semillas fue de 15% para el tratamiento a base de gallinaza. El contenido de proteína registró los valores más altos en el tratamiento testigo: en tanto que para el parámetro altura de la planta, nuevamente el tratamiento a base de gallinaza resultó ser el mejor.

Contrariamente para altura de la planta, la gallinaza registró los más altos valores; en tanto que las alturas de las panojas del tratamiento testigo resultaron más altas.

El rendimiento obtenido para el tratamiento a base de gallinaza fue de 1378 kg/ha, con vacaza 1105 kg/ha, en tanto que el testigo registró solamente 798.65 kg/ha, evidentemente con diferencias estadísticas significativas.

En términos generales puede considerarse que los abonos orgánicos responden satisfactoriamente en el cultivo de amaranto, particularmente en dos de las variables de mayor importancia entre los productores: el contenido de proteína y los rendimientos; sin dejar de mencionar que de manera colateral manifiestan un mejoramiento a nivel edáfico para futuras producciones.

LITERATURA CITADA

Abad-Fitz, I. 2003. Efecto ecoclimático y fertilización orgánica en la producción de amaranto en un andisol, Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 76 p.

Alejandre, I. G. y F. Gómez L. 1986. Cultivo del Amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 245 p.

Avila, G., P. Alvarez Z. y S. Castellón T. 1989. Introducción al mejoramiento del "millmi" (*Amaranthus caudatus*) en el centro fitocogenético de Pairmani, Bolivia. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 3:11-13. Guatemala, Guat.

Bansal, G. L. 1990. Selección de germoplasma de *Amaranthus hypochondriacus* L. por su eficiencia fisiológica y productividad. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1:8-10. Guatemala, Guat.

Barreto, S. M. P., M. Taboada S., R. Oliver G. y F. Bonilla H. (Edits.). 2003. El cultivo de amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 45 p.

Becker, R. 1989. Preparación, composición e implicaciones nutricionales del aceite de la semilla de amaranto. *Cereal Foods World*. California, U. S. A. 34:950-953.

- Beltrán, S. J. A. 2004. 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, Mor. 29 p.
- Bressani, R. 1989. El aceite del grano de amaranto. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1:4. Guatemala, Guat.
- Bressani, R., J. M. González y M. Melgar. 1992. Distribución del peso de tallos, inflorescencia y grano en 14 variedades de amaranto al tiempo de la cosecha. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, núm 3-4:5-11. Guatemala, Guat.
- Bressani, R. y V. Benavides. 1990. Valor nutritivo de mezclas de harina de amaranto. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 4:14-18. Guatemala, Guat.
- Campos, A. D. F. 1989. Primera estimación del potencial agrícola del estado de San Luis Potosí por medio de índices climáticos. Descripción de procedimientos. *Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología*. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 69.
- Castillo, A., M. Abreu, M. Hernández, J. González y J. Rebozo. 1989. Evaluación nutricional y toxicológica de una variedad de amaranto. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 2:12-18. Guatemala, Guat.
- Cifuentes, S. J. I. 1989. Evaluación de cuatro especies de bleado (*Amaranthus* spp.) para tres épocas de siembra, en el parcelamiento de Caballo Blanco, departamento de Retalhuleu, Guatemala. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1:5-6. Guatemala, Guat.
- Cruz, O. J. A. 1993. Repuesta del cultivo de amaranto a cinco niveles de fertilización nitrogenada en el campo experimental de la UAEM. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 88 p.
- García, E. L. 2000. Evaluación de gallinaza y urea sobre la producción de amaranto en Atzitzihuacán, Puebla. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 38 p.
- Jaramillo, S. F. 2005. Estudio energético en 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, Mor. 42 p.
- Mérida, V. T. 1986. Comportamiento de cinco tipos de amaranto (*Amaranthus* spp.) a dos niveles de fertilización, en suelos calcimórficos de Miacatlán, Mor. Tesis Profesional, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 9. Miacatlán, Mor., México.
- Morales, O. E. 2000. Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de amaranto a dos fechas de siembra, en Cuernavaca, Morelos. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 49 p.
- Ocampo, L. I. E. 2003. Respuesta de diferentes dosis de la 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, Mor. 33 p.
- Pan, R. S., P. S. Sirohi y N. Sivakami. 1991. Estudios sobre la variabilidad en amaranto vegetal (*Amaranthus tricolor* L.). *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1:10-11. Guatemala, Guat.

- Pan, R. S. y P. S. Sirohi. 1992. Análisis del coeficiente de correlación y de senda en amaranto hortícola (*Amaranthus tricolor* L.). *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1-2:8-11. Guatemala, Guat.
- Paredes, L. O., A.P. Barba R., D. Hernández López y A. Carabez T. 1990. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. p. 97.
- Prakash, D., P. S. Misra, R. M. Pandey y M. Pal. 1989. Estabilidad genética de la composición proteínica y de aminoácidos en el *Amaranthus*. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 3:8-10. Guatemala, Guat.
- Prakash, D., M. Pal, G. P. Srivastava, B. D. Joshi y P. K. Jha. 1993. El contenido de vitamina C en hojas y de aceite en grano de especies de *Amaranthus*. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 3-4:5-7. Guatemala, Guat.
- Reyna, T. T. 1996. Redescubrimiento del *Amaranthus* y sus nuevos usos en México. Taller Cuba-México. Potencialidades y usos del Amaranto. Universidad de La Habana, Cuba. Universidad Nacional Autónoma de México. Reyna, Fernández y Ortega (Comp.). La Habana, Cuba. p. 1-5.
- Reyna, T. T. 1991. Caracterización edafoclimática de las regiones potencialmente útiles para el cultivo del amaranto *Amaranthus* spp. *Informe Técnico*. Reunión Anual del Grupo de Investigación Interdisciplinaria para el Estudio del Amaranto (GIIEIA). PUAL-UNAM. México, D. F. p. 97-101.
- Rodríguez, C. E. 1990. Efecto de sistemas de siembra sobre el rendimiento en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 4:8-13. Guatemala, Guat.
- Rojas, M. M. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L. en el campo experimental de la UAEM. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 44 p.
- Sánchez-Marroquín, A. 1980. Potencialidad agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México. 239 p.
- Soriano-Santos, J. 1987. Lisina-reactiva y valor biológico de semillas procesadas de *A. hypochondriacus*. Tesis de Maestría, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Tay, D. C. S. 1989. Amaranto tolerante a las inundaciones. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1:12-13. Guatemala, Guat.
- Tchango, T. J. 1993. Estudio de la conversión de las hojas de amaranto (*Amaranthus* spp.) en Cameroun. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 3-4:5-7. Guatemala, Guat.
- Troiani, R. y T. M. Sánchez. 1992. Rendimiento de materia vegetal, materia seca y contenido de nutrientes y antinutrientes en plantas y rebrotes de *Amaranthus mantegazzianus* Pass cv. Don Juan. *Boletín El Amaranto y su Potencial*, 1-2:11-14. Guatemala, Guat.
- Vityakon, P. y R. Bluebell. 1989. Oxalato en el amaranto (*Amaranthus gangeticus*) vegetal, formas, contenidos y posibles implicaciones para la salud humana. *J. Sci. Food Agric.* 48:469-474.