



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Estudio fenológico y manejo orgánico del
cultivo de Amaranto en Cuautitlán Izcalli,
México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

ROMÁN ÁLVAREZ OROZCO

ASESOR: Dr. GUSTAVO MERCADO MANCERA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTÁZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Estudio fenológico y manejo orgánico del cultivo de Amaranto en Cuautitlán Izcalli, México

Que presenta el pasante: ROMÁN ALVAREZ OROZCO
Con número de cuenta: 41308470-1 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de septiembre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.C. Vicente Silva Carrillo	
VOCAL	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
SECRETARIO	Dra. Gloria Herrera Vázquez	
1er. SUPLENTE	M.C. Juan Roberto Guerrero Agama	
2do. SUPLENTE	I.A. Fernando Ortiz Salgado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por ser el pilar fundamental de lo que soy y por el apoyo incondicional brindado y el cual se ha mantenido a través del tiempo.

A mi compañera de vida Brenda Esteffani Roldán Rodríguez, por su enorme cariño, apoyo, paciencia, comprensión y esfuerzo que ha demostrado y de los cual me encuentro muy agradecido por permitirme seguir superándome.

A mis hijas Yaretzi y Monserrat que han sido mi gran felicidad, motivación e inspiración. Son ellas por quienes siempre seguiré esforzándome y concluyendo más trabajos como el que hoy estoy presentando.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Carrera de Ingeniería Agrícola de la cual me siento muy orgulloso, ya que las experiencias y conocimientos adquiridos durante los 5 años de la carrera me han servido para mi desarrollo profesional y como persona.

A mis maestros por su tiempo, apoyo y conocimientos transmitidos durante todo este tiempo.

Al Doctor Gustavo Mercado Mancera por su confianza, apoyo y amistad que me brindo, por haber guiado el desarrollo de este trabajo e impulsarme a la terminación del mismo.

A la Ingeniera Agrícola Ana Karen Granados Mayorga por su apoyo en la realización de este trabajo tanto en la fase de campo como en la de gabinete.

A mis amigos y compañeros que siempre me apoyaron y que han sido importantes para mí durante todo este tiempo convivido.

DEDICATORIA

A mi familia, a mi padre Román Álvarez García, a mi madre Francisca Orozco Peña, a mi mitad Brenda Esteffani Roldán Rodríguez, a mis hijas Yaretzi Álvarez Roldán y Monserrat Álvarez Roldán y a mi abuelita Tomasa Peña Reséndiz, a quienes jamás encontrare la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado desde el primer día en que comencé este largo camino y el cual me encuentro concluyendo una etapa importante, donde se pretende vengan más oportunidades y triunfos de los cuales nos beneficiemos. Esperando que comprendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes.

Con todo mi cariño.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>i</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>i</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.1.1. Objetivos particulares	2
1.2. Hipótesis	2
II. ANTECEDENTES	3
2.1. El cultivo de amaranto en México	3
2.1.1. Producción nacional	5
2.1.2. Importancia nutricional del amaranto	7
2.2. Características de la planta de amaranto	9
2.2.1. Descripción botánica	10
2.2.2. Fenología del amaranto	11
2.3. Importancia del manejo orgánico de cultivos	13
2.4. Uso de fuentes orgánicas en la agricultura	14
2.5. Características de la producción de amaranto	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Descripción del sitio de estudio	22
3.1.1. Características climáticas y edáficas	23
3.2. Metodología	23
3.2.1. Variables evaluadas	25
3.2.2. Análisis estadístico	25
3.3. Materiales	26

	Página
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Variables climáticas	27
4.2. Variables fenológicas	31
4.3. Componentes de rendimiento	34
V. CONCLUSIONES	40
VI. LITERATURA CITADA	42
ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estados productores de amaranto en el ciclo agrícola de 1990-1991 (INEGI, 1991).	6
Figura 2. Estados productores de amaranto en el ciclo agrícola de 2012 (Ayala <i>et al.</i> , 2012).	6
Figura 3. Localización geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli. México (Rodríguez, 2014).	22
Figura 4. Distribución de tratamientos en campo, evaluados en el cultivo de amaranto.	24
Figura 5. Tendencia de la temperatura promedio mensual en el año de 2016. Cuautitlán Izcalli, México.	27
Figura 6. Tendencia de la precipitación mensual en el año de 2016. Cuautitlán Izcalli, México.	28
Figura 7. Balance diario de humedad, durante el periodo de cultivo de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli. México.	29
Figura 8. Humedad ambiental máxima, mínima y media. Ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, México.	30
Figura 9. Medición de la altura de planta de amaranto, ciclo P-V 2016.	31
Figura 10. Altura promedio de las plantas de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	32
Figura 11. Evaluación de los componentes de rendimiento del amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	34
Figura 12. Longitud de panoja de amaranto (cm), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	35
Figura 13. Peso total de panoja de amaranto (g), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	36
Figura 14. Peso de grano por panoja de amaranto (g), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	37
Figura 15. Rendimiento de amaranto (kg ha^{-1}), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	38
Figura 16. Acame de plantas de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Aminoácidos esenciales del amaranto (San Miguel, 2008; González <i>et al.</i> , 2016).	8
Tabla 2. Fases fenológicas del amaranto (Mujica y Quillahuamán, 1989; Henderson, 1993).	12
Tabla 3. Unidades calor acumuladas para la aparición de las fases fenológicas, del cultivo de amaranto. Ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, México.	30
Tabla 4. ANOVA, Altura de planta de amaranto a los 105 DDE, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	32
Tabla 5. Altura de planta de amaranto a los 105 DDE, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	32
Tabla 6. Fenología del cultivo de amaranto, ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.	33
Tabla 7. ANOVA, longitud de panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	35
Tabla 8. ANOVA, peso total de panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	36
Tabla 9. ANOVA, peso de grano por panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	37
Tabla 10. ANOVA, rendimiento de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.	38

RESUMEN

El cultivo de amaranto tiene un potencial muy alto de aprovechamiento, por su valor nutrimental y por ser un cultivo originario de México, sin embargo, poco se ha trabajado en relación al manejo orgánico nutrimental. El objetivo del presente trabajo fue el describir el comportamiento fenológico del cultivo de amaranto y evaluar su respuesta al manejo orgánico, en el año de 2016, en Cuautitlán Izcalli, México. Las variables evaluadas fueron: de índole climático (temperatura, precipitación y humedad ambiental); de índole fenológico (fases y duración de las etapas fenológicas del cultivo, altura de la planta) y componentes de rendimiento (longitud de panoja, el peso total de panoja, el peso de grano por panoja, y rendimiento). El arreglo experimental fue completamente al azar, con cinco tratamientos (sin aplicación, lixiviados de lombricomposta, composta, humus de lombricomposta y biofertilizante) con tres repeticiones. Se realizaron los análisis de varianza correspondientes para las variables evaluadas, en las cuales no se obtuvo diferencia estadística significativa. Se observó una tendencia mayor a la aplicación de biofertilizante en todas las variables lo cual permite recomendar esta fuente nutrimental en subsecuentes trabajos con este cultivo. El amaranto tuvo un ciclo de 159 días y una acumulación de 1,602.8 UC. El rendimiento se vio afectado por vientos fuertes que acamaron a las plantas, el cual en promedio fue más alto con el biofertilizante con 740 kg ha⁻¹. A pesar de ello, se observó una respuesta positiva del cultivo de amaranto a la fertilización orgánica, lo cual trae beneficios al suelo y a la economía del productor. Se recomienda evaluar la rentabilidad del cultivo en la región, para comparar el sistema orgánico vs sistema convencional (con uso de agroquímicos).

I. INTRODUCCIÓN

México tiene características ecológicas, climatológicas, culturales, sociales y económicas únicas a nivel mundial para practicar una agricultura y ganadería altamente productivas y diversificadas, una agricultura capaz de sembrar y cosechar durante los 365 días del año. Además, también existen cultivos que se adaptan a estas condiciones, como lo es el maíz y el amaranto. Según la historia, donde fue la cuna de la agricultura y la irrigación en Mesoamérica se localizaron los primeros vestigios de semilla de *Amaranthus hypochondriacus* L., lo cual indica que la domesticación del amaranto surgió junto con la del maíz (Schwentesiuss y Ayala, 2014).

La producción de estos cultivos es importante en México ya que ambos comparten un poco de las características ya mencionadas por ejemplo, han sido la principal fuente de alimentación para las poblaciones, por su diversidad y amplia distribución a lo largo del territorio mexicano, además que han formado parte de ceremonias y rituales en las culturas mexicanas y a su vez han sido una oportunidad de bienestar económico y nutricional para las familias campesinas.

Cabe mencionar que el cultivo de amaranto no se ha aprovechado integralmente en todo su potencial, considerándose un tesoro de la naturaleza olvidado por la sociedad, a diferencia de cultivos como el maíz y la soya, entre otros, que han tenido un amplio desarrollo industrial y tecnológico.

Ahora bien, en el desarrollo de las plantas el manejo de la fertilización es un elemento primordial que garantiza el rendimiento de los cultivos agrícolas. En este sentido, los abonos orgánicos pueden contribuir con el desarrollo de los cultivos, ayudar a mantener la fertilidad de los suelos, conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, ser una fuente nutrimental más económica que ayude a reducir los costos de producción, para que el productor mejore sus ganancias económicas.

La producción de amaranto se concentra principalmente en la zona centro del país, los principales estados productores del grano son: Puebla, Estado de México, Morelos, Tlaxcala y Distrito Federal, los cuales en conjunto aportan más del 90 % del total nacional,

el resto lo cubren los estados de Oaxaca, Hidalgo y San Luis Potosí con menor superficie sembrada (SIAP, 2017).

El Estado de México presenta condiciones favorables para la siembra del cultivo de amaranto, concentrándose en 10 municipios, principalmente Juchitepec, Ozumba y Tepetlixpa, condiciones muy parecidas a las que se presentan en el municipio de Cuautitlán Izcalli. En este sentido, el presente trabajo se enfocó en la evaluación fenológica del cultivo de amaranto y su respuesta a diferentes fuentes orgánicas de fertilización, con los objetivos e hipótesis siguientes:

1.1. Objetivo general

- Realizar el estudio fenológico del amaranto con un manejo orgánico del cultivo, en Cuautitlán Izcalli, México.

1.1.1. Objetivos específicos

1. Describir el comportamiento fenológico del cultivo de amaranto, bajo condiciones de temporal en Cuautitlán Izcalli, México, durante el ciclo P-V 2016.
2. Evaluar los componentes de rendimiento del cultivo y su relación de la fenología y manejo orgánico, bajo condiciones de temporal.
3. Analizar la respuesta al manejo orgánico del cultivo de amaranto bajo diversas fuentes nutrimentales orgánicas.

1.2. Hipótesis

Ht: El manejo orgánico del cultivo de amaranto genera diferencias con el desarrollo fenológico y componentes de rendimiento.

II. ANTECEDENTES

2.1. El cultivo de amaranto

Amaranthus, el antiguo nombre griego usado por Discorides ἁ μάραντος -amárantos- viene del adjetivo ἁ μάραντος unfading -que no se marchita- alusión a la naturaleza de la no caída de las flores y de las inflorescencias (Mapes y Espitia, s/f).

El amaranto es una planta cultivada, domesticada y utilizada en México desde hace más de 4,000 años (Casas *et al.*, 2001). Pertenece a la familia *Amaranthaceae* y al género *Amaranthus* (*Amaranthus Spp.*). Es de cultivo anual y puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura. La familia *Amaranthaceae* está compuesta por 70 géneros, entre ellos el género *Amaranthus* que comprende alrededor de 60 especies a nivel mundial.

Los estudios arqueobotánicos y las evidencias históricas confirman el origen americano de las especies productoras de *Amaranthus spp.* El amaranto o alegría es una fuente importante de proteína, calcio, hierro y otros compuestos, elementos necesarios para la alimentación humana. Puede ser utilizado en gran diversidad de productos, por ejemplo: sopas, panqués, cereal para desayuno, galletas, pastas, botanas, bebidas y confitería. El amaranto presenta además algunas propiedades para mantener la salud (Mapes, 2015).

Su importancia radica en su alto valor nutritivo, tanto en cantidad como en calidad de proteína, superando a cereales de uso común como el trigo (*Triticum aestivum*), el arroz (*Oryza sativa*), la avena (*Avena sativa*) y el maíz (*Zea mays*) (Morales *et al.*, 2009).

Es una planta dicotiledónea que produce semillas tipo grano, por lo que se le ha denominado como un pseudocereal; sus semillas contienen niveles elevados de proteínas y del aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales. El interés por este cultivo a nivel mundial, como fuente de grano y verdura, ha ido gradualmente en aumento ya que además de su alto contenido nutricional, posee múltiples características agronómicas deseables como una alta tolerancia a suelos pobres y salinos, climas semiáridos y condiciones desfavorables del ambiente, así como la producción de grandes volúmenes de biomasa (Délano y Martínez, 2012).

Por su uso, el amaranto se clasifica en amaranto para grano y foliáceo, aunque también se utiliza con fines ornamentales; y debido a su alto contenido de proteínas su consumo se sugiere a personas con hipertensión, enfermedades cardiovasculares asociadas a hiperlipidemias, diabetes y para la prevención de algunos cánceres (Délano y Martínez, 2012). Es utilizado para la elaboración de dulces artesanales como granola, harinas integrales, alimentos extruidos, panificados y pastas; y productos más elaborados como aceites comestibles, papillas para bebé, concentrados proteicos, barras energéticas y alimentos nutricionales. Sin embargo, es la alegría el producto tradicional por excelencia (Ayala *et al.*, 2012).

El cultivo de amaranto se puede potencializar a un desarrollo agronómico e industrial semejante al de la soya (Morales *et al.*, 2009), en donde genere ingresos económicos significativos para la cadena productiva que inicie en los productores primarios. El cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, no sólo de recursos naturales como lo es el agua, sino también de tecnología en la producción y transformación en las regiones donde se produce (De la O *et al.*, 2012)

En México tradicionalmente se cultiva entre los 2,500 a 3,300 msnm; sin embargo, se han observado excelentes resultados al nivel del mar y en áreas tropicales. Es susceptible a las bajas temperaturas (8 °C) y al exceso de humedad, pero es muy resistente al déficit hídrico y al calor (Ramírez *et al.*, 2011).

En condiciones adecuadas de suelos (neutros o básicos), humedad y temperatura, produce hasta 5,000 kg ha⁻¹; aunque en promedio se obtienen rendimientos de 1,000 a 2,500 kg ha⁻¹ (Mujica y Berti, 1997).

El amaranto es un cultivo principalmente de temporal, por lo cual la aplicación de fertilizantes debe estar estrechamente relacionada con la disponibilidad de humedad; por lo que los requerimientos nutricionales del amaranto, estarán definidos por las condiciones ambientales donde sea cultivado. Se sabe que el Nitrógeno (N) es el elemento más restrictivo en el crecimiento de un cultivo; en amaranto se menciona que a medida que el ambiente sea más favorable se deberá aplicar mayor cantidad de N (Schulz *et al.*, 1989).

En total se reportan 29 especies en México (Espitia *et al.*, 2010), y el SNICS tiene el registro de 12 especies destacando las siguientes: *Amaranthus cruentus*, *A. hybridus*, y *A. retroflexus* (SNICS, 2017).

2.1.1. Producción nacional

El amaranto es una planta ancestral utilizada por las culturas precolombinas de México, que después de la conquista de los españoles, fue prohibido su consumo y siembra por estar relacionado con ceremonias religiosas. Pudo considerarse como una estrategia militar para así mantener a la población débil, ya que el amaranto era un alimento de guerreros (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

Afortunadamente el arraigo de las costumbres en los pueblos fue significativo y el consumo del amaranto se mantuvo durante siglos gracias a la acción de pequeños agricultores que conservaron la tradición de su cultivo aunque en pequeña escala, sobre todo en Morelos, Tlaxcala y el Distrito Federal (Huerta y Barba, 2012).

Aunque en el caso de la superficie sembrada y el volumen de producción de amaranto a nivel nacional durante el periodo de 1982 a 2010 se registró que las tasas de crecimiento media anual (TCMA) fue de 8.17 y 15.34 % para cada uno respectivamente (SIACON-SAGARPA, 2012).

Sin embargo, recientemente, la superficie y la producción han disminuido de manera significativa; en Morelos, del 2011-2012 al 2013-2014, la superficie sembrada pasó de 270 ha a 100 ha, mientras que la producción se redujo de 372 a 132 toneladas. La tendencia de reducir la superficie puede deberse a la reducción del precio medio rural, la alta demanda de mano de obra del cultivo y la competencia con otras especies como el sorgo, que puede mecanizarse fácilmente (Ayala *et al.*, 2016).

La producción nacional es variada y hay estados donde la producción es mayor como en Puebla, Morelos, Tlaxcala, Estado de México y el Distrito Federal, situación que se ha mantenido así desde 1990 (Figura 1 y 2). En menor proporción están los estados de

Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Nayarit, San Luis Potosí y Veracruz (Ayala *et al.*, 2012).

Según SAGARPA, en el año 2013 se registraron 3,729 ha sembradas de amaranto en siete estados de la República, con una producción estimada de 4,617 toneladas (González *et al.*, 2016).



Figura 1. Estados productores de amaranto en el ciclo agrícola de 1990-1991 (INEGI, 1991).



Figura 2. Estados productores de amaranto en el ciclo agrícola de 2012 (Ayala *et al.*, 2012).

2.1.2. Importancia nutricional del amaranto

El amaranto puede ser la planta más nutritiva del mundo. Botánicos y Nutricionistas han estudiado esta planta, y han encontrado que posee gran calidad nutritiva. Las semillas de amaranto tostado proveen una fuente de proteínas que puede satisfacer gran parte de la ración recomendada de proteínas para niños y también pueden proveer aproximadamente el 70 % de energía de la dieta (Amaranto el alimento del futuro, s/f).

Esta semilla llega a contener hasta el doble de proteínas y siete veces más fibra que el arroz. Aporta 10 veces más calcio que el trigo. Son fuente de folato esencial en la formación de los glóbulos rojos y material genético, importante para la fertilidad. Contiene entre 5 y 8 % de grasas saludables, entre ellas el escualeno, un tipo de grasa precursora de colesterol “bueno”. Su aporte de magnesio relaja las arterias y venas, reduce la hipertensión y arritmias cardíacas. Ayuda a mantener los niveles de glucosa en sangre (Indesol, 2014).

Los análisis de la composición proximal de las harinas de las semillas de amaranto muestran que el contenido de proteína varía entre 13 y 18 %, la grasa va de 6.3 a 8.1 %, la fibra es de entre 2.2 y 5.8 % y el contenido de cenizas es de 2.8 a 4.4 % (Huerta y Barba, 2012).

El amaranto se considera un importante complemento en las dietas a base de cereales, por ser rico en lisina, aminoácido esencial en la nutrición humana, escaso en los cereales comunes. Dentro de los aminoácidos que se encuentran en el amaranto están la Isoleucina, Leucina, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1. Aminoácidos esenciales del amaranto (San Miguel, 2008; González *et al.*, 2016).

Aminoácido esencial	<i>A hypochondriacus</i>	Patrón FAO/OMS
Isoleucina	250	250
Leucina*	388	440
Lisina	401	340
Metionina*	131	220
Fenilalanina	328	380
Treonina*	268	250
Triptofano	84	60
Valina	304	310

El amaranto fue seleccionado por la NASA para alimentar a los astronautas por su alto valor nutritivo, por su aprovechamiento integral, por la brevedad de su ciclo de cultivo y por su capacidad de crecer en condiciones adversas. Por todo ello, fue calificado por la NASA como cultivo CELSS (Controlled Ecological Life Support System) la planta remueve el dióxido de carbono de la atmósfera y, al mismo tiempo, genera alimentos, oxígeno y agua para los astronautas (Pantanelli, 2007).

Asimismo, presenta dos tipos de almidón: aglutinante y no aglutinante. El primero es el más adecuado para la industria panadera y es el que presentan algunos cereales como arroz, maíz, cebada, sorgo y mijo. Así, el amaranto reúne la primera característica para ser utilizado en esta industria (Mapes, 2015), pero también podría aprovecharse en la elaboración de productos panificados que no necesiten expansión, debido a que carece de gluten funcional, y podría ser incluido en mezclas con harinas de otros cereales (National Research Council, 1984); por lo que el uso de este pseudo cereal es muy diverso, lo que lo hace una alternativa para su consumo en diversas presentaciones.

2.2. Características de la planta de amaranto

Taxonómicamente aún existen discrepancias y alguna confusión debido a su semejanza entre ellos, amplia distribución geográfica y criterios de los taxónomos; el género tiene amplia dispersión y distribución en el mundo, encontrándola en México, Estados Unidos, Guatemala, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, Asia, India, Pakistán, Sri Lanka, Nepal, Birmania, Afganistán, Irán, China, África, Nigeria, Uganda, Oceanía, Malasia, Indonesia, etc. El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias (Sumar, 1993). De acuerdo a FAO (s/f), el amaranto tiene las siguientes características.

- Raíz: es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, lo cual facilita la absorción de agua y nutrimentos; la raíz principal sirve de sostén a la planta, que permite mantener el peso de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables.

- Tallo: es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo.

- Hojas: son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm.

- Inflorescencia: panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van

del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente y es glomerulado cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glomérulos de diferentes tamaños (Tapia, 1997).

2.2.1. Descripción botánica

Clasificación taxonómica (Tapia, 1997):

Reino : Vegetal

División : Fanerogama

Tipo : Embryophyta siphonogama

Subtipo : Angiosperma

Clase : Dicotiledoneae

Subclase : Archyclamidae

Orden : Centrospermales

Familia : Amaranthaceae

Género : *Amaranthus*

Sección : *Amaranthus*

Especies: *caudatus*, *cruentus* e *hypochondriacus*.

La familia Amaranthaceae comprende 60 géneros y cerca de 800 especies de hierbas anuales de origen tropical, que se adaptan bien a climas templados. Sus principales centros de distribución son los trópicos de América y la India, aun cuando en los trópicos de África y Australia existe un importante número de especies (Mapes, 2015).

El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies; entre las más importantes y conocidas están las siguientes:

- *Amaranthus caudatus* L. cuyos sinónimos son: *Amaranthus edulis* Spegazzini, *Amaranthus mantegazzianus* Passerini.
- *Amaranthus hypochondriacus* L. cuyos sinónimos son: *Amaranthus leucocarpus* S, Wats y *Amaranthus flavus* L.
- *Amaranthus cruentus* L. cuyo sinónimo es *Amaranthus paniculatus* L.
- *Amaranthus hybridus* L. cuyo sinónimo sería *Amaranthus quitensis* S.

- *Amaranthus tricolor* L. cuyos sinónimos serían *Amaranthus gangeticus* L., *Amaranthus tristis* L., *Amaranthus mangostanus* L. y *Amaranthus melancholicus* L.
- *Amaranthus blitum* L. sinónimo de *Amaranthus lividus* L.
- *Amaranthus dubius* L.
- *Amaranthus virides* L., sinónimo de *Amaranthus gracilis* Desf.

2.2.2. Fenología del amaranto

El amaranto es una planta que crece en todos los valles del área andina al igual que el maíz, encontrándose también siembras al nivel del mar e incluso en zonas tropicales.

El período vegetativo varía entre 120 a 170 días, dependiendo de los factores agroambientales y de los cultivares empleados; las épocas de siembra, varían de acuerdo a las condiciones climáticas, generalmente de octubre a diciembre en la zona andina (FAO, s/f).

En la Tabla 2 se describen las fases fenológicas del cultivo de amaranto.

Tabla 2. Fases fenológicas del amaranto (Mujica y Quillahuamán, 1989; Henderson, 1993).

Fases	Descripción
Emergencia (VE)	Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.
Fase vegetativa (V1... Vn)	Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V1 el segundo es V2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V4.
Inicio de panoja (R1)	El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra.
Panoja (R2)	La panoja tiene al menos 2 cm de largo.
Término de panoja (R3)	La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente.
Antesis (R4)	Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis. Por ejemplo si 20% de las flores del eje central han completado la antesis, el estado será R 4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R 4.5. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.
Llenado de granos (R5)	La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja.
Llenado de granos <i>Grano lechoso</i>	Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.
Llenado de granos <i>Grano pastoso</i>	Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.
Madurez fisiológica (R6)	Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además, las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En este estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.
Madurez de cosecha (R7)	Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

2.3. Importancia del manejo orgánico de cultivos

El desarrollo de la agricultura moderna (convencional), basado en el modelo de la Revolución Verde, ha originado severos daños a los recursos naturales en el campo y medio ambiente. La implementación del monocultivo, el uso excesivo de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, la eliminación de nichos naturales en el paisaje rural, la ampliación de lotes agrícolas para la técnica moderna, el entubado de arroyos, el descuido de los abonos orgánicos, la tala inmoderada de bosques y la falta de la cobertura vegetal provocan la pérdida de fertilidad y la erosión de los suelos (Pérez, 2006).

La agricultura orgánica, es definida como un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas, basada fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos (IFOAM, 2014).

SAGARPA (2014) indicó que dentro de las ventajas y las desventajas que presenta la agricultura orgánica son:

Ventajas:

- Producción sin empleo de agroquímicos.
- Conservación de la fertilidad del suelo.
- Uso sostenible del suelo y otros recursos.
- Amigable con el medio ambiente.
- Uso de conocimientos tradicionales.
- Establecimiento de policultivos.
- Proceso producción auto-sostenible.

Desventajas:

- Tecnología y asistencia técnica limitada.
- Baja disponibilidad de insumos orgánicos.
- Dificultad en garantizar el cumplimiento de métodos orgánicos.
- Certificación obligatoria y costosa.

- Mercados limitados con altas exigencias.
- Procesos de reconversión largo y costoso.
- Dificultad para renunciar agroquímicos y a la reducción del uso de maquinaria.

2.4. Uso de fuentes orgánicas en la agricultura

Actualmente, los trabajos que se han realizado referentes al tema de amaranto orgánico son mínimos. En 2017 se publicó un artículo, el cual se llevó a cabo en Tochimilco, Puebla, donde se reportó que al aplicar fertilizante con lombricomposta, el rendimiento del amaranto se incrementó. Estos resultados evidenciaron que para lograr mejorar los rendimientos de los productores, se requiere precisar la dosis, y la densidad de plantas, en otras condiciones de manejo del suelo en la región de estudio y fertilización orgánica-mineral adecuada en la zona de raíces del amaranto (Romero *et al.*, 2017). De forma particular se señala lo siguiente:

a) Compostas y vermicompostas: Salazar *et al.* (2010) determinaron el efecto residual de seis años de aplicación continua de estiércol bovino, en el rendimiento de maíz forrajero y en las características de fertilidad del suelo. Encontraron que después de estos años de aplicación continua de estiércol, los tratamientos con la aplicación de 40 y 80 Mg ha⁻¹ permitieron los mayores rendimientos de forraje verde con 86 y 85 Mg ha⁻¹; y que por cada 100 Mg ha⁻¹ de estiércol aplicado, la materia orgánica en el suelo se incrementó 2.11%; el NO₃ aumentó 44.5 mg kg⁻¹ y la conductividad eléctrica se elevó 2.71 dS m⁻¹, esta última rebasó los 4 dS m⁻¹.

Zaragoza *et al.* (2011) analizaron la aplicación de composta en la producción del nogal pecanero; mencionaron que las dosis de composta evaluadas presentaron diferencias en el rendimiento de nuez, siendo mayor con la dosis de 10 t ha⁻¹, y donde el contenido de materia orgánica en el suelo se elevó en la misma relación que el aumento de la dosis de composta. El contenido de N inorgánico en el suelo fue suficiente para que no existiera un déficit foliar de este elemento.

Aguilar *et al.* (2012) identificaron el efecto de la vermicompost y el déficit de humedad en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron que la modificación de algunas características físicas y químicas del suelo, como el aumento de la porosidad, disminución de la lámina de agua, disminución del pH y aumento de la conductividad eléctrica, promovidos por la aplicación de vermicompost, modifica el sistema suelo-planta y disminuye los efectos del estrés por déficit de humedad, lo que puede evaluarse por los efectos positivos en el rendimiento y sus componentes en el frijol.

Sánchez y Vidal (2015) evaluaron la vermicomposta y la sustentabilidad en la respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal a la aplicación de enmienda orgánica en tres diferentes variedades; señalaron que el frijol Pinto Saltillo, mostró un efecto favorable al aplicar una dosis de 9.5 t ha⁻¹, en variables como el peso de semilla por planta, número de granos por vaina y número de vainas por planta.

b) Lixivados de lombricomposta: Cruz *et al.* (2008) evaluaron la influencia de diferentes tipos de lombricomposta sobre el crecimiento y vida de poscosecha del alcatraz “Green Goddess”, donde se observó que las lombricompostas fueron superiores al suelo+fertilizantes químicos+Organozima® en promover el tamaño de la espata (largo y ancho), las longitudes del escapo floral y del espádice.

Borges y Altoé (2015) aplicaron ácidos húmicos extraídos de lombricomposta, en girasol ornamental, y determinaron un incremento del 22 % en la altura de los tallos de las flores; además el aumento en el diámetro del tallo, acumulación de materia fresca en flores y tallos, y materia seca en hojas, fueron favorecidos por concentraciones cercanas a 20 mmol L⁻¹.

Reyes *et al.* (2016) determinaron el efecto del humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de plantas de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), una tolerante y una sensible a la salinidad, lo que evidenció una respuesta diferencial entre variedades para las variables morfométricas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar en condiciones de estrés salino y la aplicación del humato de vermicompost. El uso de estos humatos estimuló las variables

morfométricas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y el área foliar de variedades de albahaca en condiciones de salinidad, permitiendo que la variedad tolerante mejore su emergencia y crecimiento y la variedad sensible incremente su tolerancia al estrés salino.

c) Biofertilizante: Pecina *et al.* (2005) evaluaron la influencia de la fecha de siembra y de biofertilizante compuesto por *A. brasilense* y *G. intraradices*, en el cultivo de sorgo en Tamaulipas. Determinaron que aunque la temperatura aumentó conforme avanzó el ciclo de siembra, esto no mejoró el porcentaje de infección radical micorriza en sorgo. Y no se observaron diferencias significativas entre tratamientos de biofertilizantes para rendimiento de grano, porcentaje de infección radical y otras características agronómicas evaluadas.

Por su parte Hernández *et al.* (2006) evaluaron la inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas; encontraron que tanto en un suelo de vocación forestal, como en el tepetate, el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) influyó positivamente en el incremento de las estructuras morfológicas de las dos especies arbóreas (*A. farnesiana* y *P. glandulosa*), evidenciado en la altura, diámetro de tallo, número de hojas presentes y caídas, área foliar, peso seco de hoja, tallo y raíz y volumen radical, así como en el contenido de fósforo en follaje.

2.5. Características de la producción de amaranto

A continuación se describen algunas características del proceso de producción que reporta la bibliografía consultada.

a) Fecha de siembra: La siembra se desarrolla aproximadamente durante junio en regiones templadas como en los estados de Tlaxcala, Ciudad y el Estado de México (Ayala *et al.*, 2015); sin embargo, con dos o tres riegos de auxilio la siembra se puede llevar a cabo desde el 15 de abril (Ramírez *et al.*, 2011).

b) Densidad de siembra: Las densidades de población dependen del tipo de planta que se siembra y de la forma de la cosecha (López, 2014). En las zonas productoras de

Puebla, Tlaxcala y Ciudad de México, normalmente se utilizan densidades que van desde 60,000 a 140,000 plantas ha⁻¹ con rendimientos de 1 a 1.5 t ha⁻¹ con variedades de *A. hypochondriacus*; mientras que en Morelos se siembran de 150,000 a 200,000 plantas ha⁻¹ con rendimientos de 2 a 2.5 t ha⁻¹ con variedades de *A. cruentus* (Espitia 1986; Espitia 1992).

Camacho *et al.* (2010) mencionaron que la cantidad de semilla a utilizar por hectárea depende del método de siembra. En siembra manual se utilizan entre 2 y 3 kg ha⁻¹, y en siembra mecánica de 1.2 a 1.6 kg ha⁻¹, esto con la finalidad de tener una densidad de 60 a 80 mil plantas ha⁻¹.

c) Método de siembra: El amaranto se puede sembrar en dos tipos: forma directa (manual o mecánica) y en trasplante; sin embargo, es más común sembrarlo de forma directa, ya sea a chorrillo (dejando caer suficiente semilla a través del surco) o mateado (una planta cada 10 cm) (Camacho *et al.*, 2010).

Es recomendable que la siembra se realice cuando el temporal este bien establecido, para que el suelo se encuentre húmedo, de lo contrario se corre el riesgo de que ocurra encostramiento en la parte superficial del suelo y como consecuencia un porcentaje bajo de emergencia.

Asimismo, se debe de considerar la profundidad de siembra, esta debe de realizarse entre los 1 y 2 cm de profundidad. Se puede sembrar más profundo, sin embargo, la emergencia llega a ser irregular (López, 2014).

d) Labores del cultivo: A partir de los 30 y 40 días después de la emergencia (DDE), se realizan actividades como aclareo, aporque y escarda. Con el fin de darles un mayor anclaje a las plantas; asimismo, en este momento se eliminan algunas malezas. Se sugiere realizar otro aporcado antes de que las plantas cierren su dosel (López, 2014).

e) Control de plagas: En México, existe poca información respecto a la presencia, identificación, biología, daños y control de insectos plaga en el cultivo de amaranto. Sin embargo, las de mayor importancia se presentan en el Estado de Jalisco, son larvas que se

alimentan del follaje y de la inflorescencia o panoja. Estas se presentan en la etapa de desarrollo vegetativo e inicio de floración o espigamiento del cultivo de amaranto.

Aunque existen muchas especies de larvas que se alimentan de las hojas y espigas, predomina una conocida comúnmente como gusano telarañero. Estas larvas tienden a buscar lugares oscuros, por lo que se esconden entre la inflorescencia, donde forman un nido con el hilo de seda que producen, de ahí su nombre. Esta plaga se considera altamente perjudicial en el amaranto, debido a que se alimenta de las hojas, pudiendo ocasionar la defoliación total de la planta, y reducen considerablemente los rendimientos. El ataque de esta plaga se intensifica en periodos de sequía y con temperaturas relativamente altas, propias de los llamados veranos (Camacho *et al.*, 2010).

La ausencia de precipitación pluvial, sobre todo al final del período vegetativo, favorece el ataque en las panojas. Las infestaciones de esta especie se ven favorecidas por la presencia y abundancia del quelite o bleado, debido a que esta planta es su hospedero preferido. La infestación comienza poco después que la planta ha iniciado su floración, ataca las hojas y al primordio floral.

En el caso de ataque a las hojas, las larvas forman un envoltorio de hojas unidas por hilos de seda, dentro del cual se alimentan. Cuando infestan la panoja, las larvas se encuentran entre el conjunto de los ejes florales alimentándose de éstos y de los granos (Camacho *et al.*, 2010).

López (2014) mencionó que diversas especies de insectos también pueden causar pérdidas económicas en el cultivo de amaranto, entre estas se encuentran:

- Barrenadores del tallo (*Hypolixus truncatulus* y *Amauromyza abnormalis*): Las larvas de estos insectos hacen galerías en el interior del tallo, llegando hasta el ápice de la inflorescencia.

- Chapulines (*Sphenarium purpurascens* Charp): Tanto ninfas como adultos dañan el follaje de la planta, y disminuyen el crecimiento y el área foliar.

- Chinche (*Lygus lineolaris*): Se alimenta de los granos en estado lechoso, y provocan su absorción y momificación.

Para controlar estas plagas se recomienda eliminar la maleza, especialmente el amaranto silvestre. El uso de productos biológicos hechos a base de *Bacillus thuringiensis*, se considera un medio de control efectivo. En caso de infestaciones altas se recomienda la aplicación de insecticidas, piretroides u organofosforados, de preferencia antes de que las larvas hayan penetrado en la inflorescencia. Si la infestación es muy alta se recomienda una segunda aplicación a los 15 o 20 días después de la primera (Camacho *et al.*, 2010).

f) Control de malezas: El cultivo de amaranto es susceptible a la competencia por agua, espacio y luz en sus primeros 30 días de desarrollo, en este periodo la maleza causa los mayores daños, por lo que la planta manifiesta un desarrollo y vigor raquítico. Por lo tanto, es importante realizar un manejo adecuado de la maleza durante este periodo.

Las malezas de importancia económica para el cultivo de amaranto son (Camacho *et al.*, 2010):

- Grama (*Agropyron repens*)
- Quelite o Bledo (*Amaranthus hybridus*)
- Cardo (*Argemone mexicana*)
- Nabo silvestre (*Brassica campestris*)
- Pasto bermuda (*Cynodon dactylon*)
- Cola de zorro (*Setaria verticillata*)
- Trébol de carretilla (*Trifolium sp.*)
- Aceitilla (*Bidens odorata*)
- Tacote (*Helianthus sp.*)

El control de la maleza en el amaranto no sólo es para prevenir la competencia planta x planta, también es muy importante ya que el amaranto se puede mezclar con algunas malezas, como consecuencia se obtiene otro tipo de grano que no es comercial (la presencia de granos negros entre los granos de amaranto baja su calidad) (Indesol, 2014).

No existe en el mercado un herbicida selectivo a amaranto por lo que el control de maleza debe de realizarse manualmente o a la escarda (Camacho *et al.*, 2010).

g) Cosecha: La cosecha es una fase crítica y muy importante en este cultivo. Aunque se logre un buen manejo del amaranto, se puede presentar una reducción significativa en el rendimiento debido a una cosecha inoportuna; es decir, si al momento de la cosecha las panojas están muy secas puede perderse grano. Por el contrario, si la cosecha se realiza muy temprano pueden “chuparse” los granos o quedar en la panoja (Camacho *et al.*, 2010).

Se han realizado algunos intentos para lograr la adecuación de trilladoras de grano pequeño en la cosecha del amaranto; sin embargo, no ha sido posible dicha adecuación, ya que el tamaño del grano es muy pequeño, y su peso es muy bajo (Camacho *et al.*, 2010). Por lo que la cosecha se realiza empleando herramientas como: machete, hoz o cuchillo y de las dos maneras siguientes: a) cortando solo las panojas con poco tallo para transportarlas y asolearlas en casa. b) cortando toda la planta si el asoleo se hace en el mismo terreno. En ambos casos se debe evitar mover demasiado las panojas para que no se caiga mucha semilla. Si se transportan las panojas, deben encostarse o utilizar lonas para evitar que se pierda la semilla y se facilite el traslado (Indesol, 2014).

El tiempo para el punto de corte es variado, este dependerá del clima, altitud, fecha de siembra, entre otros factores, sin embargo, a continuación, se nombran algunos indicadores para saber en que momento realizar el corte de panojas (*Ídem*):

- La planta se empieza a secar o ponerse amarillenta.
- La panoja cambia de color (las panojas rojas a café y las panojas verdes a amarillas).
- Al sacudir la planta algunas semillas caen al suelo.
- Al frotar la espiga con las manos, las semillas se caen.
- La semilla se ve como el ojo de gallina, el círculo interior parece transparente.
- Al morder la semilla se siente ligeramente dura.

h) Manejo post cosecha (acomodo y secado de panojas): Para las variedades que tiran fácilmente las semillas, apilar las panojas sobre lonas para evitar pérdida de granos (Dorada y Amaranteca) y asolear durante 4 a 5 días. En el caso de variedades que no tiran tan fácilmente las semillas son: Nutrisol, Areli, Revancha y Criollita, las panojas recién cortadas se acomodan en hileras o se engavillan para facilitar el trillado posterior y se

permita un buen secado. Las panojas no se deben amontonar ya que por el calor que generan se pueden fermentar y esto puede dañar la calidad del grano.

El apilado o engavillado no debe rebasar los 30 cm de altura para permitir una buena aireación o ventilación entre las plantas; si es necesario, hay que remover las panojas para evitar calentamiento. Las panojas se pueden poner sobre lonas, piso de concreto o plásticos y protegerlas de la lluvia y animales (Indesol, 2014).

i) Limpieza del grano: Ya que se desprendió el grano de la panoja, es necesario realizar la limpieza de este, sobre todo antes de almacenarlo, con esto se evitará pudriciones y desarrollo de sabores extraños que se pueden generar por la humedad. La humedad del grano se debe encontrar entre el 10 y 12 %, esta se alcanza secando al sol el grano por dos o tres días (Indesol, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sitio de estudio

El estudio se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), en el centro del valle donde se ubican los municipios de Cuautitlán México y Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Su localización geográfica es en la longitud Oeste $99^{\circ} 11' 42''$ y en la latitud Norte $19^{\circ} 41' 35''$, a 2,256 msnm.

El municipio de Cuautitlán Izcalli, se localiza en la parte noroeste de la cuenca de México. Tiene una extensión territorial de 109.9 km² que representa el 0.5 % de la superficie del Estado de México, se encuentra ubicado dentro del eje Neovolcánico, con las elevaciones al Suroeste y Oeste del municipio, que forman parte de las estribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo, y colinda al Norte con los municipios de Tepetzotlán y Cuautitlán México, al Este con Cuautitlán México y Tultitlán, al Sur con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza, al Oeste con Villa Nicolás Romero y Tepetzotlán (Figura 3).

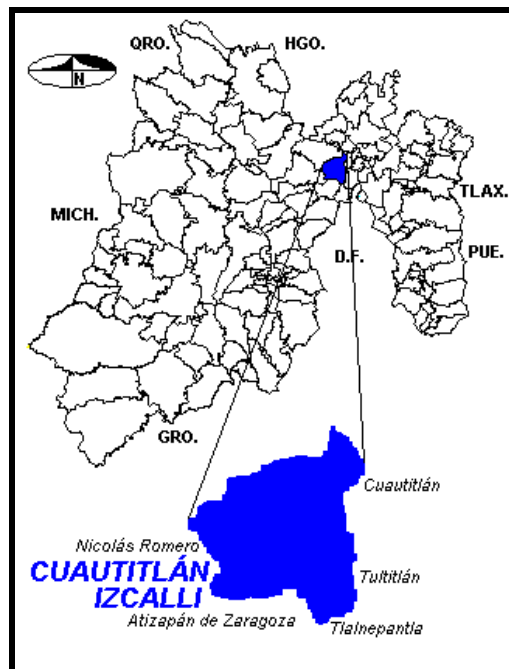


Figura 3. Localización geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli. México (Rodríguez, 2014).

3.1.1. Características climáticas y edáficas

La zona se caracteriza por tener un clima Templado subhúmedo con lluvias de verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco, sin sequía intraestival, el mes más caliente es junio, con poca oscilación térmica; con una temperatura media anual de 15.2 °C; 612.1 mm de precipitación anual; con un periodo de bajo riesgo de helada de 208 días al 20 % de probabilidad de ocurrencia de estas. El promedio total anual de días con helada es de 28 días en el periodo invernal (Rodríguez, 2014).

Los suelos en general se clasifican como Vertisol, el suelo es de color gris, pH de 7.0 (Fonseca *et al.*, 2013). El contenido de materia orgánica varía entre 2 y 4 % en función del manejo que se ha realizado en la parcela. Dos mil metros cuadrados de la parcela 14 del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA), de la facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C), han sido manejados sin la utilización de agroquímicos en los últimos 15 años aproximadamente, sólo se ha incorporado los residuos de cosecha y aplicado a los cultivos productos de compostaje y estiércol bovino, lixiviados, lombricomposta, por tanto, el porcentaje de materia orgánica es mayor (Mercado *et al.*, 2013).

3.2. Metodología

Se utilizó un material genético, criollo de amaranto, proveniente del estado de Tlaxcala, el cual fue sembrado de forma manual el 10 de junio de 2016 y cosechado de forma manual el 16 de noviembre de 2016 (159 días de ciclo de cultivo). No se presentaron problemas de plagas y/o enfermedades que ameritaran la aplicación de agroquímicos.

Se trabajó en la parcela 14 del CEA, durante el ciclo primavera-verano 2016, bajo condiciones de temporal. La semilla se depositó en un surco a chorrillo.

La distribución de los tratamientos fue bajo un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron:

1) Testigo sin aplicación. No se aplicó ninguna fuente nutrimental.

2) Lixiviado de lombricomposta. A una dosis de 260 l ha⁻¹, en dos aplicaciones: la primera a los 44 días y la segunda a los 80 días, después de la emergencia. Estas aplicaciones fueron en forma foliar y el producto inicial fue diluido a razón de 1:5 en agua.

3) Composta. A razón de 14.3 t ha⁻¹ y se aplicó al momento de la escarda del cultivo.

4) Humus de lombricomposta. A razón de 8.69 t ha⁻¹ y se aplicó al momento de la escarda del cultivo.

5) Biofertilizante. Se empleó 3.0 kg ha⁻¹ de Micorrizafer (*Glomus intraradice*) y 0.4 kg ha⁻¹ de Azofer (*Azospirillum brasilense*) en 400 l de agua ha⁻¹. Se aplicó al suelo directamente a la base del cultivo, previo a la escarda.

Cabe aclarar que se realizaron los análisis químicos de la composta, lombricomposta y lixiviados, que se emplearon en este estudio (Anexo 1 al 4).

La unidad experimental (UE) estuvo integrada por 4 surcos, separados entre sí a 0.8 m, de 5 metros de largo, con un total de 16 m². En total fueron 15 UE (cinco tratamientos y tres repeticiones) en una superficie total de 240 m². La parcela útil constó de 2 surcos de 3 m de largo, tomados de la parte central de la UE. En la Figura 4 se muestra la distribución de tratamientos en campo.

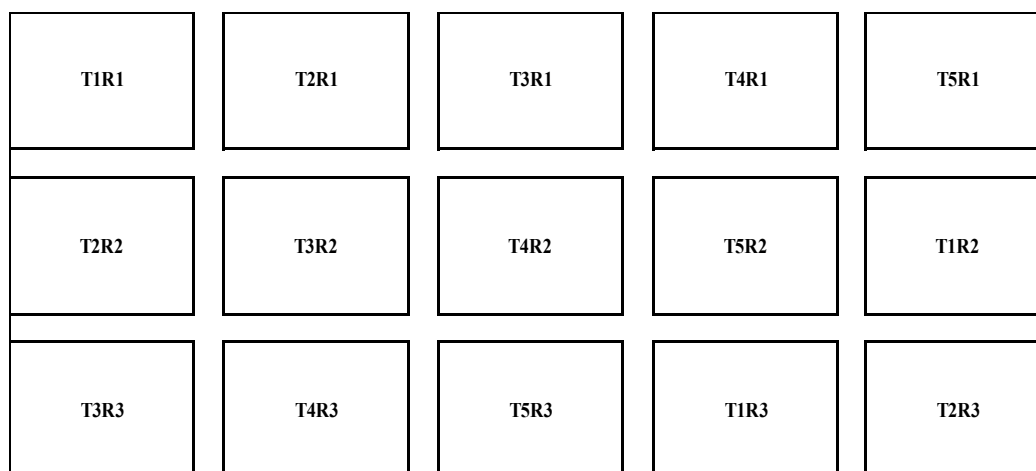


Figura 4. Distribución de tratamientos en campo, evaluados en el cultivo de amaranto.

En el Anexo 5 se muestran imágenes de esta parte del trabajo de campo.

3.2.1. Variables evaluadas

a) Variables climáticas: Se registraron los datos climáticos a nivel diario durante el ciclo del cultivo, de las tendencias de temperatura, precipitación, humedad atmosférica, y se calculó la evapotranspiración por el método del Tanque de evaporación, de acuerdo a Aguilera y Martínez (1990), el balance hídrico, y la acumulación de unidades calor por fase y etapa fenológica del amaranto. Dicha acumulación se determinó a través del Método Residual ($UC = \text{temperatura media} - \text{temperatura base}$); se consideró $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ como temperatura base.

b) Variables fenológicas: Se registró la altura de planta cada 15 días después de la emergencia (DDE), además los días a emergencia, días floración, días a fructificación y días a madurez (cosecha). La altura de la planta fue medida en 10 plantas las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente en los dos surcos centrales de las UE.

c) Componentes de rendimiento: Al momento de la cosecha, se determinó la longitud de panoja, el peso total de panoja y el peso de grano por panoja, de las plantas etiquetadas en los dos surcos indicados anteriormente. Se consideró el rendimiento total de los dos surcos centrales en cada UE y luego fue extrapolado el dato a $t\text{ ha}^{-1}$.

3.2.2. Análisis estadístico

Se analizaron los datos a través de la técnica del análisis de varianza (ANOVA) con el uso de una hoja de cálculo Excel, para cada variable analizada en este estudio. Se compararon los valores medios y se determinó el valor de P a $\alpha=0.05$, para realizar la prueba de hipótesis siguiente:

H nula: Las medias de los tratamientos no difieren.

H alterna: Las medias de los tratamientos son significativamente distintas.

Sí el valor de P obtenido es menor de P a $\alpha=0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula, y viceversa, se acepta (Little y Hills, 1991).

3.3. Materiales

Se emplearon los siguientes:

a) Fuentes nutrimentales:

- Lixiviados de lombricomposta.
- Composta.
- Humus de lombricomposta.
- Biofertilizante (Azofer + Micorrizafer).

b) Regla de 2 m de largo.

c) Libreta de campo, pluma.

d) Báscula digital.

e) Bolsas de plástico.

f) Cernidor.

g) Mochila aspersora manual.

h) Semilla criolla de amaranto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables climáticas

Se registraron las tendencias de las variables climáticas¹, como fueron: la temperatura (máxima, media y mínima), precipitación, humedad relativa, evaporación; y a su vez, se determinaron los valores de evapotranspiración (ETP), el balance hídrico, y la acumulación de calor por etapa fenológica del cultivo de amaranto. A continuación se describen estas tendencias.

➤ Temperatura: en la Figura 5 se presentan las tendencias de la temperatura máxima, mínima y media, promedio mensual, durante el año 2016.

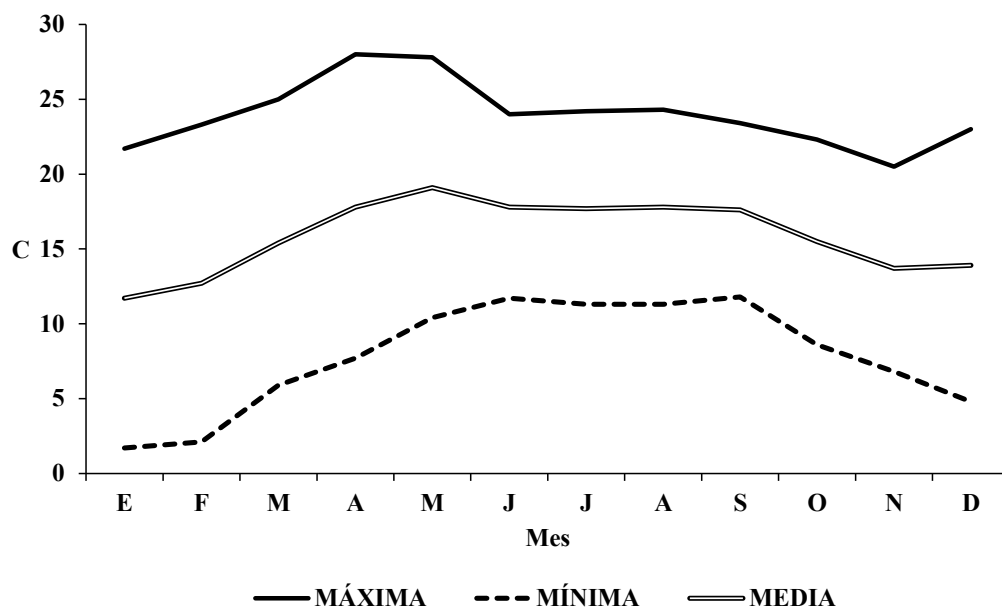


Figura 5. Marcha de la temperatura promedio mensual en el año de 2016. Cuautitlán Izcalli, México.

Las tendencias durante el verano se encontraron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de amaranto (media de 16.7 °C), en el cual la temperatura mínima y media fueron

¹ Datos de la estación meteorológica de la FES-C, proporcionados por el responsable, el Dr. Gustavo Mercado Mancera.

mayor de 8.0 °C, lo cual podría diezmar el desarrollo del cultivo por la baja temperatura (Ramírez *et al.*, 2011).

b) Precipitación (Pp): El cultivo de amaranto se estableció en condiciones de temporal, período durante el cual la Pp acumulada fue de 582.6 mm (Figura 6), volumen que favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo, y la cantidad de Pp total acumulada durante el año de 2016 fue de 800.2 mm, valor óptimo para satisfacer las necesidades hídricas del amaranto.

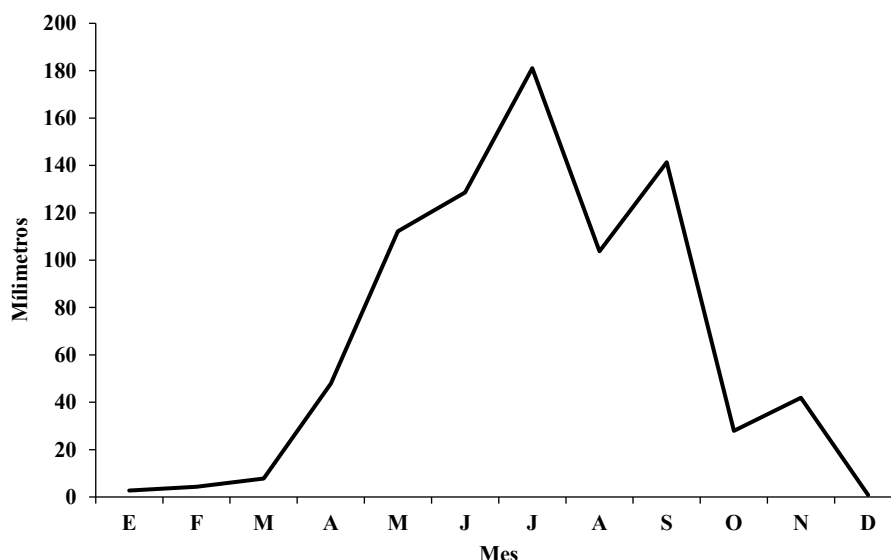


Figura 6. Tendencia de la precipitación mensual en el año de 2016. Cuautitlán Izcalli, México.

Existió una disminución de Pp en el mes de agosto, sin embargo, no perjudicó el desarrollo del amaranto, puesto que este cultivo es resistente al déficit hídrico y al calor (Ramírez *et al.*, 2011). Asimismo, Ruiz *et al.* (2013) señalaron que la precipitación anual más aceptable para el cultivo es la que oscila entre 400 y 1000 mm, nivel de precipitación que fue cubierto en el ciclo de cultivo P-V 2016 en la zona de estudio.

c) Balance hídrico: En la Figura 7, se presenta la distribución de la precipitación diaria durante el ciclo de cultivo del amaranto, asimismo, la tendencia de la evapotranspiración (ETP) y el 0.5 de ETP diarios.

Se observó que el cultivo de amaranto no tuvo limitantes en la disponibilidad de agua, puesto que la Pp fue mayor que el 0.5 de ETP, y en algunas decenas, fue mayor que la ETP.

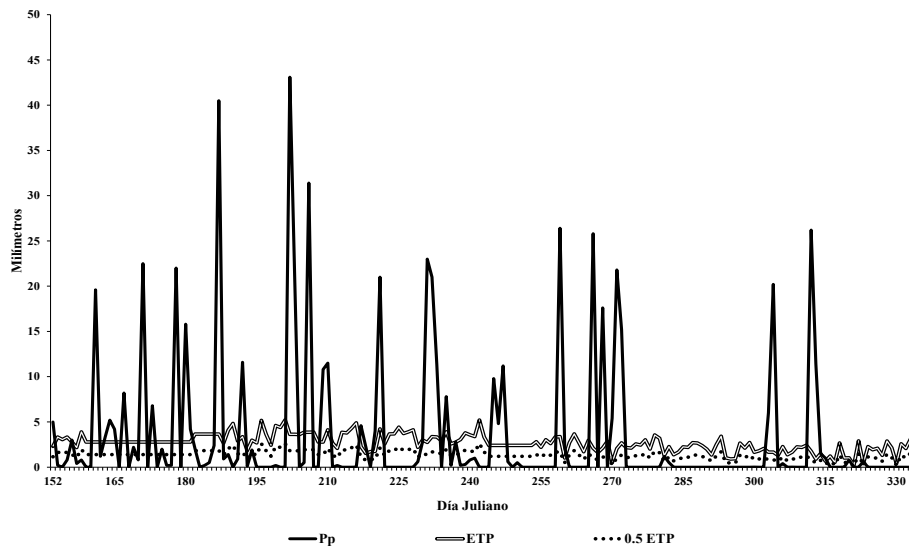


Figura 7. Balance diario de humedad, durante el periodo de cultivo de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli. México.

d) Humedad ambiental: Su tendencia durante el ciclo del cultivo de amaranto fue entre 60 y 70 % (Figura 8), característica de la zona, puesto que el régimen de lluvias es de verano, con un incremento en la nubosidad que disminuye las horas de insolación (Rodríguez, 2014).

Alrededor del día 310, se incrementó la humedad ambiental, y el amaranto se encontraba en la etapa de maduración de la panoja, lo cual retrasó un poco la cosecha del cultivo.

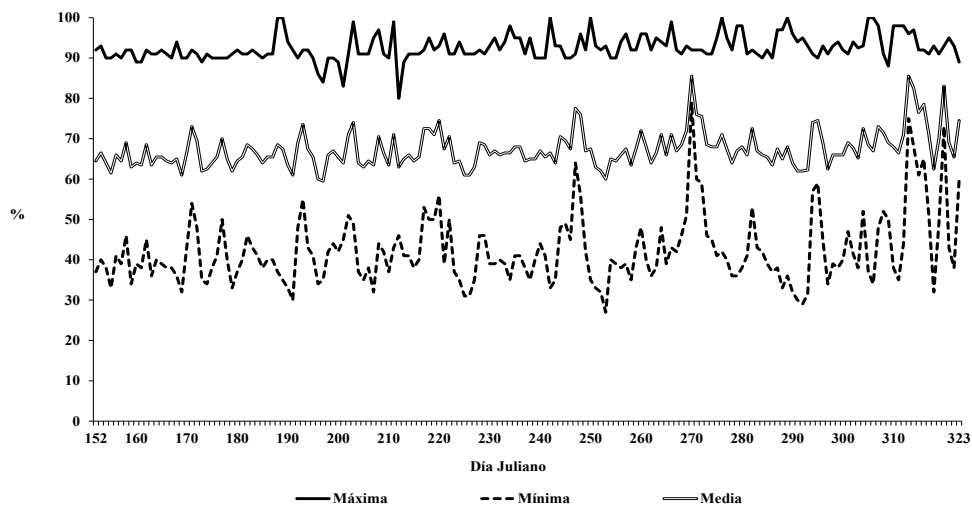


Figura 8. Humedad ambiental máxima, mínima y media. Ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, México.

e) Unidades calor: se consideró el valor de 7 °C como temperatura base del cultivo de amaranto (FAO, 1994); en la Tabla 3 se presentan los datos correspondientes.

Tabla 3. Unidades calor acumuladas para la aparición de las fases fenológicas, del cultivo de amaranto. Ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, México.

Fase Fenológica	UC	UC Acumuladas
Siembra	0	0
Emergencia	71.5	71.5
Floración	809.4	880.9
Fructificación	274.9	1,155.8
Madurez fisiológica	173.2	1,329.0
Cosecha	274.0	1,602.8
Total UC	1,602.8	

Para que se presente la floración se acumularon 880.9 UC, fase crucial para el rendimiento final del cultivo; para la fructificación se acumularon 1,155.8 UC. En total el cultivo acumuló 1,602.8 UC, en general, sin considerar el tratamiento empleado en esta investigación. Estos datos fueron en lo general, mayores a los reportados por García *et al.*

(2016), quienes evaluaron materiales genéticos criollos de Tlaxcala, en condiciones de clima más cálido, al norte de México.

El requerimiento térmico global siembra-madurez fisiológica es de 1,629 UC de acuerdo con Díaz *et al.* (2004), por lo cual el cultivo se adapta a las condiciones de la región.

4.2. Variables fenológicas

Se realizó el monitoreo de forma continua sobre la aparición de las fases y duración de las etapas fenológicas del cultivo de amaranto; en el Anexo 6 se presentan imágenes que ilustran a la fenología del amaranto, registradas durante el desarrollo de la presente investigación. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

a) Altura de la planta: cada 15 días después de la emergencia (DDE) se tomaron los datos de la altura en 10 plantas por unidad experimental (Figura 9). La última lectura se registró a los 105 DDE, y en la Figura 10 se muestra el promedio obtenido en cada tratamiento.



Figura 9. Medición de la altura de planta de amaranto, ciclo P-V 2016.

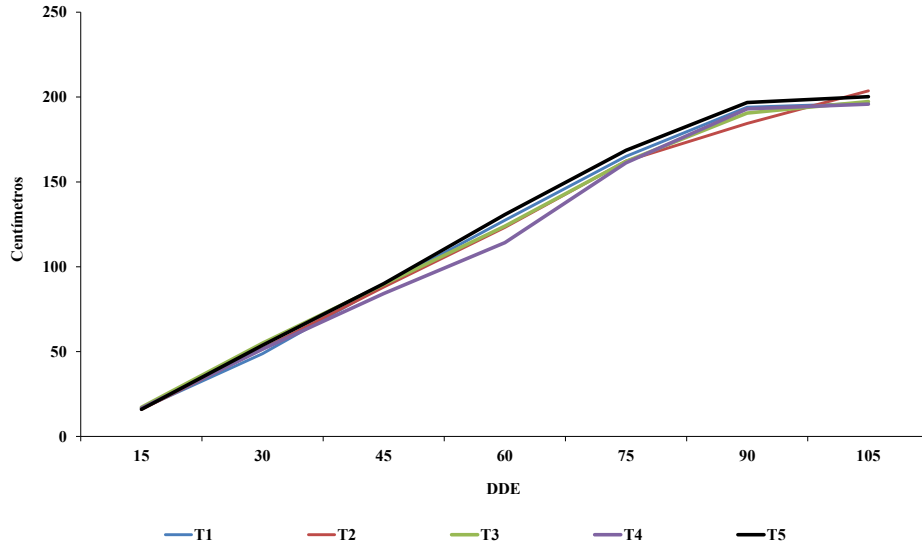


Figura 10. Altura promedio de las plantas de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

No existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4. ANOVA, Altura de planta de amaranto a los 105 DDE, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	129.6	32.4	0.240	4.11 ^{NS}
Error	11	1487.1	135.2		
Total	14	1616.6			

El tratamiento 2 (Lixiviado de lombricomposta) presentó numéricamente el mayor valor, tan sólo 7.9 cm mayor que el tratamiento 4 (Humus de lombricomposta) (Tabla 5).

Tabla 5. Altura de planta de amaranto a los 105 DDE, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Tratamientos	Altura de Planta (cm)
Sin aplicación	196.3
Lixiviado de lombricomposta	203.7
Composta	197.4
Humus de lombricomposta	195.8
Biofertilizante	200.2

Destacaron la aplicación de lixiviados de lombricomposta y de biofertilizante sobre el tratamiento sin aplicación, lo que muestra una respuesta positiva del cultivo de amaranto a estas fuentes nutrimentales. Chen y Aviad, (1990) y Chen *et al.* (2004) señalaron que las sustancias húmicas generan efectos directos que actúan sobre el vegetal en diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos que estimulan el crecimiento y la absorción de nutrimentos del suelo; así como indirectos, que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que determinan su fertilidad.

b) Etapas y fases fenológicas: después de monitorear el crecimiento y desarrollo del cultivo de amaranto, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 6), registrados durante el ciclo P-V 2016, en condiciones de temporal.

Tabla 6. Fenología del cultivo de amaranto, ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.

FASE FENOLÓGICA	PORCENTAJE DE FASE	FECHA DE OCURRENCIA
SIEMBRA		10 de Junio
EMERGENCIA	inicio (10 %)	14 de junio
	Plenitud (90 %)	15 de junio
SEGUNDO PAR DE HOJAS	100%	30 de junio
FLORACIÓN	25 % emisión de panoja	05 de agosto
	80 % emisión de panoja	10 de agosto
	100% apertura de flores	29 de agosto
FRUCTIFICACIÓN	25 % Inicio	14 de septiembre
	80 % Plenitud	24 de septiembre
MADUREZ FISIOLÓGICA (Estado Masoso)	80%	12 de octubre
MADUREZ COMERCIAL (COSECHA)	100%	16 de noviembre

Se observó que la emergencia tardó cinco días; la etapa vegetativa duró 51 días, hasta que comenzó a aparecer la panoja. La fase de floración tardó 24 días, desde la emisión de la panoja hasta observar el 100 % de apertura de flores. Después de la fecundación, la aparición del 25 % de frutos tardó 16 días. En la etapa de fructificación se observó que en 10 días se alcanzó el 80 %, es decir, a los 105 días después de la siembra (DDS).

En la Tabla 3 se presentan los datos de acumulación de calor, en donde se reporta que la acumulación fue de 809.4 UC, casi el 50 % de lo acumulado en todo el ciclo, lo que

muestra la importancia de que el cultivo en esta etapa cuente con humedad suficiente para un buen crecimiento.

El cultivo de amaranto alcanzó la madurez fisiológica a los 118 DDS, y la cosecha se realizó 159 DDS. Estos datos coinciden con los reportados por Díaz *et al.* (2004), donde se referencia el comportamiento de este cultivo en Valles Altos de México.

En el Anexo 5 se presentan imágenes que ilustran el desarrollo del cultivo de amaranto, en donde se observa su adaptación a las condiciones de la zona de estudio. La precipitación acumulada durante todo su ciclo biológico fue de 544.6 mm, lo que permitió su desarrollo en las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

4.3. Componentes de rendimiento

Se consideraron los siguientes: longitud de panoja, el peso total de panoja, el peso de grano por panoja y el rendimiento; a continuación, se describen los resultados obtenidos. En la Figura 11 se muestran imágenes del trabajo en laboratorio para la determinación de estos componentes.



Figura 11. Evaluación de los componentes de rendimiento del amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

a) Longitud de panoja: no se obtuvo diferencia estadística significativa en esta variable (Tabla 7), sin embargo, existió respuesta del cultivo a la aplicación de las fuentes nutrimentales aplicadas.

Tabla 7. ANOVA, longitud de panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	76.0	19.0	2.493	4.11 ^{NS}
Error	11	83.8	7.6		
Total	14	159.8			

Los valores promedio obtenidos fueron los siguientes (Figura 12).

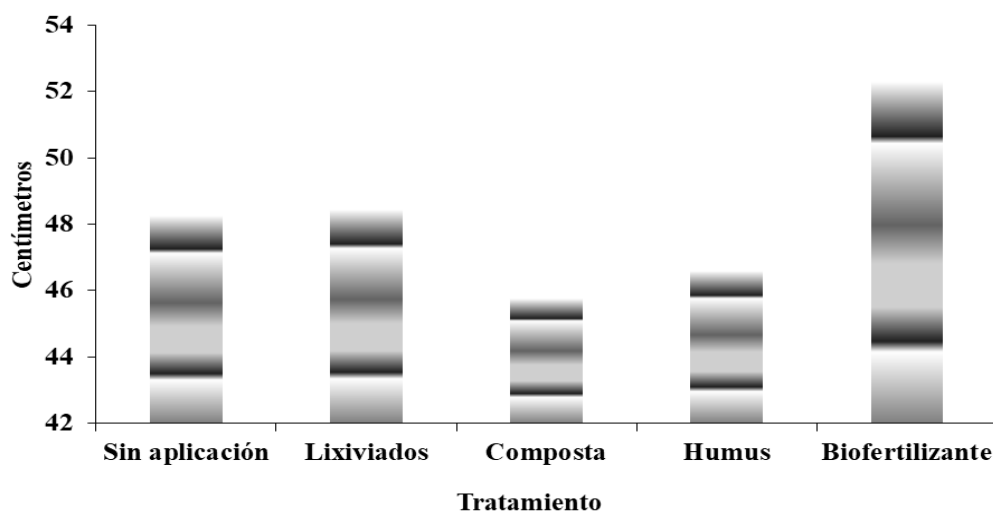


Figura 12. Longitud de panoja de amaranto (cm), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Como se observa en la Figura 12, sobresalió el tratamiento con biofertilizante con 52.3 cm, mayor a los demás fuentes nutrimentales y al tratamiento sin aplicación.

b) Peso total de panoja: esta variable también no presentó diferencia estadística significativa (Tabla 8), pero también hubo respuesta a las fuentes nutrimentales.

Tabla 8. ANOVA, peso total de panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	778.8	194.7	0.934	4.11 ^{NS}
Error	11	2291.9	208.4		
Total	14	3070.7			

En la Figura 13 se presentan los valores promedio de esta variable evaluada. Nuevamente se observó un mayor valor con la aplicación de biofertilizante, con 64.59 g, es decir, 9.6 g que representan un 20 % más de peso que el tratamiento sin aplicación.

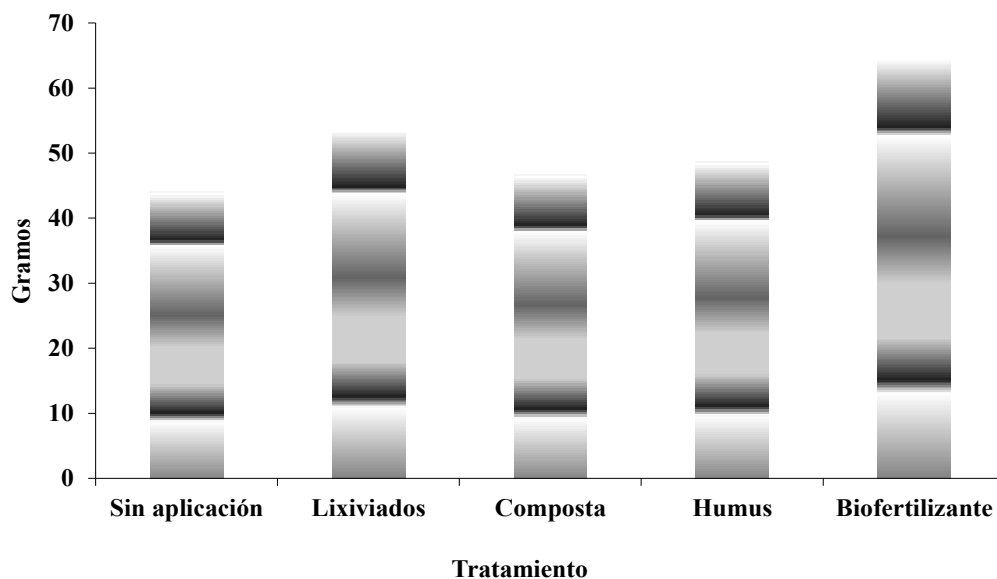


Figura 13. Peso total de panoja de amaranto (g), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

c) Peso de grano por panoja: como en los anteriores componentes, no existió diferencia estadística significativa (Tabla 9).

Tabla 9. ANOVA, peso de grano por panoja de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	5.8	1.5	0.736	4.11 ^{NS}
Error	11	21.8	2.0		
Total	14	27.7			

Sin embargo, en la Figura 14 se muestran los valores promedio de este componente, donde nuevamente se observó un mayor valor con la aplicación de biofertilizante, con 7.11 g.

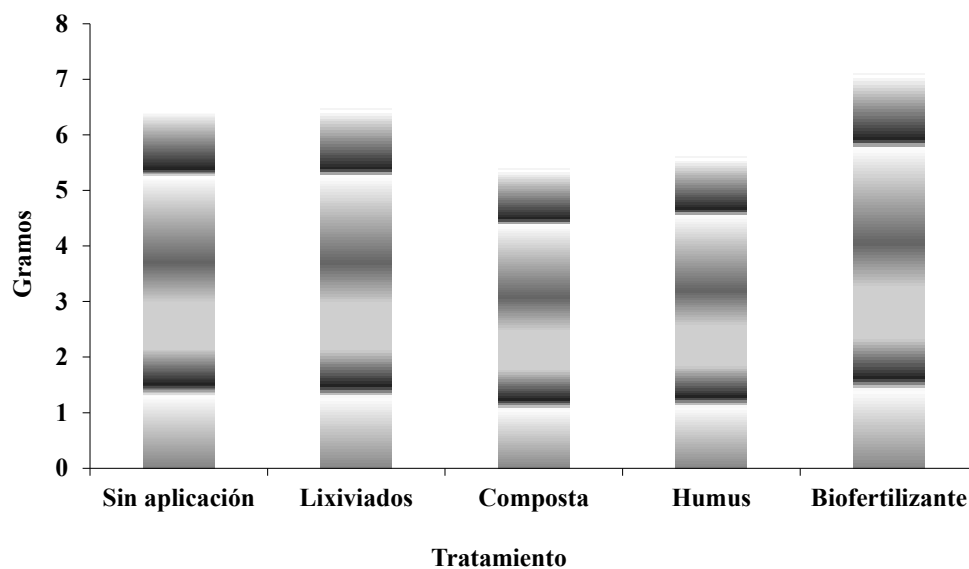


Figura 14. Peso de grano por panoja de amaranto (g), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

d) Rendimiento: la aplicación de diversas fuentes nutrimentales no presentó diferencia estadística significativa (Tabla 10).

Tabla 10. ANOVA, rendimiento de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	147845.7	36961.4	1.024	4.11 ^{NS}
Error	11	396976.8	36088.8		
Total	14	544822.5			

El tratamiento con biofertilizante fue donde se tuvo el mayor rendimiento con 740 kg ha⁻¹, seguido de la aplicación de lixiviados de lombricomposta con 737.97 kg ha⁻¹ (Figura 15).

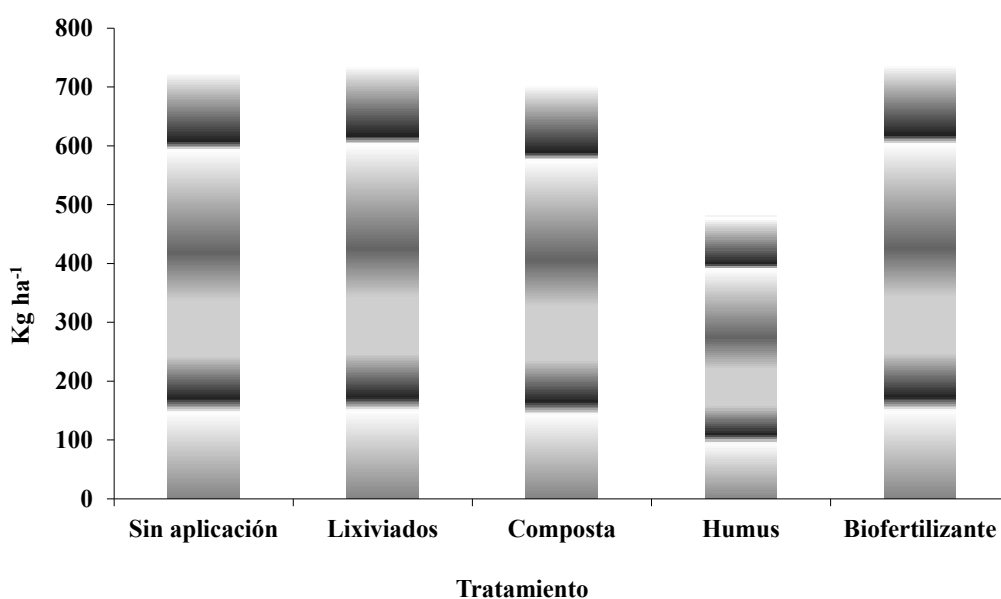


Figura 15. Rendimiento de amaranto (kg ha⁻¹), ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Estos resultados son bajos si se compara con otros resultados de investigaciones donde reportan hasta 2 t ha⁻¹, sin embargo, la disminución del rendimiento en este estudio se debió en gran medida al daño que presentó el cultivo por el efecto de vientos fuertes que se presentaron en la zona de estudio, lo cual generó acame de las plantas (Figura 16).



Figura 16. Vistas del acame de plantas de amaranto, ciclo P-V 2016. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Por lo cual, se tuvo la necesidad de poner tutores para completar el ciclo biológico. El amaranto en ese momento se encontraba en la etapa de fructificación-llenado de grano, por lo que su efecto sobre el rendimiento fue notable. Cabe señalar, que se alcanzaron rendimientos mayores 1.1 t ha^{-1} en las unidades experimentales donde fue menor el daño.

La falta de diferencia estadística significativa entre las fuentes utilizadas y el testigo sin aplicar se debe al impacto positivo que ha tenido el manejo orgánico del suelo en el área de investigación. Esto es, en los últimos 20 años la parcela ha sido abonada con composta, lombricomposta y lixiviados de lombricomposta, además, se han rotado los cultivos e incorporado abonos verdes, por lo que el nivel de fertilidad es alto, como lo indicaron Mercado *et al.* (2015). Ante ello, el amaranto presentó buena respuesta a la aplicación de diversas fuentes orgánicas y a la fertilidad del suelo, sólo aspectos de índole climático generaron la disminución del rendimiento. En este sentido, se sugiere continuar la investigación para detectar la mejor fuente y dosis más apropiada que represente el menor costo de producción para el productor.

V. CONCLUSIONES

1. El estudio fenológico del amaranto en un manejo orgánico, determinó que este cultivo alcanzó la madurez a los 118 DDS, y la duración total del ciclo es de 159 días.
2. Las condiciones ambientales favorecieron el crecimiento y desarrollo del cultivo con una temperatura media de 16.7 °C durante el ciclo; asimismo, la humedad ambiental promedio fue de 67.4 %.
3. La precipitación acumulada durante el ciclo productivo del amaranto fue de 544.6 mm, lo que favoreció el desarrollo del cultivo.
4. La acumulación de UC fue de 1,602.8 UC, y la etapa vegetativa fue la que más acumuló durante el ciclo de cultivo.
5. Respecto al crecimiento del amaranto, no se encontró diferencia estadística significativa ya que la altura de planta se encontró en un rango de 195.0 a 203.0 cm entre tratamientos; por lo que esta variable está determinada por el fenotipo del material empleado.
6. El análisis de varianza indicó que para cada uno de los componentes de rendimiento como son: longitud de panoja, el peso total de panoja, el peso de grano por panoja y el rendimiento, no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo, al aplicar biofertilizante se presentaron los valores más altos.
6. El rendimiento promedio más alto fue de 740 kg ha⁻¹, y se obtuvo al aplicar Biofertilizante, seguido del tratamiento donde se aplicó lixiviados de lombricomposta con 737.97 kg ha⁻¹.
7. Estos rendimientos obtenidos fueron menores a la media nacional que oscila alrededor de 1.8 t ha⁻¹, debido a caídas de las plantas por el efecto de los fuertes vientos presentes durante la etapa de fructificación-llenado de grano, que generó mermas en la producción de grano.
8. En general se concluye, que el cultivo de amaranto respondió a la aplicación de las fuentes orgánicas nutritivas empleadas en este trabajo; asimismo, las plantas del

tratamiento sin aplicación presentaron buen crecimiento y desarrollo, debido a la fertilidad del suelo, el cual ha tenido un manejo orgánico basado en la incorporación de abonos, de los residuos de cosecha y la rotación de cultivos.

9. Se sugiere continuar con nuevos trabajos para establecer la dosis óptima de cada fuente utilizada en el cultivo de amaranto, así como, evaluar la rentabilidad del cultivo en la región y comparar el sistema orgánico vs sistema con uso de agroquímicos.

VI. LITERATURA CITADA

1. Aguilera, C.M. y Martínez, E.R. 1990. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. 2ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. Irrigación. Chapingo, México. 128 p.
2. Aguilar, B.C., Peña, V.C.B., García, N.J.R., Ramírez, V.P., Benedicto, V.S.G., Molina, G.J.D. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia* 46(1): 37-50.
3. Amaranto el alimento del futuro. s/f. El valor nutritivo del amaranto. En: <http://www.amaranto.cl/informacion-nutricional.html>. Fecha de consulta el 01 de mayo de 2018.
4. Asociación Mexicana del Amaranto. 2003. *Amarantum*. En: <http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm> Fecha de consulta el 27 de abril de 2018.
5. Ayala, G.A.V., Escobar, L.D., Cortés, E.L., Espitia, R.E. 2012. El cultivo del amaranto en México, descripción de la cadena, implicaciones y retos. En: Espitia R. E. *Amaranto, ciencia y tecnología*. Libro científico número 2. INIFAP. México. pp. 315-330.
6. Ayala, G.A.V., Espitia, R.E., Rivas, V.P., Almaguer, V.G., Preciado, R.P. 2015. Análisis del sistema productivo de amaranto en Temoac, Morelos, México. *Ciencia Ergo Sum*, 23(1): 49-57.
7. Borges, B.L.E., Altoé, B.M. 2015. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. *Ciência Rural*, Santa Maria. 45(5): 1000-1005.
8. Camacho, R.J., González, A.A., Hernández G.M.A., Ruíz, C.J.A., García M., K.P., Díaz, M.P., Pérez, D.J.F. 2010. Guía para producir amaranto de temporal en las regiones del centro, sur y altos de Jalisco. En: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/3435>. Fecha de consulta el 17 de mayo de 2018.
9. Casas, A., Valiente, B.A., Viveros, J.L., Caballero, J., Cortés, L., Dávila, P., Lira, R., Rodríguez, I. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 55(1): 129-166.
10. Chen, Y., Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: *humic substances in soil and crop science*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA. 161-186 p.

11. Chen, Y., De Mobili, M., Aviad, T. 2004. Stimulating effects of humic substances on plant growth. In: Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC. Press., New York, USA. 103-129 p.
12. Cruz, C.J.G., Torres, L.P.A., Alfaro, C.M., Albores, M.L., Murguía, G.J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz "Green goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. Chapingo. 14(2): 207-212.
13. Délano, F.J.P., Martínez, N.A.G. 2012. El transcriptoma de *Amaranthus hypochondriacus* L.: una poderosa herramienta para profundizar en su conocimiento y aprovechamiento. En: Espitia R. E. Amarantho, ciencia y tecnología. Libro científico número 2. INIFAP. México. pp. 31-48.
14. De la O, O.M., Espitia, R.E., Rivas, V.P., Elías, T.M.N. 2012. Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal en A. V. Ayala G., G. Almaguer V., M. H. Romero G., R. López T. (coords.), Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal (pp. 187-202).
15. Díaz, O.A.C., Escalante, E.J.A., Trinidad, S.A., Sánchez, G.P., Mapes, S.C., Martínez, M.D. 2004. Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. Terra Latinoamericana, 22(1):109-116.
16. Espitia, R.E. 1986. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus*. Tesis Profesional en Agronomía. UAAN. Saltillo, Coah. México.
17. Espitia, R.E. 1992. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. Food Reviews International 8(1): 71-86.
18. Espitia, R.E., Mapes, S.D., Escobedo, L., M. de la O.O.P., Rivas, V.G., Martínez, T.L., Cortés, E., Hernández, C.J.M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amarantho en México. Instituto de Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 192 p.
19. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). s/f. Origen y botánica de la especie de amaranto. En: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm Fecha de consulta el 11 de mayo de 2017.

20. FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
21. Fonseca, R.L.A., Castillo, V.X., Echeverría, V.Y.U., Fones, G.S., Solares, D.G.M., Mercado, M.G. 2013. Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos en frijol variedad vaquita negro en suelo vertisol del Estado de México. Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. La Paz, B.C.S. México.
22. García, P.J., Aviña, M.G.N., Rubio, G.R.B., Medina, M.R., Alvarado, G.O., Alejandro, I.G. 2016. Requerimiento de unidades calor en el cultivo del amaranto. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 5(7): 1411-1421.
23. González, A.F.R., González, V.A., Lerma, A.D.L. 2016. Estrategia de comercialización competitiva del amaranto en San Luis Potosí. *PERSPECTIVAS Revista de Análisis de Economía, Comercio y Negocios Internacionales*. 10(1): 71-93.
24. Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.
25. Hernández, M.M., Cetina, A.V.M., González, C.M.C., Cervantes, M.C.T. 2006. Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. *Terra Latinoamericana*. 24(1): 65-73.
26. Huerta, J.A., Barba, A.P. 2012. Caracterización bioquímica y estructural de las proteínas de reserva del amaranto. E. Espitia Rangel, *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. 293-302.
27. Huerta, O.J.A., Barba de la Rosa, A.P. 2012. Caracterización bioquímica y estructural de las proteínas de reserva de amaranto, en E. Espitia-Rangel, *Amaranto: Ciencia y Tecnología*, México, inifap/sinarefi, 293-302.
28. Indesol (Instituto Nacional de Desarrollo Social). 2014. Manual para la producción de amaranto cultivo, cosecha y post cosecha. En: <http://www.puentemexico.org/sites/default/files/puente/attachments/manualecoamarantofinal.pdf>. Fecha de consulta el 01 de mayo de 2018.
29. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1991. VII Censo Agrícola-Ganadero. En: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/agro/agricola/1991/> Fecha de consulta el 27 de abril de 2018.

30. IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2014. Definition of Organic Agriculture. En: <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>. Fecha de consulta el 16 de mayo de 2018.
31. Little, T.M., Hills, F.J. 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 2ª reimpresión. Edit Trillas. México, D.F. 270 pp.
32. López, H.V. 2014. Guía para la producción de amaranto en el Estado de México. En: <http://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/AMARANTO.pdf>. Fecha de consulta el 17 de mayo de 2018.
33. Mapes, S.E.C. 2015. El amaranto. Ciencia : 8-15.
34. Mapes, S.E.C., Espitia, R.E. s/f. Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Amaranthus* cultivadas y de sus posibles parientes silvestres en México.
En:http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Amaranthus/Informe_Final/Informe%20final%20Amaranthus.pdf. Fecha de consulta el 03 de mayo de 2018.
35. Mercado, M. G., Echeverría, V.Y.U., Chávez, P.S., Adrián, S.P., Herrera, R.H., Valencia, I.C.E. 2013. Contraste de parámetros físicos y químicos de un suelo con manejo orgánico vs manejo convencional. Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. La Paz, B.C.S. México.
36. Mercado, M.G., Granados, M.A.K., Reyes, L.D., López, A.H., Canales, T.L., Severiano, L.J.H., Valencia, I.C.E. 2015. Variabilidad espacial de parámetros químicos de un suelo vertisol, con manejo convencional y orgánico. Memorias del XL Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S.L.P., México.
37. Morales, G.J.C., Vázquez, N.M., Bressani, R.C. 2009. El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zuribán.
38. Mujica, S.A., Berti, M.D. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 145 p.
39. Mujica, S.A., Quillahuaman, A. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Puno. INIA, PICA. Perú. p. 29-31

40. National Research Council. 1984. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop, Washington, D. C., National Academy Press, p. 80.
41. Pantanelli, A. 2007. Prometedora resurrección del amaranto. En: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/html/18/18_07_amaranto.htm Fecha de consulta el 03 de mayo de 2018.
42. Pecina, Q.V., Díaz, F.A., Williams, A.H., Rosales, R.E., Garza, C.I. 2005. Influencia de fecha de siembra y de biofertilizantes en sorgo. *Fitotecnia Mexicana*. 28(4): 389-392.
43. Pérez, C.J. 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. *El cotidiano*. 21(139): 101-106.
44. Ramírez, V.M.L., Espitia, R.E., Aquiles, C.C., Zepeda, B.R., Vaquera, H.H., Córdova, T.L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(6): 855-866.
45. Reyes, P.J.J., Murillo, A.B., Nieto, G.A., Troyo, D.E., Reynaldo, E.I.M., Rueda, P.E.O., Hernández, M.L.G., Preciado, R.P., Beltrán, M.A., Rodríguez, F.F., López, B.R.J. 2016. Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*. 7(6): 1375-1387.
46. Rodríguez, R.M. 2014. Normal climática de la Estación Meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México (1987-2013). Tesis de Licenciatura Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
47. Romero, R.C.O., Ocampo, M.J., Sandoval, C.E., Navarro, G.H., Franco, M.O., Calderón, S.F. 2017. Fertilización orgánica-mineral del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(8): 1759-1771.
48. Ruiz, C.J.A., Medina, G.G., González A.I.J., Flores, L.H.E., Ramírez, O.G., Ortiz, T. C., Byerly, M.K.F., Martínez, P.R.A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
49. SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Ventajas y desventajas de la agricultura orgánica. En: <http://www.mexicocalidadsuprema.org/archivos/senasica.pdf>. Fecha de consulta el 16 de mayo de 2018.

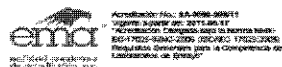
50. Salazar, S.E., Trejo, E.H.I., López, M.J.D., Vázquez, V.C., Serrato, C.S.J., Orona, C.I., Flores, M.J.P. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*. 28(4): 381-390.
51. San Miguel. 2008. San Miguel. En: <http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=comcontent&view=article&id=15:caracteristicas-nutricionales-del-amaranto&catid=13:elamaranto&Itemid=31>
52. Sánchez, D.S., Vidal, B.J. 2015. Vermicomposta y sustentabilidad: respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal a la aplicación de enmienda orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1: 441-444.
53. Schulz, S.J., Stallknecht, G.F., Baldrige, D.E., Larson, R.A. 1989. Registration of Montana grain amaranth germplasm. *Crop Science*. 29: 244-245.
54. Schwentesius; R.R., Ayala, G.A.V. 2014. Seguridad y Soberanía Alimentaria en México. Análisis y propuestas de política. Plaza y Valdés S.A. de C.V. México D.F. 169 pp.
55. SIACON-SAGARPA (Sistema de información agroalimentaria de consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Sistema de información agroalimentaria de consulta. México, D. F.
56. SIAP. 2017. Amaranto. En: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. Fecha de consulta el 20 de febrero de 2017.
57. SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Generalidades de la Red Amaranto. En: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/amaranto-amaranthus-spp>. Fecha de consulta el 27 de abril de 2018.
58. Sumar, K.L. 1993. La kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
59. Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2ª Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
60. Zaragoza, L.M.M., Preciado, R.P., Figueroa, V.U., García, H.J.L., Fortis, H.M., Segura, C.M.A., Lagarda, M.A., Madero, T.E. 2011. Aplicación de composta en la producción del nogal pecanero. *Chapingo Serie Horticultura*. 17(1): 33-37.

ANEXOS

Continuación Anexo 1. Análisis químico del lixiviado de lombricomposta, empleado en esta investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTES EN UNIDADES CONVENCIONALES

FORMATO: AP110-70-13

AgroLab AgroLab


Parámetro en Compost	Rango Típico en Compost (C/N)	RESULTADOS
PROPIEDADES FÍSICAS		
Materia Orgánica (g/kg)	180 - 700	12.47
Ceniza (g/kg)		15.53
Carbono Total (g/kg)		7.24
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	9.04
Nitrógeno Total (g/kg)	10-30	0.80
Fósforo (g/kg)	2-10	0.04
Potasio (g/kg)	2-20	4.03
Sodio (g/kg)		2.29
Calcio (g/kg)	10-60	< LOD
Magnesio (g/kg)	4-10	< LOD
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 878	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.28
Sulfatos (g/kg)	0 - 6.98	1.06
Cobre (mg/kg)	26 - 572	4.06
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	142.46
Zinc (mg/kg)	99 - 349	2.27
Manganeso (mg/kg)		1.27
Boro (mg/kg)		8.07
pH	7.14 - 8.4	6.80
Carbonatos (1-bajo, 3- alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	18.58

LÍMITES DE DETECCIÓN

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	S	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1162	0.0308	0.0611	0.0240	0.0187	0.0462	0.0772	1.1711	0.0387	0.0077	0.8542

AgroLab AgroLab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus órdenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Datos ND= No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnico S.A de C.V no es hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La incertidumbre encontrada en la Validación del Método de ANOTAL, es de 3.4% de acuerdo a la trazabilidad solicitada.</p> <p>La incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una Información Monitor.</p> <p>La incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido.</p> <p>Métodos utilizados: MO, Ceniza (Calorimetría por muestra), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Calorimetría por muestra), pH, Conductividad (1:5 agua por polidistilada), Cl (Titración con AgNO₃), N-NO₃ (Columna de Calcio), CO₃ (Titración con H₂SO₄), P, K, S-PO₄, Ca, Mg, Cu, Pb, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, Al, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO₃ y H₂O₂ y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Humicos, Fulvicos y Carbono Orgánico (Koromova, Extracción con NaOH 20% 104G), Resorcina con H₂O₂ H₂O₂ 20% y Titración con FeSO₄ 7H₂O + Ferrozina), Nitrato Calcio/nitrógeno (Calorimetría por muestra orgánico/nitrógeno total).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnico S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnico S.A. de C.V. no es responsable del mismo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnico S.A. de C.V., acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, confidencial e integral, a efecto de garantizar la precisión y el control a la autodeterminación informacional de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta tachaduras, borraduras o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días hábiles posteriores a la recepción del presente Informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este Informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente Informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;">Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Rm 7, Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

**DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005**

Anexo 2. Análisis químico de la lombricomposta, empleada en esta investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Acreditación No. SA-0001-000111
Vigente a partir del 20/10/2017
Revalidada: 02/09/2019 por la Norma NMX-07-2017-SENER-001-ISO/IEC-17025:2005
Instituto Mexicano de Normalización y Certificación

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION			
Orden de trabajo	11379	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto
Registro de Lab	CO-16-110	Lugar de Cosecha	Rancho La Purisima
Fecha de Recepción	2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purisima
Fecha de Reporte	2016-06-06	Ciudad	Zuapango
Fecha de Muestreo	17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agrícola
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 2, Variedad: Humus, Etapa de Desarrollo: Presiembra.
		Tipo de Muestra	Lombricomposta
		Nombre de Quien Toma la Muestra	Ignacio Fernando Vizcarra
		Cultivo a Establecer	Girasol
		Destino Comercial	SD
		Puerto o Aduana de Entrada y Salida	SD
		Destino Final del Producto	SD

Agropecuario Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola

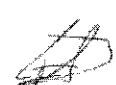
Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Verano	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS		
Materia Orgánica (%)	18 - 70	41.23
Ceniza (%)		58.78
Carbono Total (%)		23.91
Relación Carbono/Nitrogeno (C/N)	11-19	23.44
Nitrogeno Total (%)	1-3	1.62
Fosforo (%)	0.2-1	0.53
Potasio (%)	0.2-2	0.40
Sodio (%)		0.13
Calcio (%)	1-5	2.15
Magnesio (%)	0.4-1	0.53
N-NO3 (mg/kg)	0 - 678	0.00
Clouros (mg/kg)	137 - 6659	0.05
Sulfatos (%)	0 - 0.896	0.60
Cobre (mg/kg)	26 - 272	37.45
Hierro (mg/kg)	1106 - 13666	8140.11
Zinc (mg/kg)	99 - 343	238.82
Manganeso (mg/kg)		234.95
Boro (mg/kg)		27.03
pH	7.14 - 8.4	7.58
Carbonatos (1= bajo, 2= alto) (meq/kg)	2 - 5	ND
Conductividad (mS/cm)	1-5	0.69

LIMITES DE DETECCION

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6397	0.0077	0.5642

Agropecuario Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola Agrícola

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrogeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La Inocuidad tiene acreditada en la Validación del Método de NITROGENO, es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida.</p> <p>La Inocuidad tiene un sistema de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica.</p> <p>La Inocuidad no se sujeta ni responde al resultado obtenido.</p> <p>Métodos utilizados: Si D. Cuentas (Cálculo por muestra), TIC (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo: %M.D.H. 72), pH, Conductividad (1.0 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO3), H-NO3 (Columna de Dióxido de Carbono), CO2 (Titulación con H2SO4), P, K, S (SOL), Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Ni, Pb, Mn, Si (Digestión con HNO3 y H2SO4 y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Hidratos, Fosfatos y Carbono Orgánico (Biomasa, Extracción con HNO3/H2SO4/H2O2 y Titulación con FeSO4/THZ2 + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrogeno (Cálculo: carbon orgánico/nitrogeno total).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en los laboratorios de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el todo del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V., no es responsable del muestreo.</p> <p>La información emitida en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al ajuste de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. de acuerdo a las artículos tercero-transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, confidencial e informado a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informacional de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados, no está sujeto a presentas respaldadas, tachaduras, o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente Informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que a partir de ese momento en este periodo de tiempo se considerará este Informe como aceptado.</p> <p>La muestra se entrega a los CINCO DÍAS de ser emitido el presente Informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	<p></p> <p>Lic. Carlos Sepúlveda Barra Director General</p>



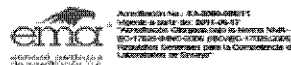
Km 7. Carr. Pachuca-Aetopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132803 Fax 01 771 71 382 53
info@agrícola.com.mx

DOCUMENTO CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Continuación Anexo 2. Análisis químico de la lombricomposta, empleada en esta investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Fecha: AN-19-10-11

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab


Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS		
Materia Orgánica (g/kg)	180 - 700	412.25
Ceniza (g/kg)		587.75
Carbono Total (g/kg)		239.12
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	23.44
Nitrógeno Total (g/kg)	10-30	10.20
Fosforo (g/kg)	2-10	5.30
Potasio (g/kg)	1-20	4.04
Sodio (g/kg)		1.26
Calcio (g/kg)	10-60	21.48
Magnesio (g/kg)	4-10	5.26
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 678	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6660	0.05
Sulfatos (g/kg)	0 - 8.98	6.84
Cobre (mg/kg)	26 - 572	37.45
Hierro (mg/kg)	1105 - 13886	8140.11
Zinc (mg/kg)	99 - 343	238.82
Manganeso (mg/kg)		234.95
Boro (mg/kg)		27.03
pH	7.14 - 8.4	7.58
Carbonatos (1= bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	0.69

LÍMITES DE DETECCIÓN

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.6772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND= No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto. La incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NITRÓGENO, es del 3.4%, de acuerdo a la trazabilidad obtenida. La incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica. La incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido.</p> <p>Métodos utilizados: W.O. Ceniza (Calibración por medio), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo/WM 0.1.328, pH, Conductividad (1.5 agua por polimerización), Cl (Titulación con AgNO₃), N-NO₃ (Calentura de Cadena), CO₂ (Titulación con H₂SO₄), P, K, S-SO₄, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con H₂O₂ y HClO₄ y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Korotnikov, Extracción con H₂O₂ 30% 100°C, Fijación con H₂SO₄ H₂O₂ y Titulación con FeSO₄ H₂O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbono orgánico/nitrógeno total).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del mismo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, II y IV de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, portado y informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta rasguños, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser emitido el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7, Carr Pachuca-Actopan, Pochota Huixtla C.P. 42888
Tel 01 771 7132833 Fax 01 771 71 382 55
Info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 3. Ficha técnica del biofertilizante utilizado en esta investigación.



FICHA TÉCNICA

PRODUCTO ELABORADO CON TECNOLOGÍA DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. (UNAM).

MICORRIZA FER

Es un biofertilizante cuya acción se basa en la actividad de los hongos micorrizicos arbusculares de la especie *Glomus intraradices* (ahora llamados *Rizophagus irregularis*).

COMPOSICIÓN: 100 000 propágulos de hongos micorrizicos arbusculares, de los cuales por lo menos 30 000 son esporas

PRESENTACIÓN: Un kilo.

AZO FER

Es un biofertilizante cuya acción se basa en la actividad de la bacteria *Azospirillum brasilense*. Este tipo de bacterias viven de forma natural en el suelo cercano a las raíces de las plantas, desde donde establecen una simbiosis con las raíces

COMPOSICIÓN: 500 millones de bacterias de la especie *Azospirillum brasilense* por cada gramo de Azofer.

PRESENTACIÓN: Una bolsa con 380 gramos.

La aplicación se puede realizar con los siguientes métodos:

- Para inoculación en semilla.
- Para cultivos establecidos.
- Para producción de plántulas.

Los detalles de aplicación se incluyen en la ficha de cada cultivo.

Junto con los hongos Micorrizicos se recomienda usar también la bacteria *Azospirillum brasilense* disponible en los productos Azofer y Maxifer. Esta asociación genera un efecto sinérgico en el que la planta potencia al máximo su crecimiento y por lo tanto el rendimiento de los cultivos.



Continuación Anexo 4. Análisis químico de la composta de estiércol bovino, empleada en esta investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Acreditación No.: SA-3089-2011
Vigencia a partir del: 2011-06-17
Información Obtenida bajo el número de acreditación: SA-3089-2011
Regulados de acuerdo con la Ley Federal de Protección al Consumidor y el Reglamento de Normas para la Competencia en Laboratorio de Ensayo

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AM18-TS-11

Agrolab Agrolab

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		SAMPLE INFORMATION	
Orden de trabajo	11379	Nombre del Productor	Vicior Mazutli Soto
Registro de Lab	CO-16-105	Lugar de Cosecha	Rancho La Purísima
Fecha de Recepción	2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purísima (Finca)
Fecha de Reporte	2016-06-06	Ciudad	Zumpango
Fecha de Muestreo	17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agrícola
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 1, Variedad: Estiércol Ovino, Etapa de Desarrollo: Presiembra.
		Nombre de Quien Toma la Muestra	Ignacio Fernando Vizcarra
		Cultivo a Establecer	Girasol
		Destino Comercial	SD
		Puerto o Aduana de Entrada y Salida	SD
		Destino Final del Producto	SD


Agrolab Agrolab

Parámetros en Compost	Rango y Unidades Compostas en S.V.	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS	Rango	RESULTADOS
Materia Orgánica (g/kg)	160 - 700	219.51
Ceniza (g/kg)		781.49
Carbono Total (g/kg)		126.75
Relación Carbono/Nitrogeno (C/N)	11-19	20.44
Nitrogeno Total (g/kg)	10-30	6.20
Fosforo (g/kg)	2-10	1.77
Potasio (g/kg)	2-20	9.53
Sodio (g/kg)		1.59
Calcio (g/kg)	10-50	11.01
Magnesio (g/kg)	4-10	7.17
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 670	949.77
Cloruros (mg/kg)	137 - 5650	0.10
Sulfatos (g/kg)	0 - 8.98	3.59
Cobre (mg/kg)	26 - 672	16.40
Hierro (mg/kg)	1106 - 13686	7003.39
Zinc (mg/kg)	99 - 349	61.22
Manganeso (mg/kg)		388.71
Boro (mg/kg)		24.85
pH	7.14 - 9.4	7.22
Carbonatos (1= bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (µS/cm)	1-8	2.60

LÍMITES DE DETECCIÓN											
Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus órdenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND= No Determinado</p> <p>NOTA: Los datos de análisis se encuentran Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrogeno Total.</p> <p>Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La incertidumbre encontrada en la Validación del Método de Método de NITRÓGENO es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida.</p> <p>La incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica.</p> <p>La incertidumbre en su suma ni se resta al resultado obtenido.</p> <p>Métodos utilizados: M.O. Cenizas (Coloración por tuerca), N7 (Método Pertenli), Carbono Total (Cálculo (DMO/1.72)), pH, Conductividad (1.5 agua por polimerización), Cl (Titulación con AgNO₃), N-NO₃ (Columna de Cuatrim), Urea (Titulación con H2SO₄), P, B, S, Ca, Cu, Fe, Zn, Mg, Pb, Ni, Cr, As, D₅, Na, Mn, B (Digestión con HNO₃ y HClO₄) y Calcio por (D. Pertenli), Azúcar Simple, Fósforo y Calcio Orgánico (Método de Extracción con Nitrógeno HNO₃), Relación C/N (Digestión con H2SO₄ y H2O₂) y Titulación con NaOH/7H2O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrogeno (Cálculo (Carbono orgánico/Nitrogeno total)).</p> <p>El resultado obtenido sólo afecta a la muestra que fue recibida en los instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del resultado.</p> <p>La información presentada en el presente "Informe de resultados de análisis" se brinda con estricto apego al grado de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. de acuerdo a los artículos terceros 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, confidencial e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta correcciones, tachaduras o reescrituras.</p> <p>El cliente frente a sus dudas o dudas posteriores a la recepción del presente Informe podrá hacer alguna observación o reclamación al respecto, siempre en caso de no haberse en este periodo de tiempo se considerará este Informe como aceptado.</p> <p>La muestra no afecta a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente Informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	<p></p> <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr. Pochteca-Achopan, Pochteca Hidalgo C.P. 42088
Tel. 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 5. Trabajo en campo en el cultivo de amaranto, Ciclo P-V 2016.



Anexo 6. Fenología del cultivo de amaranto. Ciclo P-V 2016.



a) Emergencia del cultivo de amaranto.



b) Etapa vegetativa del cultivo de amaranto.

Continuación Anexo 6. Fenología del cultivo de amaranto. Ciclo P-V 2016



c) Etapa vegetativa-emisión de panoja del cultivo de amaranto.



d) Antesis-floración del cultivo de amaranto.

Continuación Anexo 6. Fenología del cultivo de amaranto. Ciclo P-V 2016



e) Etapa reproductiva del cultivo de amaranto.



f) Madurez-cosecha del cultivo de amaranto.