



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE EDAFOCLIMATOLOGÍA**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AMARANTO  
(*Amaranthus hypochondriacus L.*) APLICANDO ABONOS  
ORGÁNICOS Y MINERALES EN TOCHIMILCO, PUEBLA, MÉXICO.**

**TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS**

**SEMINARIO III**

**P R E S E N T A:**

**Rosa Maria Del Carmen Sotelo Linos**

**D I R E C T O R:**

**M. En M.R.N. Denisse Acosta Peñaloza**

**CUERNAVACA, MORELOS**

**DICIEMBRE, 2020**

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	2
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	4
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	7
<b>2.1</b> El cultivo tradicional del amaranto .....	7
<b>2.2</b> Valor nutricional del amaranto .....	7
<b>2.2.1</b> Composición química del grano de amaranto comparada con otros cereales .....	8
<b>2.3</b> Descripción botánica del amaranto .....	9
<b>2.4</b> Fertilización orgánica .....	11
<b>2.5</b> Fertilización orgánica y amaranto .....	13
<b>2.6</b> Composta .....	13
<b>2.7</b> Bionitro .....	14
<b>2.8</b> Abono foliar .....	15
<b>2.9</b> Fertilizantes minerales .....	15
<b>2.10</b> Trabajos realizados con amaranto .....	16
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	18
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	18
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	18
<b>5.1</b> Objetivo general .....	18
<b>5.2</b> Objetivos particulares .....	19
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
<b>6.1</b> Área de estudio .....	19
<b>6.2</b> Dimensiones y distribución de la parcela experimental .....	21
<b>6.3</b> Prácticas agronómicas .....	22
<b>6.3.1</b> Preparación del terreno .....	23

6.3.2 Siembra .....	24
6.3.3 Fertilización orgánica .....	24
6.3.4 Mediciones de las variables botánicas asociadas al rendimiento .....	25
6.3.5 Cosecha, trillado y tamizado .....	26
6.3.6 Muestreos edáficos .....	26
6.4 Parámetros físicos y químicos del suelo .....	27
6.5 Análisis estadísticos .....	27
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
7.1 Rendimiento.....	27
7.2 Variables botánicas asociadas al rendimiento .....	29
7.2.1 Altura planta.....	29
7.3 Relación entre el rendimiento y la altura total de la planta .....	30
7.4 Longitud y perímetro de la panoja .....	31
7.5 Parámetros físicos y químicos .....	33
7.5.1 Características del suelo .....	33
7.5.1.1 Color en seco y humedo .....	33
7.6 Densidad aparente, densidad real y porosidad .....	34
7.6.1 Densidad aparente .....	34
7.6.2 Densidad real .....	36
7.6.3 Porosidad .....	36
7.6.4 PH .....	37
7.6.5 Materia orgánica (%M. O.), % Carbono (%C) y % Nitrógeno (%N) .....	40
<b>VIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>

# ÍNDICE

## Página

ÍNDICE DE CUADROS .....	4
<b>Cuadro 1:</b> Composición química de hojas crudas de amaranto comparadas con las hojas de espinaca .....	8
<b>Cuadro 2:</b> Composición química del grano de amaranto comparado con otros cereales.....	9
<b>Cuadro 3:</b> Descripción botánica del amaranto .....	10
<b>Cuadro 4:</b> Cantidades empleadas de abono orgánico-minerales en la parcela experimental del cultivo de amaranto .....	24
<b>Cuadro 5:</b> Fechas y profundidades de los muestreos edáficos. ....	26
<b>Cuadro 6:</b> Análisis físicos y químicos realizados a las muestras de suelo.....	27
<b>Cuadro 7:</b> Valores de rendimiento y altura de planta de amaranto .....	31
<b>Cuadro 8:</b> Resultados de los análisis edáficos de color de las muestras de suelo .....	33
<b>Cuadro 9:</b> Resultados de los análisis edáficos DA de las muestras de suelo.....	35
<b>Cuadro 10:</b> Resultados de los análisis edáficos de DR de las muestras de suelo .....	36
<b>Cuadro 11:</b> Resultados de los análisis edáficos de porosidad de las muestras de suelo .....	37
<b>Cuadro 12:</b> Resultados de determinación de pH en dos soluciones: H <sub>2</sub> O y KCl, para las muestras de suelo .....	39
<b>Cuadro 13:</b> Resultados de los análisis edáficos de (% M. O.), (% C), (% N) de las muestras de suelo .....	41
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
<b>Figura 1:</b> Valor nutricional del amaranto .....	8
<b>Figura 2:</b> Mapa de ubicación del municipio de Tochimilco en el estado de Puebla.....	8
<b>Figura 3:</b> Dimensiones de la parcela donde se cultivará con <i>A. hypochondriacus</i> L. ....	8
<b>Figura 4:</b> Cronología de las prácticas agronómicas .....	8
<b>Figura 5:</b> Diseño experimental .....	8
<b>Figura 6:</b> Gráfica del total de rendimiento obtenido para cada tratamiento orgánico- mineral .....	8
<b>Figura 7:</b> Grafica promedios de altura de la planta y del diámetro del tallo por tratamiento orgánico- mineral .....	8
<b>Figura 8:</b> Gráfica del promedio por tratamiento de altura y diámetro de la panoja de amaranto .....	8

## I. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en el mundo se ha desarrollado, durante más de 150 años, guiado por paradigmas que alcanzaron su etapa culminante, cuando surgió la revolución verde y asumieron que la totalidad, o al menos una parte importante de las limitaciones del agroecosistema puede ser eliminada mediante la aplicación de distintas clases y cantidades de insumos externos. De esta manera la revolución verde logró incrementar los rendimientos agrícolas y cubrir gran parte de las necesidades alimentarias sobre todo en los países desarrollados; sin embargo, la base y sostenible de su concepción y la elevada contaminación química en los alimentos, suelos, aguas y medio ambiente en general, cuestionaron el sistema como medio para garantizar la vida en el planeta que habitamos (Dobermann, 2004; Palm *et al.*, 2001; Wardle, 2003).

El amaranto es uno de los múltiples cultivos domesticados y utilizados en México desde hace más de 4 000 años (Alejandre *et al.*, 2012; SAGARPA, 2007). También se cultiva en otros países por su gran diversidad genética y plasticidad fenotípica, que le permite adaptarse a condiciones desfavorables de temperatura y humedad en laderas (Taboada *et al.*, 1999).

En la cultura azteca, el amaranto era conocido como “huautli”, el cual tuvo gran valor comercial, ya que se utilizaba como moneda de cambio debido a que fue uno de los tributos que 17 de las 20 provincias del imperio azteca daban a la “Gran Tenochtitlán” (Alejandre *et al.*, 2012).

El incremento de la superficie de amaranto en México está determinado por el valor de la producción, el rendimiento y el precio medio rural (Soriano *et al.*, 2015), la diferencia de la media nacional y el estado con mayor superficie 54.55%. La relación con el crecimiento de la productividad depende de la adopción de innovaciones tecnológicas, que son recomendadas según las características de la zona de producción (Estrada *et al.*, 2006). El amaranto se cultiva en condiciones de temporal, tolera la sequía y su rendimiento puede ser mayor o similar al de otros cultivos en igualdad de circunstancias, aparte de que es una alternativa de producción y consumo adecuada a regiones marginadas del país (Barrales *et al.*, 2010). El cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades con escasez de agua y de tecnología para la producción y transformación en las regiones productoras del país

(Castellanos, 1980). Sin embargo, los productores no cuentan con un paquete tecnológico adecuado que les permita aumentar sus rendimientos (Ayala *et al.*, 2014).

La producción de alimentos sanos con alta calidad nutricional, y sin residualidad tóxica, maximiza el uso de los insumos naturales como el estiércol, esquilmos agrícolas, pecuarios y forestales mediante un composteo biológico, que permite el mejoramiento y recuperación del suelo, el control de plagas y enfermedades de los cultivos a través de procedimientos naturales (Worthen *et al.*, 1980).

Existen varios problemas derivados de la aplicación irracional de fertilizantes minerales. Las consecuencias de la quimización en la agricultura han sido nefastas para el ambiente, por la elevada contaminación causada por el uso irracional de fertilizantes y plaguicidas, que puede causar graves daños en la salud del hombre y los animales. Sin tomar en consideración a los plaguicidas industriales, por no estar relacionados con el tema que nos ocupa, el impacto ambiental causado por el uso excesivo de fertilizantes minerales (Brown, 1994).

En el presente trabajo se ofrecen argumentaciones, para demostrar la necesidad de crear nuevas bases paradigmáticas, que permitan reflexionar y actuar para lograr el desarrollo de una agricultura, capaz de garantizar las necesidades alimentarias de la población.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es evaluar el efecto que tiene la fertilización orgánica-mineral en el rendimiento de grano y altura de planta de amaranto.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 El cultivo tradicional del amaranto

La técnica utilizada en la siembra del amaranto, a diferencia de la del maíz o frijol que se hacía de manera individual, al parecer fue “al voleo”, es decir, esparciendo, derramando y arrojando las semillas en el suelo barbechado (Rojas, 1991).

En la actualidad, este cultivo se mantiene marginado y sólo persiste entre algunos grupos indígenas de la Sierra Madre Occidental, en Oaxaca, Tlaxcala, Michoacán, Puebla, Morelos y pueblos cercanos a la ciudad de México (Espitia y cols., 2010; Espitia, 2012).

Como lo menciona Granjeno (1993) *A. hypochondriacus* se cultiva en el estado de Morelos destacando al municipio de Temoac desde la colonización en América, en los últimos años extendiéndose sobre los municipios de Yecapixtla y Axochiapan.

Del amaranto se ha mencionado que soporta cambios drásticos de altitud, se adapta a condiciones geográficas como en climas cálidos, templados, húmedos y secos. Posee una gran resistencia a sequías y grandes heladas (Espitia, 1986).

(Peralta, Villacreces, Rivera, & Subia, 2008), mencionan que, desde la década de 1980, el amaranto cobra mucha importancia, debido a su alto valor nutritivo (calidad de proteína) y su adaptabilidad a diferentes ambientes incluyendo áreas desfavorables para otros cultivos de interés económico.

### 2.2 Valor nutricional del amaranto

El amaranto es una de las pocas plantas herbáceas que llegan a producir una gran cantidad de granos comestibles tipo cereal (Taboada, 2004).

Semillas con diámetros de 0.9 a 1.7 mm, se dan en cantidades aproximadamente de 50 000 en cada planta (Taboada, 2004). 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% (Huerta y Barba de la Rosa, 2012).

El valor nutritivo de los granos del amaranto implica que además de su contenido proteico, el espectro de aminoácidos y los niveles de vitaminas y minerales son excelentes. Debido a la promoción que ha recibido el amaranto en los últimos años, se han realizado muchos estudios sobre sus propiedades, usos potenciales y sobre cuáles son las formas recomendadas para consumirlo (Espitia y cols., 2010).

Por su composición, la proteína del amaranto se asemeja a la de la leche y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana. Tiene un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es más limitado en otros cereales (Rastogi y Shukla, 2013).



Carmen Sotelo, 2019

### 2.2.1 Composición química del grano de amaranto comparada con otros cereales

**CUADRO 1.** Composición química de hojas crudas de amaranto comparadas con las hojas de espinaca:

<b>MINERALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>AMARANTHUS CRUENTUS</b>	<b>ESPINACA</b>
<b>Cenizas</b>	gr	2.9	1.5
<b>calcio</b>	mg	198.7	93
<b>Fosforo</b>	mg	73	51
<b>Hierro</b>	mg	3.2	31
<b>potasio</b>	mg	398.7	470



**CUADRO 2.** Composición química del grano de amaranto comparado con otros cereales (sobre la base de 100 gramos).

Componentes Químicos	Cultivos				
	Arroz	Amaranto	Trigo	Maíz	Avena
<b>Proteína</b>	5.6 g	<b>19 gr</b>	12.8 gr	9.4 gr	15.8 gr
<b>Fibra (cruda)</b>	0.3 g	<b>5.6 gr</b>	2.3 gr	3 gr	3 gr
<b>Grasa</b>	0.6 g	<b>6 gr</b>	1.7 gr	4.7 gr	6.9 gr
<b>Carbohidratos</b>	79.4 g	<b>6 gr</b>	71 gr	74 gr	66 gr
<b>Calcio</b>	9 mg	<b>250 mg</b>	29.4 mg	7 mg	54 mg
<b>Hierro</b>	4.4 mg	<b>15 mg</b>	4 mg	2.7 mg	5 mg
<b>Calorías</b>	360	<b>414</b>	334	365	389

Centro de desarrollo comunitario (2008)

2.3 Descripción botánica del amaranto

(Robertson, 1981).

**CUADRO 3)**

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Fanerogama
TIPO	Embryophyta siphonogama
SUBTIPO	Angiosperma
CLASE	Dicotiledoneae
SUBCLASE	Archyclamidaeae
ORDEN	Centrospermales
FAMILIA	Amaranthaceae
GENERO	<i>Amaranthus</i>
SECCION	<i>Amaranthus</i>
ESPECIES	<i>caudatus, cruentus e hypochondriacus</i>

El amaranto es una planta perteneciente a la familia de las amarantáceas, la cual posee 70 géneros y más de 850 especies. El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas las siguientes: (Chagaray, 2005).

<i>Amaranthus caudatus L.</i>	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	<i>Amaranthus blitum L.</i>
<i>Amaranthus</i>	<i>Amaranthus hybridus L.</i>	<i>Amaranthus dubius L.</i>
<i>hypochondriacus L.</i>	<i>Amaranthus tricolor L.</i>	<i>Amaranthus virides L.</i>

(Peralta, Villacreces, Rivera, & Subia (2008), señalan la descripción botánica de la planta de amaranto de la siguiente manera:

- Raíz. - es pivotante, abundantes raíces secundarias y terciarias. Esta raíz contribuye a tolerar la falta de agua, dependiendo de los suelos puede llegar a 40 cm de profundidad.
- Tallo. - Es de forma cilíndrica, con ángulos y estrías gruesas longitudinales, de color morado o purpura. Dependiendo de las densidades de siembra y de la fertilidad del suelo, puede medir hasta 4 cm de diámetro en su base y la altura puede llegar hasta 2.0 m.
- Hojas- las hojas son simples, alternas o opuestas, pecioladas, con bordes levemente ondulados, tamaño variable entre 3 y 15 cm de largo y de 1,5 a 10 cm de ancho, de forma ovalada, verdes en épocas tempranas del crecimiento y moradas o purpuras a la madurez de la planta, con nervaduras prominentes.
- Flores e inflorescencia. - las inflorescencias son terminales o axilares de tipo amarantiforme o glomerular, erectas de color morado o purpura intenso. Se agrupan y forman la panoja, el largo de la panoja madura puede llegar hasta 50 cm. Las flores son unisexuales, pequeñas, estaminadas o pistiladas. Son predominantes autogamas, pero se ha observado polinización cruzada, por acción de los insectos o el viento principalmente.
- Fruto. - es una capsula pequeño pixidio unilocular, que a la madurez se abre para dejar caer la parte superior u opérculo, dejando al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se aloja la semilla, la misma que se desprende fácilmente; dando lugar a una fuerte dehiscencia o caída de las semillas.

- Semillas. - son pequeñas, lisas, brillantes de color negro o púrpura. El número promedio de semilla por gramo es de 1800, de las cuales el 82% son normales y el 18% mal formadas o inmaduras. La semilla es dura, lo que genera dificultad para moler. En el grano se distinguen el episperma o cubierta de la semilla, el endosperma o segunda capa, el embrión formado por los cotiledones y la parte más interna perisperma.

## 2.4 Fertilización orgánica

La fertilización orgánica solo utiliza insumos naturales conocidos como abonos orgánicos, mismos que si se aplican en las dosis adecuadas, dependiendo del abono a utilizar, el cultivo y el tipo de suelo que se quiera fertilizar ofrecen resultados positivos y remunerables (Jaramillo, 2005).

La práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de nitrógeno y fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la agricultura por siglos (Arredondo, 1996).

Actualmente, se denomina Abono orgánico al producto natural que resulta de la descomposición de materia de origen vegetal y animal, que contribuye a las mejoras de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo al aportar nutrimentos y productos compuestos de carbono fácilmente asimilables por las plantas (SIAP, 2014). Los abonos orgánicos mejoran también la capacidad de retención de humedad y activan la capacidad biológica de los suelos, así como la producción y productividad de los cultivos (SIAP, 2014).

La materia orgánica ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Diversos investigadores a nivel mundial han generado innumerables evidencias respecto a los beneficios, ventajas y razones relacionadas con el empleo de los abonos orgánicos en sistemas de producción orgánica (Nieto *et al.*, 2002).

Resaltan que la importancia de este tipo de materiales se debe, entre otros aspectos a:

1) La incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compost) con fines de biorremediación de suelos agrícolas (Nieto *et al.*, 2002).

2) El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobreexplotación. Las consecuencias directas de estos dos son la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y la contaminación de los suelos y de los mantos freáticos, cuya producción agrícola puede también estar contaminada (Nieto *et al.*, 2002).

3) El uso de abonos y productos orgánicos se ha fomentado por la agricultura orgánica; que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas y a su economía. La agricultura orgánica representa un valor agregado a los productos que se obtienen, sus precios son mayores que los de la agricultura convencional, por lo que esta práctica se hace más atractiva para el productor (Nieto *et al.*, 2002).

Dentro de los componentes del suelo, la materia orgánica reviste una significativamente importancia, ya que imparte al suelo magníficos efectos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales se traducen en la capacidad productiva de los campos, por lo que su gestión dentro del agroecosistema será uno de los elementos más importantes a considerar para la consecución de la durabilidad de los sistemas productivos (Labrador, 2001).

En suelos con alto nivel de materia orgánica se pueden lograr los máximos rendimientos alcanzados para la variedad, clima y manejo del cultivo (Castellanos *et al.*, 2000).

Abawi y Thurston (1994) mencionan la influencia de los mejoradores orgánicos sobre los patógenos del suelo y señalan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición.

El uso de abonos orgánicos es atractivo por su menor costo en producción y aplicación, por lo que resulta más accesible a los productores, sobre todo en países donde la mayor parte de la producción de alimentos se logra a través de una agricultura no tecnificada (Nieto *et al.*, 2002).

## 2.5 Fertilización orgánica y amaranto

El uso de los abonos orgánicos se ha venido presentando como una herramienta fácil para resolver problemas de conservación de suelo, incremento de fertilidad y disminución de residualidad tóxica de los mismos. Particularmente en nuestro país, el número de cultivos fertilizados orgánicamente es cada vez mayor, siendo el Amaranto uno de los cultivos mexicanos que mejores resultados satisfactorios ha manifestado (Taboada *et al.*, 2002).

La fertilización orgánica en el amaranto influye en la emergencia de las plántulas, aumenta el rendimiento y la calidad de la semilla y ha permitido una mayor difusión del consumo de este cultivo, integrándolo al mercado orgánico y de su producción debido a sus bajos costos (Jaramillo, 2005). Así pues, con la finalidad de evaluar el rendimiento del cultivo de amaranto tras la aplicación de abonos orgánicos se han realizado varios estudios, mismos que sugieren un desempeño superior de los abonos orgánicos con respecto a los fertilizantes químicos o convencionales (Jaramillo, 2005).

## 2.6 Composta

La composta es uno de los fertilizantes naturales más utilizados en la agricultura orgánica. Los residuos de animales, plantas y residuos domésticos son utilizados para la elaboración de composta, sin embargo, también deben ser aceptados por las agencias de certificación orgánica. Los estiércoles, residuos orgánicos domésticos y los residuos agrícolas son los más comúnmente utilizados para la elaboración de composta. Los residuos orgánicos domésticos representan del 40 al 50% del porcentaje total de residuos municipales, por lo que su tratamiento a través de compostaje representa una buena alternativa para disminuir el problema de la basura (Nieto-Garibay *et al.*, 2010).

El manejo de los abonos orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos domésticos de frutas y verduras, desechos agrícolas verdes y secos) a su agrosistema. 2) Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente.

El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (Nieto *et al.*, 2002).

El compostaje es el proceso por el cual la mezcla de materiales de origen animal y vegetal son parcialmente descompuestos bajo la acción de factores biológicos, incluyendo lombrices, hasta un producto final análogo al humus de composición variable. Este proceso requiere de condiciones adecuadas de oxígeno, humedad y temperatura (Hernández, 1996).

Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto–Garibay *et al.*, 2002).

## **2.7 Bionitro**

Producto comercial que está constituido por microorganismos, por lo que se le considera también un biofertilizante que contiene rizobacterias, micorrizas, hongos de los géneros *Leuconostoc* y *Sacharomyces*, que son benéficos para el suelo (Vázquez, 2011).

Permiten la fijación de nitrógeno, lo que promueve el crecimiento de las plantas cultivadas y aumenta la permeabilidad del suelo para una mejor penetración de la raíz; facilita la disponibilidad de los nutrientes existentes en el suelo (Labrador, 2001).

## **2.8 Abono foliar**

La fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo, su uso se inicia desde la época Babilónica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones. Los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar (Eibner, 1986).

Dentro de los aspectos de la planta, se analiza la función de la cutícula, las estomas y ectodesmos en la absorción foliar. En el ambiente, la temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación. En la formulación foliar se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de la solución, nutrimentos y el ion acompañante en la aspersion (Eibner, 1986).

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo. De aquí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica. La fertilización foliar se ha practicado desde hace muchos años (Eibner, 1986).

## 2.9 Fertilizantes minerales

Fertilizantes fabricados industrialmente son llamados fertilizantes minerales.

La presentación de los fertilizantes minerales es muy variada. Dependiendo del proceso de fabricación, las partículas de los fertilizantes minerales pueden ser de muy diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, **perlados**, cristales, polvo de grano grueso, compactado o fino (FAO, 2010).

La fertilización mineral se desarrolla en los **cultivos**, pero siempre manteniendo la fertilidad del suelo para el beneficio de las cosechas futuras (Morales *et al.*, 1989).

La fertilización mineral tiene necesidades importantes de los cultivos:

Nitrógeno: Es determinante en el crecimiento y desarrollo de la planta ya que colabora en la multiplicación celular. Además de conducir a la obtención de proteínas, se ha comprobado que existe una relación directa del nitrógeno con el contenido en vitaminas.

Fósforo: Durante la germinación el fósforo favorece el desarrollo de las raíces, aportando vigor al cultivo. También ayuda a la floración y cuajado de los frutos, además de formar parte de fosfolípidos, enzimas.

Potasio: Mejora la resistencia de los cultivos ya que es activador de la fotosíntesis y regula las sustancias de reserva. Interviene en las distintas reacciones enzimáticas y disminuye la transpiración.

Una interacción positiva entre el nitrógeno y el fósforo es decisiva en los momentos iniciales del cultivo. Del mismo modo que la disponibilidad de fósforo y potasio es fundamental para facilitar la retención de agua y la creación de proteínas y azúcares (Morales *et al.*, 1989).

## 2.10 Trabajos realizados con amaranto

Al considerar la importancia de evaluar la incorporación de los abonos orgánicos sobre el rendimiento de cultivo y su efecto en las condiciones físicas y químicas del suelo, se han efectuado diversos trabajos en el Estado de Morelos entre los que destacan los realizados por:

**Rojas (2000)** Evaluó la respuesta de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Huitzilac, Morelos bajo diferentes dosis de fertilización orgánica con gallinaza (0, 75, 100 y 150 Kg N/ha), obteniendo un rendimiento de 1.2 ton/ha.

**Taboada *et al.* (2002)** evaluaron el rendimiento de *Amaranthus hypochondriacus* L. fertilizado con gallinaza (150 kg N/ha) en localidades templadas del municipio de Huitzilac, Morelos donde obtuvieron 1.4 t/ha de semilla, superando incluso los rendimientos de la zona productora de Temoac, Morelos.

Estudios anteriores realizados en el municipio de Xochitepec, Morelos y en el campo Experimental de la UAEM han demostrado que la producción de amaranto es incrementada mediante fertilizaciones orgánicas. Además, se establecen que el uso de fertilizantes orgánicos permite mejorar las características y/o recuperación del suelo (**Rojas, 200 y Soto, 2002**).

**Oliver *et al.* (2000)** cuantificaron el efecto de diferentes dosis de gallinaza (0,100, 150 y 200 kg N/ha) sobre el rendimiento de cultivo de amaranto en Axochiapan, Morelos, y obtuvieron los rendimientos de 1.0, 1.7, 1.9 y 2.3 ton/ha respectivamente.



**Castillo (2005)** Obtuvo un rendimiento de 1 ton/ha de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) fertilizado orgánicamente con gallinaza como fuente de nitrógeno en el municipio de Temoac en el estado de Morelos.

**Jaramillo (2005)** realizó un estudio energético y económico en la producción de amaranto con la aplicación de gallinaza como fuente de nitrógeno en la comunidad de Amilcingo, en el municipio de Temoac en el estado de Morelos donde obtuvo un rendimiento de 1.2 ton/ha con el abonado orgánico.

**Morales, et al., (1989)**, evaluaron la respuesta de *Amaranthus hypochindriacus* L. con abonos orgánicos e inorgánicos en condiciones de temporal en dos áreas del estado de Tlaxcala; particularmente con abonos orgánicos reportaron que existen una emergencia temprana de la planta y un aumento en el rendimiento (2330 kg/ha) cuando se aplicaron 6650 kg/ha de estiérco de bovino.

**Payán y De León (1999)**, produjeron amaranto orgánico (*Amaranthus hypochindriacus* L.) adicionando cinco dosis de composta (20, 15, 10, 5 y 0 t/ha) de residuos vegetales en el campo de prácticas “Las Animas” de la UAM-Xochimilco. Los residuos estadísticos mostraron diferencias significativas entre las dosis de composta utilizada y el tratamiento testigo, lo que puede deberse a una falta de fertilidad inicial del suelo en la parcela.

### III. JUSTIFICACIÓN

Son numerosos los trabajos existentes empleando abonos orgánicos en el cultivo del amaranto (*A. hypochondriacus* L.) en el estado de Puebla, sin embargo, la mayoría de ellos se han realizado básicamente evaluando abonos orgánicos a base de estiércoles animales como la vacaza y gallinaza como principal fuente de nitrógeno; en esta investigación se evaluó el efecto de abonos orgánicos alternativos como la composta, bionitro, abono foliar y minerales en la localidad de Tochimilco, Puebla por tratarse de una de las principales zonas amaranteras del estado de Morelos.

## **IV. HIPÓTESIS**

La aplicación de abonos orgánicos como la composta, bionitro, abono foliar y minerales en el cultivo del amaranto, aumentará su rendimiento y mejorará las características químicas del suelo.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica-mineral en el cultivo de amaranto, empleando fuentes de nitrógeno alternativas a los abonos orgánicos convencionales.

### **5.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Evaluar el rendimiento del grano de amaranto con diferentes tratamientos orgánicos-mineral: Composta 1, composta 2, bionitro, abono foliar y minerales.
- Determinar los parámetros físicos y químicos que caracterizan el suelo antes y después de ser fertilizado con los abonos orgánicos-minerales en el municipio de Tochimilco, Puebla.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tochimilco, localizado en el occidente del estado de Puebla, haciendo límite con los estados de Morelos y México, sus coordenadas extremas son 18° 50' - 19° 02' de latitud norte y 97° 18' - 97° 26' de longitud oeste y su extensión territorial es de 233.45 kilómetros cuadrados que lo convierten en el cuadragésimo octavo municipio más extenso del estado de Puebla; su altitud fluctúa desde los 5 500 metros sobre el nivel del mar de la cumbre del Popocatepetl hasta 1 800 metros en las zonas más bajas (INEGI, 2010).

Debido a la diversidad edafológica en su territorio, se identificaron seis grupos de suelo para Tochimilco, Puebla (García, 2000):

*Andosol*. Localizado en un área reducida al suroeste; derivan de cenizas recientes y poseen gran capacidad de retención de agua y nutrientes; generalmente se destinan a la explotación forestal.

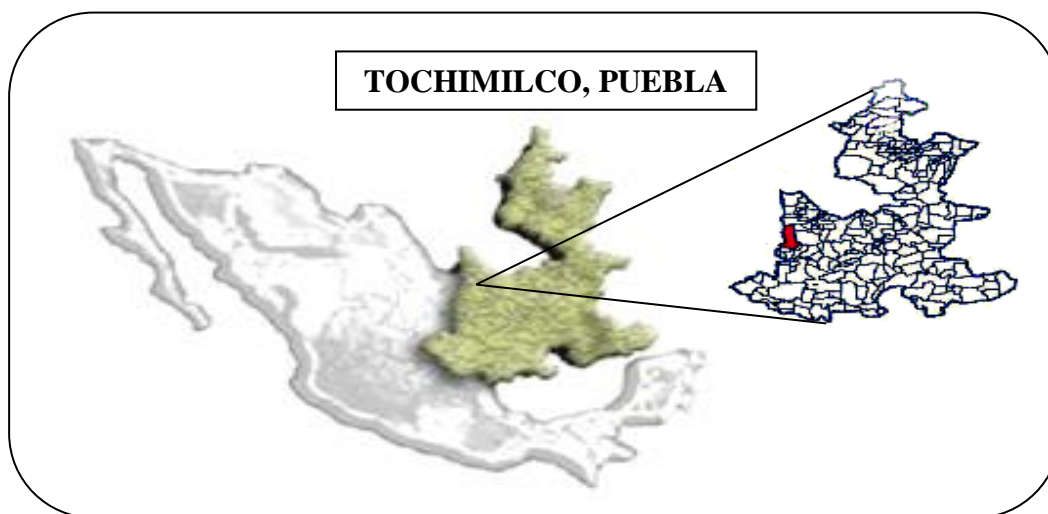
*Regosol*. Suelos muy pobres en nutrientes y ocupan la porción meridional y la zona entre las faldas de la sierra nevada y las partes más elevadas del Popocatepetl.

*Feozem*. Ocupan casi todas las faldas inferiores de la sierra nevada; son suelos adecuados para los cultivos tolerantes al exceso de agua, y son suelos de moderada fertilidad.

*Fluvisol*. Son suelos de fertilidad variable por ser de origen aluvial reciente y ocupan una extensa área al suroeste del municipio.

*Litosol*. Estos suelos se encuentran en las partes más altas del Popocatepetl y solo pueden destinarse para pastoreo debido a que poseen menos de 10 cm de espesor sobre roca madre y no son aptos para ningún tipo de cultivo.

*Cambizol*. Se encuentran en una extensa área dentro de las faldas inferiores de la sierra nevada y un área reducida al sur; son adecuados para actividades agropecuarias, según la fertilización a la que sean sometidos, porque suelen tener problemas de manejo por ser arcillosos; **esta fue la unidad edáfica en la cual se establecieron las parcelas.**



**Figura 2.** Mapa de ubicación del municipio de Tochimilco en el estado de Puebla.

## 6.2 Dimensiones y distribución de la parcela experimental

La investigación se llevó a cabo en el estado de Puebla, por que posee el 1° lugar en producción de amaranto con 1,500 hectáreas destinadas a este cultivo; una producción de 2,334 toneladas anuales y un rendimiento que oscila entre 1.8 y 2.1 t/ha.

Del mismo modo, se eligió el municipio de Tochimilco por presentar el 1° lugar de las zonas productoras poblanas, con 450 hectáreas sembradas; una producción anual de 990 toneladas y un rendimiento promedio de 2.0 t/ha (Alvarado y de la Rosa, 2007); además de que, en los últimos años se ha estado implementando el abonado orgánico en esta zona.

Presenta diferentes tipos de clima en sus estaciones del año (García, 2000):

*Clima semicálido subhúmedo.* Con lluvias en verano. Áreas más bajas del municipio.

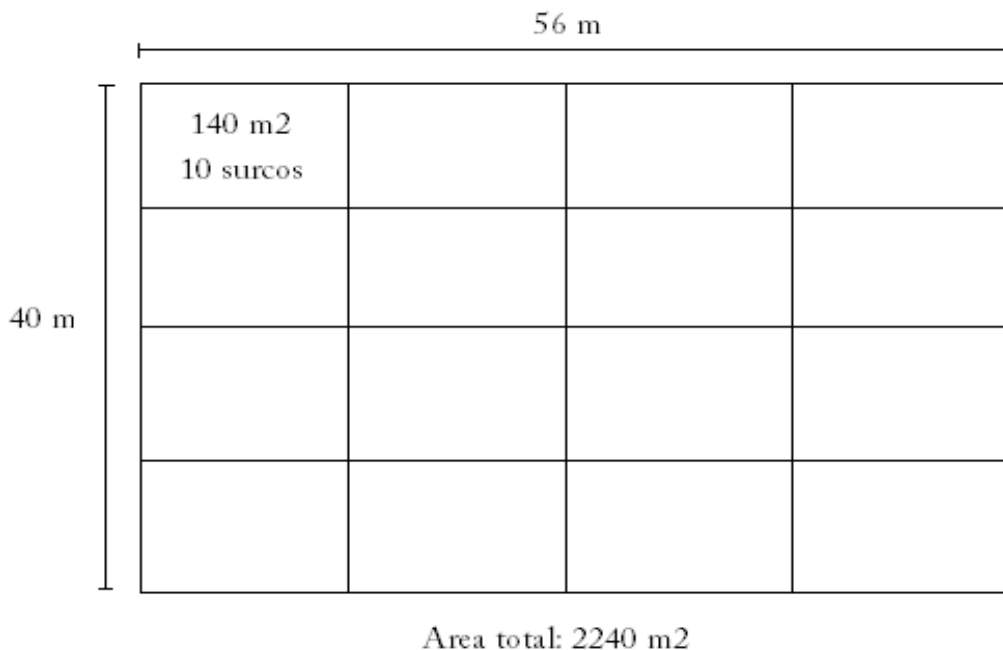
*Clima templado subhúmedo.* Con lluvias en verano. Es el clima predominante, faldas inferiores de la sierra nevada.

*Clima semifrío subhúmedo.* Con lluvias en verano, zona intermedia entre las faldas inferiores de la sierra y las partes más elevada del volcán Popocatepetl.

*Clima frío.* Se identifica en las zonas más elevadas del volcán.

La unidad experimental está ubicada a 2,072 metros de altura, 18°48.09' N y 98° 36'43'' WO, consta de un terreno rectangular de 56 m de largo y 40 m de ancho, con un área total de 2240 m<sup>2</sup>; Se dividió en 16 parcelas iguales; cada parcela mide alrededor de 20 metros de largo por 16 metros de ancho y cuenta con un área total de 320 m<sup>2</sup> cada una (Ver fig. 3).

El tipo de suelo que se determina dentro de la parcela es Cambizol; suelo apto para actividades agrícolas y con respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes orgánicos.

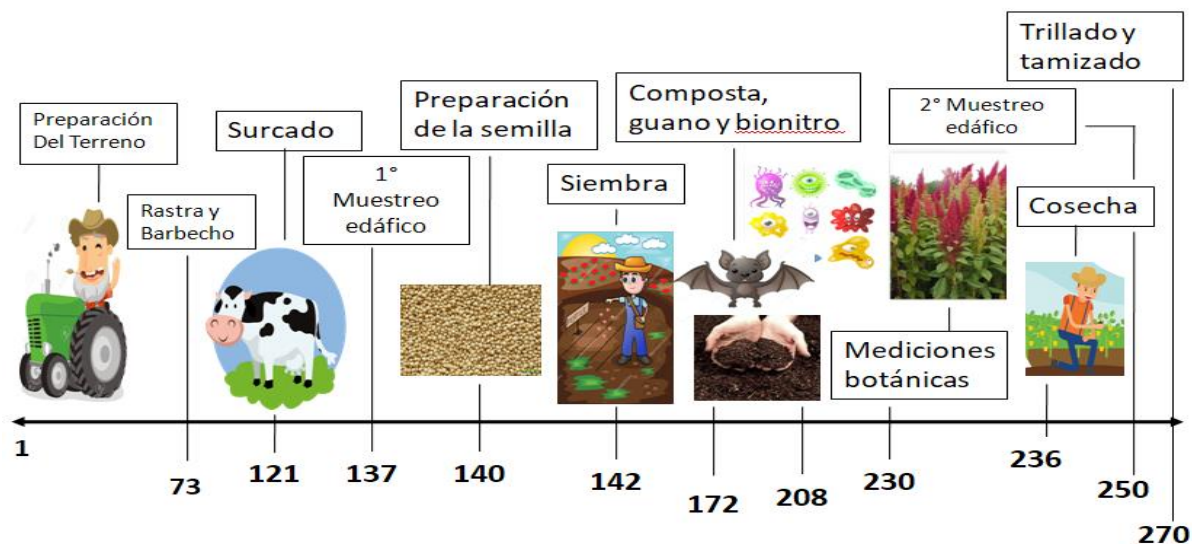


**Figura 3.** Dimensiones de la parcela donde se cultivó con *A. hypochondriacus L.*

### 6.3 Prácticas agronómicas

Se llevó a cabo las prácticas agronómicas correspondientes al cultivo de amaranto; se realizaron los registros cronológicos de las prácticas agronómicas en la parcela (ver Figura 4). Se hicieron mediciones botánicas una vez alcanzado el máximo desarrollo de los individuos antes de la siembra, así como los análisis de suelo correspondientes (Manual de la producción química y orgánica del cultivo de amaranto en el estado de Morelos, 2012).

26 de enero 2019	Preparación del terreno
26 y 29 de enero 2019	Rastra y barbecho
29 de junio 2019	Surcado
20 de junio 2019	1° muestreo edáfico (presiembr)
28 de junio 2019	Preparación de la semilla
29 de junio 2019	Siembra
24 de septiembre 2019	Aplicación composta, bionitro, abono foliar y mienrales.
24 de sept. Y 14 nov.	Mediciones botánicas
11 de noviembre 2019	Cosecha
14 de noviembre 2019	2° muestreo edáfico (poscosecha)
primeros días de diciembre	Trillado y tamizado de semilla



**Figura 4.** Cronología de las prácticas agronómicas que se realizaron en la parcela experimental de Tochimilco, Puebla (Manual de la producción química y orgánica del cultivo de amaranto en el estado de Morelos, 2012).

### **6.3.1 Preparación del terreno**

El terreno se preparó durante los últimos días del mes de enero, empleando las malezas que se establecieron del período anterior como abono verde. Se efectuó la rastra a finales del mes de enero; con esta actividad integra la maleza al suelo para su aprovechamiento.

Después de la rastra se elaboró el barbecho con ayuda de un tractor de tres discos con la finalidad de “aflojar la tierra”. A finales del mes de junio se realizó el surcado con ayuda de un peón y su yunta de dos animales; cada parcela obtuvo 10 surcos de 80 cm de grosor separados entre sí por 20 centímetros aproximadamente, con lo cual quedo preparado el terreno para la delimitación de las parcelas y establecer el diseño experimental.

### **6.3.2 Siembra**

La siembra se llevó a cabo el día 29 de junio de 2019 y se realizó de la manera tradicional conocida como mateado cada 30 centímetros de manera manual y ayudados con una varita de madera se fueron abriendo pequeños agujeros en el surco para depositar la semilla y posteriormente se cubrieron los surcos sembrados, dejando a la semilla a una profundidad de 0.5 centímetros aproximadamente.

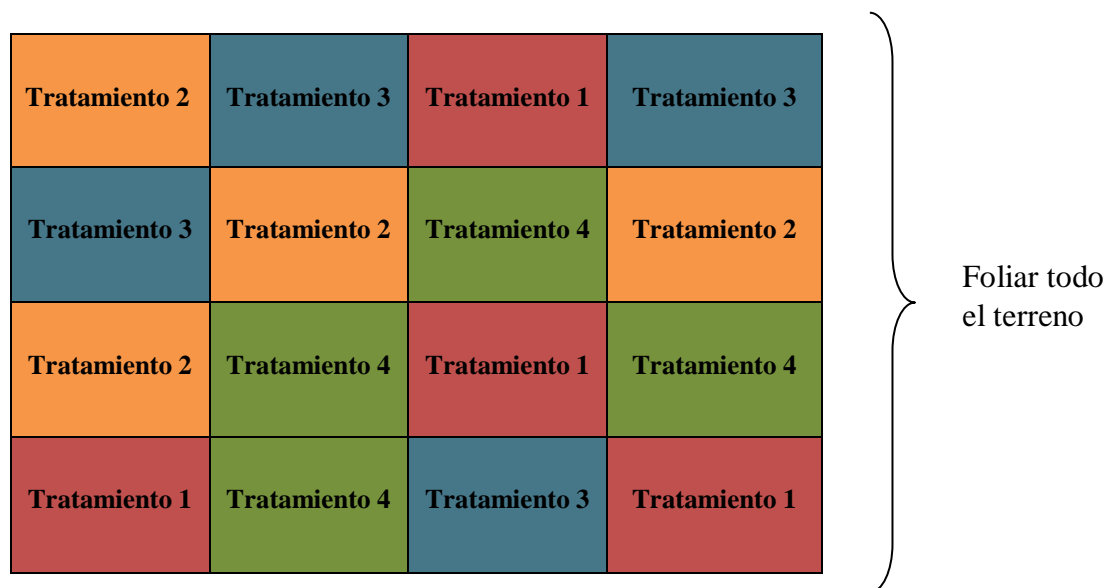
### **6.3.3 Fertilización Orgánica**

La fertilización con bionitro, composta, abono foliar y minerales se realizó mediante una sola aplicación a los 87 días después de la siembra (dds) con la práctica tradicional de los agricultores del área (24 de septiembre).

**Cuadro 4.** Cantidades empleadas de abono orgánico-minerales en la parcela experimental del cultivo de amaranto.

Tratamientos Orgánicos	Presentación	Modo de aplicación	% de nitrógeno	Dosis aplicada (Kg)
				Por Parcela
<b>T1 (Minerales)</b>	Granulado	A pie de mata	14%	2.680 kg
<b>T2 (Composta Dr. Rogelio)</b>	polvo	A pie de mata	14%	2.680 kg
<b>T3 (Composta Sr. Bruno)</b>	Polvo	A pie de mata	14%	2.680 kg
<b>T4 (Bionitro)</b>	Polvo	A pie de mata	14%	<u>1 L/Ha</u> 200 L
<b>T5 (Foliar)</b>	Líquido	Aérea	14%	<u>1 L/Ha</u> 200 L

El diseño experimental que se implementó para la parcela fue el de los Bloques al azar con los cuatro tratamientos orgánicos y un tratamiento mineral, con cuatro repeticiones, quedando como se muestra en la **figura 5**.



**Figura 5.** Diseño experimental (Tratamiento 1: Minerales; Tratamiento 2: Composta 1; Tratamiento 3: Composta 2; Tratamiento 4: Bionitro; Tratamiento 5: Foliar).



### **6.3.4 Mediciones de las variables botánicas asociadas a rendimiento**

Previa la cosecha, y una vez que las plantas alcanzaron su máximo desarrollo, se procedió a las mediciones de cuatro variables botánicas asociadas al rendimiento del cultivo: i) altura total de los individuos, ii) diámetro del tallo, iii) altura de la panoja (inflorescencia) o y ix) diámetro de la panoja. Se seleccionaron 10 individuos al azar de cada una de las parcelas.

Los criterios para las mediciones fueron los siguientes: La altura de los individuos se consideró desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panoja, el diámetro del tallo se midió en la parte central de la misma, mientras que la altura de la panoja se midió desde el inicio de la inflorescencia hasta el ápice y el diámetro de la panoja, se midió en la parte central de la misma.

### **6.3.5 Cosecha, Trillado y Tamizado.**

La cosecha incluye las labores de siega, trillado, tamizado y encostado. La siega o corte de las espigas se efectuó el día once de noviembre, 135 días después de la siembra.

Después de cortar todas las panojas, se procedió a secarlas para hacerlas perder toda la humedad y facilitar el trillado; el tiempo de secado fue de 33 días. Para el trillado se acondicionó una superficie plana cubierta con una lona de plástico para desprender la semilla de las panojas sin que tengan contacto con el suelo; se realizó manualmente con ayuda de guantes de carnauba.

Dado que las panojas están lo suficientemente secas, después del trillado, la semilla obtenida fue tamizada haciéndola pasar por un tamiz o arenero de madera con una malla de metal. La semilla se venteó con ayuda de sombreros para limpiarla y poder pesarla.

Después de tamizar la semilla y de eliminar la mayoría de los restos de las inflorescencias y de excrementos de insectos. Se pesó para calcular el rendimiento de los tratamientos orgánicos- mineral.

Una vez limpia la semilla, se colocó en bolsas de papel para poder pesarla y transportarla.

### 6.3.6. Muestreos edáficos

Se realizaron dos muestreos edáficos a con la misma profundidad; de 0 a 30 cm que serán los muestreos presiembra y poscosecha respectivamente (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Fechas y profundidades de los muestreos edáficos.

<b>Muestreo</b>	<b>Fecha de muestreo</b>	<b>Profundidad</b>
<b>Presiembra</b>	2o de junio 2019	0 – 30 cm
<b>Poscosecha</b>	14 de noviembre 2019	0 – 30 cm

Las muestras de suelo se tomaron de cada una de las 16 parcelas (4 tratamientos y sus 4 repeticiones); posteriormente, fueron llevadas al laboratorio de Edafoclimatología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM, donde se colocaron en bandejas durante 3 días para su secado.

### 6.4 Parámetros físicos y químicos del suelo

Las propiedades físicas y químicas que se evaluaron en este trabajo son las siguientes: físicas: color en seco y húmedo, densidad aparente y real, porosidad y textura, en cuanto a las químicas: pH en H<sub>2</sub>O y KCl, materia orgánica, carbono y nitrógeno respectivamente.

**Cuadro 6.** Análisis físicos y químicos realizados a las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

<u>Análisis Físicos</u>		<u>Análisis químicos</u>	
<b>Parámetros</b>	<b>Método utilizado</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Método utilizado</b>
<b><i>Color en seco y húmedo</i></b>	Comparación de cartas Munsell (1992)	<b><i>pH (H<sub>2</sub>O) y KCl</i></b>	Método del potenciómetro
<b><i>Densidad aparente</i></b>	Método de la probeta (Blake,1968)	<b><i>Materia Orgánica (%)</i></b>	Método de combustión de humedad de Walkley y Black (1982)

<b><i>Densidad Real</i></b>	Método del picnómetro (Baver, 1956)	<b><i>Carbono (%)</i></b>	Calculo a partir de la obtención del % de materia orgánica (Jackson, 1982)
<b><i>Porosidad</i></b>	Cálculo relación densidad real y aparente	<b><i>Nitrógeno (%)</i></b>	Método de Kjendahl de digestión y oxidación

## 6.5 Análisis estadísticos

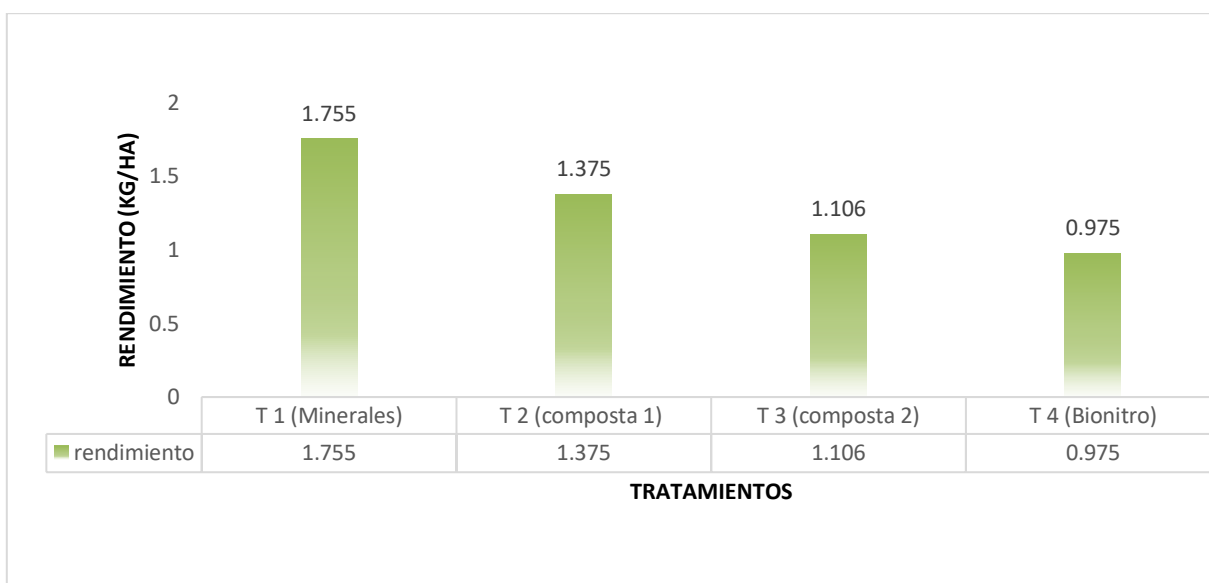
Posteriormente, utilizando el programa Statistica versión 7.0, se realizaron análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos orgánicos-mineral con respecto al rendimiento y una prueba de comparación de medias en las variables botánicas medidas. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de  $P < 0.05$

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Rendimiento

Es sabido que el amaranto puede desarrollarse en casi todos los tipos de suelo y que se adapta a diferentes condiciones climáticas y de altura, por lo que su rendimiento dependerá directamente de las propiedades físicas del suelo, el nivel de fertilidad de este y las prácticas agronómicas que se lleven a cabo en el cultivo (Trinidad et. Al, 1990). Esta variable es considerada la más importante tanto para productores agrícolas como para investigadores (Ocampo, 2003).

En la parcela experimental de Tochimilco, Puebla, los rendimientos obtenidos fueron los siguientes: el tratamiento T1 (Minerales), reportó 1.755 Kg/ha; el T2 (composta 1), 1.375 Kg/ha; el T3 (composta 2) obtuvo un rendimiento de 1.106 Kg/ha; mientras que el T4 (bionitro) tuvo 0.974 Kg/ha (ver figura 6).



**Figura 6.** Gráfica del total de rendimiento obtenido para cada tratamiento orgánico- mineral aplicado en la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

Al comparar los rendimientos de los abonos orgánicos (T2, T3 y T4) con respecto al T1 (minerales) y fue de 1.755 Kg/ha con una altura de planta intermedia, diámetro de tallo superior (figura 7). El menor rendimiento se obtuvo en la terraza 4 (bionitro) con 0.975 Kg/ha, donde se observó la mayor altura y similitud al diámetro de la planta con T1. Como puede observarse, los rendimientos de T2, T3 y T4 fueron menores con respecto al T1(minerales).

## 7.2 Variables botánicas asociadas a rendimiento

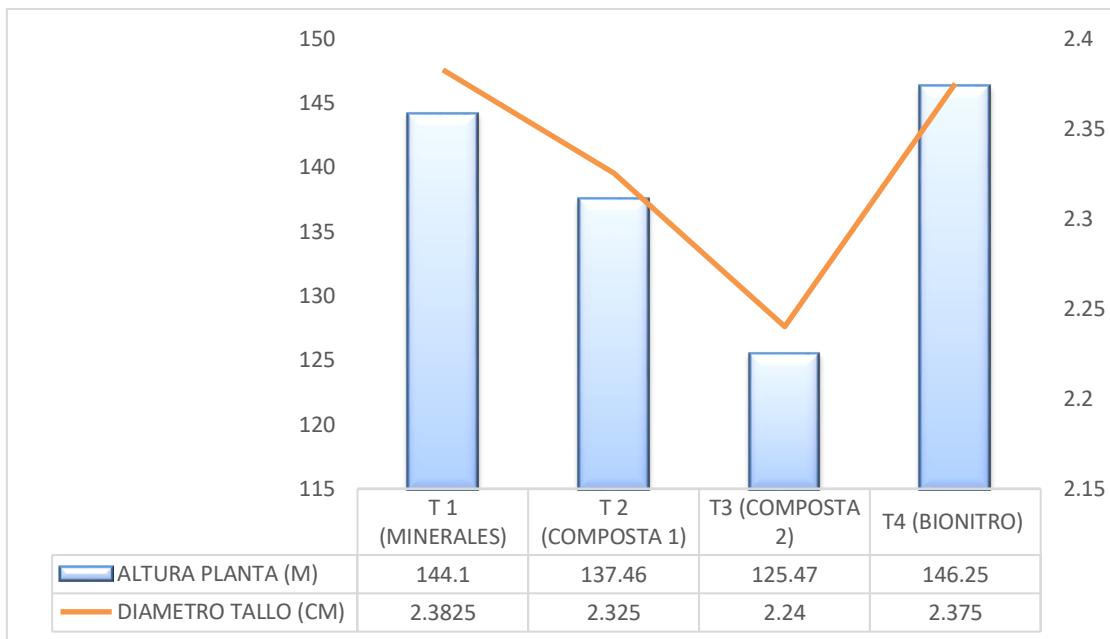
Debido a que el rendimiento depende de la estructura de la planta y de la cantidad de grano que produzca la inflorescencia, es necesario evaluar las variables: altura de la planta, longitud y diámetro de la panoja (inflorescencia) (Jaramillo 2005; Monsalvo,2006 y González,2007).

### 7.2.1 Altura de la planta

La altura se considera una variable asociada al rendimiento pues es la estructura que da soporte a la inflorescencia que contiene la semilla (Jaramillo, 2005); del mismo modo, a

mayores alturas de planta se han registrado mayores rendimientos (Morales, 2000; Beltrán, 2005).

En la figura 7, se muestran los promedios de la altura de la planta y del diámetro del tallo por tratamiento, los resultados obtenidos en este trabajo fueron los siguientes: el tratamiento T1 (minerales), registró una altura promedio de 144.1 cm; el T2 (composta 1), reportó un promedio de 137.46 cm; el T3 (composta 2), un promedio de 125.47 cm, mientras que el T4 (bionitro), registró un promedio de 146.25 cm.



**Figura 7.** Grafica promedios de altura de la planta y del diámetro del tallo por tratamiento orgánico- mineral aplicado en la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

Al realizar el análisis de comparación de medias, se encontraron diferencias significativas ( $F= 4.84, P<0.05$ ); siendo el T1 (minerales) y T4 (bionitro) los que obtuvieron los promedios de altura mayores y diámetro con respecto a los demás tratamientos y T2 (composta 1), T3 (composta 2) donde se registraron alturas menores.

### 7.3 Relación entre el Rendimiento y la altura total de la planta

Estudios anteriores han sugerido que a mayor altura de planta mayor es el rendimiento, sin embargo, es posible encontrar plantas de baja estatura ofertando los mismos rendimientos que plantas más altas.

En cuanto a la relación del rendimiento con la altura de planta, los valores reportados por los tratamientos orgánicos T1, T2, T3 y T4 en este trabajo, se concentran en el cuadro 7:

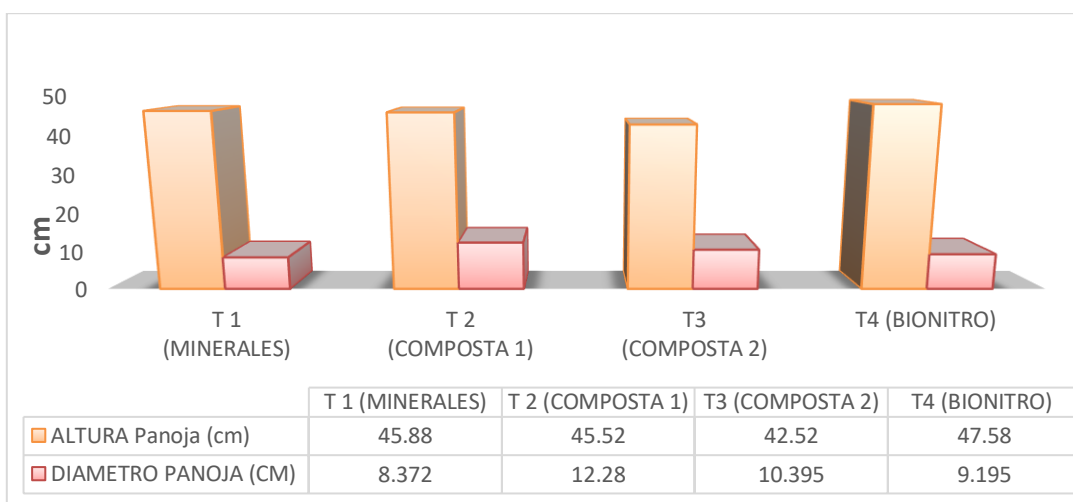
**Cuadro 7.** Valores de rendimiento y altura de planta de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) obtenidos en la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

<b>Tratamiento</b>	<b>Altura de planta (cm)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
T1 minerales	144.1	1.755
T2 composta 1	137.46	1.375
T3 composta 2	125.47	1.106
T4 bionitro	146.25	0.975

Los tratamientos T1 y T4 presentaron alturas mayores, pero rendimientos diferentes, sin embargo, T2 a pesar de presentar un promedio de altura menor con respecto a T1 y T4, también obtuvo un rendimiento similar a T1; en el caso de T3, éste presentó rendimiento similar a T2 y altura significativamente menor con respecto a T1, T2 y T4.

### 7.4 Longitud y perímetro de la panoja

Según autores como Rojas (2000), esta variable tiene una relación directamente proporcional a aplicación del nitrógeno siempre y cuando la aplicación de este haya sido antes de que las panojas hayan alcanzado su máximo desarrollo; encontrando que, en ausencia de fertilizantes, las panojas presentan alturas bajas. La longitud y el diámetro de la panoja son de las variables más importantes a evaluar, ya que se reporta una relación directamente proporcional entre el tamaño de estas (Morales, 2000; Beltrán, 2005).



**Figura 8.** Gráfica del promedio por tratamiento de altura y diámetro de la panoja de amaranto.

Como se observa en la figura 8, la panoja con mayor altura se registró en T4 (bionitro) con 47.58 cm, pero con un diámetro intermedio de 9.195 cm, además de registrar una de las mayores alturas de la planta. La panoja con menor altura se registró en T3 (composta2) con 42.52 cm y con un diámetro medio de 10.395 cm, sin embargo, este tratamiento se registró una de las menores alturas de la planta.

Al comparar los promedios de altura de las inflorescencias (panojas) obtenidos por T1, T2, T3 y T4, se observaron diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $F= 0.64$ ,  $P<0.05$ ).

El diámetro de la panoja del amaranto se considera una variable asociada al rendimiento del cultivo, pues diversos autores han reportado una relación directamente proporcional entre el tamaño de la panoja y la producción de semilla (Morales, 2000; Beltrán, 2005 y Monsalvo, 2006). En este trabajo, los resultados de los diámetros de las panojas fueron los siguientes: T1 (minerales), 8.372 cm; T2 (composta 1), 12,28 cm; T3 (composta 2) reportó 10,39 cm y T4 (bionitro), 9.195 cm.

Al comparar los promedios de diámetro de la panoja obtenidos por T1, T2, T3 y T4, se observaron diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $F= 4.82$ ,  $P<0.05$ ).

## 7.5 Parámetros físicos y químicos

### 7.5.1 Características del suelo

El tipo de suelo que se determinó dentro de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla fue un Cambisol; estos suelos presentan una productividad agropecuaria alta, aunque deben ser fertilizados constantemente porque son pobres en nutrimentos; son de naturaleza arcillosa y tienden a agrietarse en temporada de sequías (García, 2000).

El suelo es parte fundamental de los procesos edafogénicos; comprende una mezcla de propiedades e interacciones fisicoquímicas y biológicas complejas que pueden ser determinadas mediante rigurosos análisis edáficos en el laboratorio (García, 2000; Morales, 2000).

#### 7.5.1.1 Color en seco y húmedo

El color del suelo está íntimamente relacionado los minerales y al contenido de materia orgánica que posea, ya que las partículas de humus y los compuestos ferrosos se adhieren a las partículas del suelo y determinan su color de acuerdo con la actividad microbiana que se esté llevando a cabo en dicho suelo (Abad-Fitz, 2003).

Los resultados obtenidos en los análisis de color de suelo fueron los siguientes:

**Cuadro 8.** Resultados de los análisis edáficos de color de las muestras de suelo, presiembra y poscosecha de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

PRESIEMBRA			
Color húmedo	Profundidad		
	0-30 cm		
Muestra suelo	1- 96	2- 97	3- 98
Carta	2/2	4/3	2/2
10 YR	Pardo oscuro	Pardo	Pardo oscuro



<b>Color seco</b>	<b>Profundidad</b>		
	<b>0-30 cm</b>		
<b>Muestra suelo</b>	1- 96	2- 97	3- 98
<b>Carta</b>	4/4	4/4	3/4
<b>10 YR</b>	pardo Oscuro	pardo Oscuro	pardo Oscuro

#### POSCOSECHA

<b>Color seco</b>	<b>Profundidad</b>			
	<b>0-30 cm</b>			
<b>Muestra suelo</b>	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
<b>Carta</b>	3/3	3/4	3/3	4/2
<b>10 YR</b>	Pardo Oscuro	Pardo obscuro	Pardo Oscuro	Pardo grisáceo

<b>Color húmedo</b>	<b>Profundidad</b>			
	<b>0-30 cm</b>			
<b>Muestra suelo</b>	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
<b>Carta</b>	3/2	3/3	3/3	3/2
<b>10 YR</b>	Pardo grisáceo muy oscuro	Pardo Oscuro	Pardo Oscuro	Pardo grisáceo muy oscuro

<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Los resultados obtenidos durante la presiembra muestran un color pardo Oscuro en seco, que se mantiene en la poscosecha, así como también se mantiene el color pardo oscuro en húmedo en la presiembra y poscosecha como se puede observar en el cuadro 8, lo cual concuerda con lo dicho por Brady (1984), ya que menciona que el color se oscurece con la adición de la materia orgánica contenida en la composta.

## 7.6 Densidad aparente, densidad real y porosidad.

### 7.6.1 Densidad aparente (DA)

La DA es igual a la masa del suelo seco contenido en una unidad de volumen conocido tomado bajo condiciones de campo, sin tomar en cuenta la masa del aire ni del agua; se expresa en gramos por centímetro cúbicos; conocer esta propiedad nos permite calcular la porosidad del suelo, la densidad de las partículas y la compactación del suelo. En términos generales, los suelos presentan una densidad aparente que oscila entre 0.6 y 1.8 gr/cc, siendo indicativos de compactación de suelo, aquellos valores superiores a 1.8 g/cc (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Los resultados de DA obtenidos para la presiembra y poscosecha fueron los siguientes:

**Cuadro 9.** Resultados de los análisis edáficos DA de las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

PRESIEMBRA				
Densidad aparente		Profundidad		
		0-30 cm		
Presiembra	1.18 gr/cc	1.14 gr/cc	1.17 gr/cc	
Muestra suelo	1- 96	2- 97	3- 98	

POSCOSECHA				
Densidad aparente		Profundidad		
		0-30 cm		
Tratamientos	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
Gr/cc	1.14 gr/cc	1.17 gr/cc	1.15 gr/cc	1.15 gr/cc

<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Como se puede observar en el cuadro 9, la densidad aparente no registró cambios significativos, teniendo valores de presiembra que van desde 1.14 a 1.18, mientras que en la poscosecha se registraron valores dentro del intervalo de 1.14 a 1.17.

Es sabido que la materia orgánica disminuye la D A del suelo porque sus componentes son menos densos que los minerales, lo que concuerda con Taboada y Álvarez (2008) donde mencionan que esta relación cambia con la textura y el contenido de materia orgánica.

### 7.6.2 Densidad real (DR)

La densidad real o de partículas, a diferencia de la DA, se define como la cantidad (masa) de los sólidos dividido entre el volumen de estos; es un valor menos variable que la DA y se calcula midiendo el volumen desplazado de líquido por una masa conocida de suelo en un frasco volumétrico de volumen también conocido (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Los resultados de DR obtenidos para la presiembra y poscosecha fueron los siguientes:

**Cuadro 10.** Resultados de los análisis edáficos de DR de las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

PRESIEMBRA				
Densidad real		Profundidad		
		0-30 cm		
<b>Presiembra</b>	2.5 gr/ml	2.27 gr/ml	2.33 gr/ml	
<b>Muestra suelo</b>	1- 96	2- 97	3- 98	

POSCOSECHA				
Densidad real		Profundidad		
		0-30 cm		
<b>Tratamientos</b>	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
<b>Gr/cc</b>	4.01 gr/ml	3.99 gr/ml	4.03 gr/ml	3.99 gr/ml

<sup>3</sup>

<sup>3</sup> El líquido utilizado generalmente es agua y los valores de DR siempre serán mayores que los de DA, porque solo se toma en cuenta la masa y el volumen de los sólidos (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Como se puede observar en el cuadro 10, la densidad real aumento en los 4 tratamientos, teniendo valores de presiembra que van desde 2.27 gr/ml a 2.5 gr/ml, mientras que en la poscosecha se registraron valores dentro del intervalo de 4.03 gr/ml a 3.99 gr/ml.

Conocer los valores de DR nos permite calcular la porosidad total del suelo, la concentración de los sólidos suspendidos en una solución y la velocidad de cimentación de las partículas en líquidos o gases (Henríquez y Cabalceta, 1999).

### 7.6.3 Porosidad

La porosidad del suelo se refiere a todo el espacio que no está ocupado por materia sólida, independientemente de si este espacio está ocupado por agua o por aire al momento de muestrearse; puede expresarse en porcentaje o en fracciones menores a uno (Henríquez y Cabalceta, 1999). La determinación de la porosidad de un suelo nos ayuda a entender mejor la dinámica de el flujo y retención de agua y calor de los suelos (Abad-Fitz, 2003).

Los resultados obtenidos en la presiembra y poscosecha para esta variable, fueron:

**Cuadro 11.** Resultados de los análisis edáficos de porosidad de las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

PRESIEMBRA				
Porosidad	Profundidad 0-30 cm			
Muestra suelo	1- 96	2- 97	3- 98	
%	53%	50%	50%	

POSCOSECHA				
Porosidad	Profundidad 0-30 cm			
Tratamientos	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
%	72%	71%	71.5%	71.5%

<sup>4</sup>Este aumento concuerda con Rusell (1978), ya que menciona que se debe registrar un incremento en la porosidad al aplicar abonos orgánicos, debido a que se adiciona materia orgánica al suelo, por lo que favorece la formación de agregados estables al agua y con ellos se incrementa la porción de poros.

#### 7.6.4 pH

Es una de las características químicas edáficas más importantes debido a su relación con la fertilidad, las poblaciones de microorganismos y con algunos parámetros físicos; es una característica de la solución del suelo y que depende de la concentración de iones hidronio ( $H^+$ ) e hidroxilo ( $OH^-$ ), ya que la proporción y distribución de estos iones en el suelo determinara el grado de acidez o alcalinidad del mismo, siendo ácido si hay mayoría de  $H^+$  y alcalina si hay mayoría de  $OH^-$ , (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Cuando los suelos presentan valores de pH iguales o menores a 5.5 presentan problemas para los productores, ya que, a este pH, los suelos se acidifican y comienzan a solubilizar elementos que pueden llegar a ser tóxicos para los cultivos; mientras que a pH cercanos a la neutralidad (6.0 y 6.5, medidos en  $H_2O$ ), se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes (Abad-Fitz, 2003).

En la medición del pH, podemos dividir la acidez de reserva y la activa, dependiendo de la solución que sea utilizada. Cuando se utiliza una sal neutra como el KCl, se desplaza una mayor cantidad de iones ácidos que cuando se mide utilizando agua y tiene la ventaja evitar la dispersión del suelo, intentando igualar el contenido salino original del mismo (Marín *et al.*, 2000); es así, que el KCl extrae una acidez de reserva por lo que sus valores son siempre menores a los obtenidos con agua, que extraen la acidez activa (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Los resultados obtenidos para esta variable se concentran en el siguiente cuadro:

---

<sup>4</sup> El cuadro 11, muestra que los datos de porosidad de la presiembra oscilan entre 50% y 53%, mientras que en la poscosecha este parámetro aumenta, mostrando datos que va desde 72% a 71%.

**Cuadro 12.** Resultados de determinación de pH en dos soluciones: H<sub>2</sub>O y KCl, para las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla para los periodos presiembra y poscosecha.

PRESIEMBRA		
Muestreo edáfico	H <sub>2</sub> O (pH)	KCl (pH)
<b>Presiembra</b>		
<b>Muestra suelo</b>		
1. 96	6.49	6.03
2. 97	5.72	6.09
3. 98	5.42	6.09

POSCOSECHA				
PH	Profundidad			
	0-30 cm			
Tratamientos	T1 (minerales)	T2 (composta 1)	T3 (composta 2)	T4 (bionitro)
H <sub>2</sub> O (pH)	6.43	6.34	6.3	6.48
KCl (pH)	5.91	5.56	5.35	5.93

5

<sup>5</sup> En el cuadro 12, se muestran los valores de pH obtenidos en la presiembra, y van desde 5.42 a 6.49 en H<sub>2</sub>O y en KCl los valores oscilan entre 6.03 a 6.09. Durante la poscosecha, el pH en H<sub>2</sub>O mostro valores desde 6.3 a 6.48, mientras que en KCL los valores oscilan entre 5.35 a 5.93. Lo cual indica que durante la presiembra los valores de pH de este suelo son neutros, conservando ese rango hasta la poscosecha, de acuerdo con Prasad y Power (1997). El pH óptimo de estos suelos debe oscilar entre 6.5 y 7.5 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables.

### 7.6.5 Materia orgánica (%M. O.), % Carbono (%C) y % Nitrógeno (%N)

La MO favorece el movimiento de agua y aire; da estabilidad a la estructura del suelo; disminuye la densidad aparente, la plasticidad y la cohesión del suelo, favoreciendo el desarrollo de microorganismos simbióticos (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Existe una íntima relación entre la cantidad de materia orgánica y la disponibilidad de carbono del suelo; este elemento es considerado el pilar básico de la química orgánica y por lo tanto es vital para el desarrollo de los seres vivos; está presente en el proceso de respiración de las plantas y las ayuda a formar y desarrollar sus estructuras vegetales (Jaramillo, 2005).

La disponibilidad de los compuestos nitrogenados de los fertilizantes químicos no es muy segura, ya que su eficiencia de aplicación puede disminuir hasta en un 50%, por lo que es más factible, fertilizar orgánicamente para agregar materia orgánica y permitir que el proceso natural de descomposición incorpore los compuestos nitrogenados al suelo, más lentamente, pero con una disponibilidad de nutrientes más constante con respecto a los fertilizantes químicos (Castellanos *et al.*, 2000).

Otra alternativa es la inoculación de microorganismos fijadores de nitrógeno, con ayuda de los llamados biofertilizantes, para favorecer el proceso de simbiosis y fijación de nitrógeno, que además de representar una ventaja económica por la disminución de dosis de nitrógeno que se deben aplicar, también puede ser utilizada para la recuperación de suelos degradados al aumentar la microflora y macrofauna de estos mismos (Castellanos *et al.*, 2000).

**Cuadro 13.** Resultados de los análisis edáficos de (% M. O.), (% C), (% N) de las muestras de suelo de la parcela experimental de Tochimilco, Puebla.

PRESIEMBRA				
Profundidad				
0-30 cm				
Muestra suelo	Materia	Orgánica	Carbono %	Nitrógeno %
	%			

<b>1. 96</b>	1.85	1.07	0.046
<b>2. 97</b>	1.04	0.603	0.026
<b>3. 98</b>	2.08	1.20	0.052

#### POSCOSECHA

Profundidad 0-30 cm			
Tratamientos	Materia Orgánica %	Carbono %	Nitrógeno %
<b>T1 (minerales)</b>	4.54	2.63	0.113
<b>T2 (composta 1)</b>	3.96	2.29	0.098
<b>T3 (composta 2)</b>	3.77	2.18	0.094
<b>T4 (bionitro)</b>	4.11	2.38	0.102

<sup>6</sup>El comportamiento de los niveles de carbono es proporcional a los de materia orgánica, ya que metodológicamente se utilizan los valores de esta para calcular el % carbono. Se puede observar un aumento significativo en la materia orgánica y de acuerdo con (Porta *et al.*,2003).

---

<sup>6</sup> En el cuadro 13, se muestran los valores de materia orgánica entre 1.04% a 2.08%, carbono con 0.603% a 1.20.% y nitrógeno desde 0.026% a 0.052%, obtenidos durante la presiembra. Los siguientes datos se obtuvieron durante la poscosecha, con contenido de materia orgánica desde 3.77% a 4.54%, carbono con 2.18% a 2.63% y nitrógeno desde 0.094% a 0.133%. A diferencia de la presiembra, el mayor contenido se registró en el tratamiento 1(minerales) y el menor contenido de estos, en el tratamiento 3(composta 2).



## VIII. CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos orgánicos y el tratamiento con minerales; siendo mayor los rendimientos registrados para Tratamiento 1 (minerales) y tratamiento 2 (composta 1) con respecto al tratamiento 3 (composta 2), Tratamiento 4 (bionitro).

El mayor rendimiento de amaranto se obtiene con plantas de altura superiores a los 144.1 cm, panojas de longitud superior a los 45.88 cm y diámetro de panoja superior a 8.37 cm.

El menor rendimiento del cultivo refleja plantas de tamaño pequeño, es decir, alturas inferiores a 1.30 cm, donde se puede observar que el tamaño de la inflorescencia es directamente proporcional a la altura de la planta.

El T2 (composta 1), el T3 (composta 2) y la T4 (bionitro) arrojaron diferencias estadísticamente significativas al compararlos con T1 (minerales) por lo que concluimos que el abonado orgánico realizado con cualquiera de estos fertilizantes es adecuado para el cultivo del amaranto.

La unidad de suelo donde se realizó este trabajo fue cambisol, mismo que también ocupa la mayor parte de la zona amarantera del estado de Puebla, por lo que se concluye que los cambisoles son suelos aptos para el cultivo de amaranto si se siguen las practicas adecuadas de fertilización.

Los resultados de los análisis de las variables botánicas altura de planta, altura de panoja y diámetro de panoja arrojaron diferencias significativas para cada tratamiento orgánico; Los tratamientos T1 (minerales) y T4 (bionitro) registraron las plantas más altas con 144.1 cm y 146.25 cm respectivamente y también las alturas de panoja más altas, con 45.88 cm y 47.58 cm; mientras que T2 (composta 1) y T3 (composta 2) registraron los diámetros de panoja mayores con 12.28 cm y 10.395 cm respectivamente.

En cuanto a las características edáficas, los resultados de los análisis realizados a las muestras de suelo de los periodos presiembra y poscosecha no mostraron diferencias significativas en

las características físicas: color, densidad aparente; pero en densidad real y porosidad hubo un incremento al aplicar abonos orgánicos-mineral.

Generalmente los suelos con estos colores denotan suelos con adecuada ventilación, buena actividad microbiológica y en general aptos para diversos tipos de cultivo

En cuanto a las características químicas: pH fue óptimo para las cosechas, mientras la materia orgánica, carbono y nitrógeno es proporcional para un desarrollo del cultivo.

Este trabajo se realizó con el fin de una revisión y análisis de literatura con la intención del uso potencial de los abonos orgánicos en la agricultura, considerando no solo la capacidad de estos materiales para proporcionar materia orgánica y nutrimentos al suelo, sino también la capacidad para controlar plagas, enfermedades y maleza.

La producción agrícola en los sistemas convencionales utiliza primordialmente fertilizantes químicos para proporcionar a las plantas los nutrimentos necesarios. Sin embargo, tal práctica tiene efectos colaterales negativos de contaminación y degradación del suelo, los cuales se hacen más graves con la excesiva mecanización de la agricultura.

Derivado de ello, en la actualidad es necesario encontrar alternativas más sustentables para fertilizar los cultivos; y una de las alternativas con mayor potencial son los abonos orgánicos manteniendo así todas sus propiedades naturales de los cultivos; Ya que estos son más económicos, fácil producción, no contaminan, se conservan los suelos e inherentes al cuidado del medio ambiente y salud humana, este trabajo se realizó con este fin.

#### IV. LITERATURA CITADA

- Abad-Fitz, I.. 2003. Efecto ecoclimático y fertilización orgánica en la producción de amaranto en un Andosol. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Mor.
- Abawi O. S. y H. O. Thurston. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. Una revisión. In: Tapados. Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE- CIIFAD. Ithaca, NY, USA. pp: 97 -108.
- Alejandre, I, G.; Valdés, L. C. G. S. y García, P. J. 2012. Selección y adaptación de variedades criollas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) en el Noreste de México. En: Espitia Rangel (ed.), Amaranto: Ciencia y tecnología. Libro científico No. 2. INIFAP/SINAREFI. México. 249-256 pp.
- Alvarado, M. S.V. y De la Rosa, T. L. 2007. Tecnología de producción orgánica de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en el municipio de Atzizihuacán, Puebla. Proyecto de producción orgánica de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en los municipios de Atzizihuacán y Tochimilco, Estado de Puebla. SADI S.C. Mexico.
- Arredondo V., C. 1996. Aplicación de estiércol bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal. p. 194. In: Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Ayala, G. A. V.; Rivas, P.; Cortes, E. L.; de la O, O. M.; Escobedo, L. D. y Espitia, R. E. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. Ciencia Ergo Sum. 21 (1):47-54.
- Barrales, D. J.; Barrales, E. y Barrales, E. 2010. Amaranto. Recomendaciones para su producción. Universidad Autónoma Chapingo. Plaza y Valdés y Fundación Produce Tlaxcala. México D. F. 16 p.

- Beltrán, S. J.A. 2005. Producción de amaranto *Amaranthus hypochondriacus L.* fertilizado con gallinaza en Huazulco, Morelos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- Biodiversidad Agrícola (2008) Fundación Biodiversidad-Ciudad autónoma de buenos aires (en línea). Consultado el 05 de junio del 2008. Disponible en [http://ecodigital.com.or/biodiversdad % 20folder/bioagricola.htm](http://ecodigital.com.or/biodiversdad%20folder/bioagricola.htm).
- Brown, L. R. Facing food insecurity. State of the World. Earthcan Publications Ltd. Londres. 1994, p. 110-131.
- Castellanos R., J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J. Z., Uvalle-bueno,J.X y Aguilar-santelises,A. 2000. Manual de interpretación de análisis se suelos y Aguas. Instituto de capacitación para la productividad agrícola.INICAPA. Celaya,Guanajuato. Mexico. 226 p.
- Castillo, G. C. 2005. Efecto de la aplicación de la gallinaza en el cultivo del amaranto *Amaranthus hypochondriacus L.* en el campo experimental CBTa no. 39 de Temoac, Morelos. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- Chagaray A. (2005). Estudio de factibilidad del cultivo de amaranto, Gobierno de la Provincia de Catamarca, pp- 1-28.
- Dobermann, A. Site-specific nutrient management for intensive rice cropping systems in Asia. Field Crop Res., 2004, vol. 74, p. 37-66.
- Eibner, R. 1986. Foliar fertilization, importance, and prospects in crop production. pp. 3-13. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

- Espitia, R. E., *Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de Amaranthus sp.*, Tesis profesional, División Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, 1986.
- Espitia-Rangel, E. (ed.) (2012), *Amaranto: ciencia y tecnología*, México, inifap/sinarefi, p. 354 (Libro Científico núm. 2)
- Espitia-Rangel, E., C. Mapes-Sánchez, D. Escobedo-López et al. (2010), *Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México*, Celaya, inifap-Centro de Investigación Regional Centro, p. 201.
- Estrada, L. A.; Sahagún, C. S.; Muruaga, M. J. S.; Hernández, C. J. M. y Vargas, V. M. L. 2006. *Guía para la producción de amaranto en el Distrito Federal*. INIFAP. SAGARPA. México. Folleto para productores Núm. 16.
- García, E. L. 2000. *Evaluación de gallinaza y urea sobre la producción de amaranto en Atzizihuacán, Puebla*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- González, J.A.K. 2007. *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto a diferentes fechas de siembra con fertilización orgánica en Temoac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- Granjeno, C.A., *Distribución y taxonomía del género Amaranthus en el estado de Morelos*, tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 1993.
- Henríquez Henríquez, C., & Cabalceta Aguilar, G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola* (No. 631.43 H519). Universidad de Costa Rica, San José (Costa Rica). Escuela de Fitotecnia.

Huerta-Ocampo, J. A. y A. P. Barba de la Rosa (2012), “Caracterización bioquímica y estructural de las proteínas de reserva de amaranto”, en E. Espitia-Rangel (ed.), *Amaranto: ciencia y tecnología*, México, inifap/sinarefi, pp. 293-302 (Libro Científico núm. 2).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010.

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

Labrador, M, J., 2001. La materia orgánica en los agracosistemas. Grupo Mundi-prensa España. P 11-13, 124, 169.

Manual de la producción química y orgánica del cultivo de amaranto en el estado de Morelos, 2012.

Marín G.,M. Aragón R., y C. Gómez B.2000. Análisis químicos del suelo y agua: manual de laboratorio. Editorial Universidad politécnica de Valencia. Valencia, España.

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

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

Morales, P. J., D. J. Granados S. Y J. Martínez H. 1989. Respuesta del amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus L.*) a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del estado de Tlaxcala En: trinidad, S. A., F. Gomez-Lorence y G. Suarez R. (comp.). El amaranto (*Amaranthus spp.*). Su cultivo y su aprovechamiento. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. P. 152-174.

- Nieto G A, Murillo AB, Troyo DE, Larrinaga MJ, JL García H (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum L.*) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéquez, E., Beltrán-Morales, A., Ruíz-Espinoza, F. H., & García-Hernández, J. L. (2010). Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica*, 69.
- Ocampo, L.I.E. 2003. Respuesta de diferentes dosis de fertilización orgánica (gallinaza) en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) en Huitzilac, Morelos. Tesis
- Oliver, R. G, M. Taboada, S., E. Morales, M. Rojas M. 2000. Producción de amaranto con fertilización orgánica en Axochiapan, Morelos. México 30° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Veracruz, Veracruz.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2010.
- Palm, C., Swift, M. y Barois, I. Un enfoque integrado para el manejo biológico de los suelos. En: Memorias del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Varadero. 2001.
- Payán, Z. F. YF. De León G. 1999. Producción de amaranto organico: *Amaranthus hypochondriacus L.* con adición de cinco dosis de composta de residuos vegetales municipales. Amaranto: cultivo promisorio para el siglo XXI. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 224p.
- Peralta, E., Villacreces, E., Rivera, M., & Subia, C. (2008). El Ataco, Sangorache o Amaranto Negro en Ecuador. (INIAP, Ed.) Quito: TECNIGRABA.
- Porta, C. J., López, R. M. A., y Roquero, D. L. C. (2003). *Edafología: Para la agricultura y el medio ambiente* (3a. ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 960 pp.
- Power, J. F., & Prasad, R. (1997). *Soil fertility management for sustainable agriculture*. CRC press.

- Rastogi, A. y S. Shukla (2013), "Amaranth: A new millenium crop of nutraceutical values", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:109-125.
- Robertson, K.R. 1981. The General of Amarantaceae in the south eastern United States. *Journal of The Arnold Arboretum* 62 (3): 267-314.
- Rojas, M. M. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de amaranto *Amaranthus hypochondriacus L.* en el campo experimental de la UAEM. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- Rojas, T. (1991), "La agricultura en la época prehispánica", en T. Rojas (coord.), *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días*, México, Conaculta/ Grijalbo, pp. 15-138.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (SAGARPA), 2007. *Abonos Orgánicos*. En: *Sistema de Agronegocios Agrícolas*.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria, 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>.
- Soriano, J.; Reyes, R.; Guerrero, I.; Ponce, E.; Escalona, H.; Almanza, J.; Díaz, G. and Román, R. 2015. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory activity of protein hydrolyzates from *Amaranthus hypochondriacus L.* grain and their influence on postprandial glycemia in streptozotocin-induced diabetic mice. *Afr. J. Trad. Compl. Altern. Med.* 12(1):90-98.
- Taboada Salgado, M. (2004). *Cultivos alternativos en México* (No. 635.0972 C8).
- Taboada, M., Oliver, G., Granjeno, A., Bahena, M. 1999. Amaranto: cultivo altamente sustentable en el Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
- Taboada, M.A. y Álvarez, C.R. (2008). *Introducción a la fertilidad física*. En: MA Taboada, CR Álvarez (Eds). *Fertilidad física de los suelos*. Editorial Facultad de Agronomía: p. 1-8.



- Taboada, S. M., Oliver, G. R., y Ocampo, E. L. 2002. Fertilización orgánica en cultivos alternativos: gallinaza-amaranto, un estudio de caso. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Ciencias ambientales y I Congreso Internacional de Ciencias Ambientales. Tijuana, B. C., México (CD).
- Trinidad, S. A.; Gómez, L. F. y Suárez, R. G. (1990). *El amaranto (Amaranthus spp.) su cultivo y aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. p. 577.
- Vázquez B., N. 2011. Abonos orgánicos y su efecto en el rendimiento y desarrollo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en el Municipio de Tochimilco, Puebla. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. 63 pp.
- Wardle, D. A. *Communities and Ecosystems: Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press. 2003, 320 p.
- Worthen, E. L. y S. Aldrich. R. 1980. *Suelos Agrícolas, su conservación y fertilización*. Edi. UTEHA. México, D. F. 416 p.



Cuernavaca, Morelos a 20 de enero de 2022

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**P R E S E N T E.**

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: ROSA MARIA DEL CARMEN SOTELO LINOS, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.) APLICANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MINERALES EN TOCHIMILCO, PUEBLA, MÉXICO.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación Profesional por Etapas como lo marca el artículo 33º del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**ATENTAMENTE**  
*Por una humanidad culta*

JURADO REVISOR	FIRMA
PRESIDENTE: M. EN C. MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO	_____
SECRETARIO: M. EN C. MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO	_____
VOCAL: M. EN M.R.N. DENISSE ACOSTA PEÑALOZA,	_____
SUPLENTE: BIOL JUSTINA LETICIA PEÑA CAMACHO	_____
SUPLENTE: BIOL. ANDREA ELIZABETH GRANJENO COLIN	_____

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRONICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**DEBESSA ACCESIA HERNANDEZ** | Fecha:2022-01-20 14:03:32 | Firmante

A+ngZD+wdQZLrT8seHg20d9gLMUR0M5DcdDR9H KoaJozom71kCLUkkLz2R5XQwEEBcd8A8yZDhCe5LcQjRDvscQbPPFP3vDCqR5KQFwWB1HeEvrskW0/1Yk7F+NykgJ6hEmxakQZcEPPYseNHraDq3MhdNLLU7eYYTHqpe7aQvccwUE3aughID0Xy1a8W11h58Dey2CoL7BUI7TLgHAFPRVka6xyT7WqKae7pQucd0ysehfrU8Y5eZC8X+3+dvr8F+7kmoHscuK8A0fNA40a6TtHJgr+Dwkd3yV8B1kPLBqjV9xGaE8S13kzYBQz3nyDAuLWkQ==

**JUSTINA LEFIGA TERESA CAMACHO** | Fecha:2022-01-20 16:02:34 | Firmante

DJhV2bc+HJAG8HjQDq5XQJ6842cAj+99AunR9HUMzstq7Ac20meTukK/p0498AHy5aa5GzPaREZ8eAgDyVDecQPcwhHUsq7+78MzqZcr+BLN08La7hC2bc3k89mmfDx8CnQGV8UCyM28q6wRafNJRtdCjkeuz5gXSEFC8epqD8wGDvQwaQZ54jdtLUFUPNMFZ8wA713yR64R6kaDRyLMBW8v22c2K07HG4TC8WV7H+e48XUgAF+8DQJwQpZFP48UBKFlcd8nGhD0wM8MwGsmKxarw7mbZcHKPFY84J7TkaTysCQx86dkGaucDvA==

**MAISA IDALIA CUEVAS SALCADO** | Fecha:2022-01-20 16:48:44 | Firmante

DNXLFeIAK8aacFNo3gXm0wdTX+auAaK8m7WED3mD+58XzL5yadC08prW8mJncKJduqYwcvV6V+PpDL7EMVskSFdewT7u65wH8fr55QDNg8UJpccdBFPQzPDEQvz552Nly2pLUN7+vc4ECC8wawAW0N7kkoVunF0KficsB1RtImhyDNBD4q88PQ2bNHjsZBwckrVuuAOKP0LzooAurRUI89K7Wd0K+Hh3xqN0c54Hw85m00a0y7pGkuAeGMOdEyk7heq9DQMF3gXQbGQyXMaDFA1saDymaH3W+e4e1xDRLZV83mL8ab6CnyCKYX4jsZJgg8a7BRcdQ==

**ANDREA ELIZABETH GARRUENO COLIN** | Fecha:2022-01-20 21:20:54 | Firmante

M2sxT37884DLNH8Wx03yRfVwaukR7MAupAQLE8SC8ghKCaE8PMAz3MF7vP9F7P+M3puhN2qggayZ3NcL45E8MjTELymR0Q58Uoaq6L28K8jaXG5CTH4URLGlaMAHWhUab8yHhEP558P52getnyo3z14WxmLKudLaVP4VvpKw4n7rBUFiga+4Cy8m2LkQp3waUqTjQa8c123Lpa7NSe2Y85FTABjR28Lp8Hmej0+88pAYD3Cw57U+acTz5VtG9DcCetV00mLFB45a8kQZ5e85m48zckVfubq11Lae5+HGcdyNoRan6XVXyVnT8iE8Xmf==

**MAISA EUGENIA BARENA CALINDO** | Fecha:2022-01-21 12:35:23 | Firmante

LzQc55YA00uaa48KAAsG7H2k+uNDI8WJY7r83M8VazmpuNFmj(WVY)JasYdWVEyD7WwLqXAP8HjN18DxaD+cDDIY85fmrwYLSU+mekuK0Cv2y0YkFzMYW80QJLxm9zR8z8VMBsqPwCCDFx1+4Yc3GBFpRLLOzVpYgTsd837yDz2kPkDLKR8P7W8k08e54c6X8HzLz8m5aw2J05w8g8aa5yVD1P6XcXTDUGAozf7UvckjYae1SUAoKEjwY1L2LUnqFv888gplLU7Y9hOK0nq08xAd8CQ3yJcP8auND918y0M8+Yq082cQ==

¡uede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



8F-Aa8aNuC

<https://firma.uaem.mx/ver/pu8o/8w/AVCvFyqjng3TAqZUN77Xj8NBv>