



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

TESIS

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA CON COMPOSTA DE RESIDUOS BIOLÓGICOS Y
BIODIGESTOR, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea Mays L.*) EN TEMASCALTEPEC,
MÉXICO

QUE PRESENTAN:

OSCAR DE JESÚS CARDOSO MARTÍNEZ

JUAN JOSÉ ESCOBAR ROJAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ

ASESORES DE TESIS:

DR. GERMÁN GÓMEZ TENORIO

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ

TEMASCALTEPEC, MÉXICO, NOVIEMBRE, 2019.

RESUMEN

Para reducir el costo de producción en maíz y conservar el ambiente, es necesario sustituir o complementar la fertilización química con biofertilizantes y algunos tipos de abonos. El presente trabajo evaluó la producción de maíz (*Zea mays L.*) en Kg de forraje/ha, las características físicas (color, textura, densidad aparente) y las características químicas (pH, Materia Orgánica, Densidad real, presencia de minerales) del suelo (N,P,K).

El estudio se estableció en la localidad de Telpintla, Temascaltepec, México. Se utilizó maíz híbrido Tornado® para la siembra lineal, con 8 semillas por metro y distancia entre surcos de 0.75 m, en parcelas de 50 m² (5 m X 10 m) utilizando para su fertilización T1=Fertilización tradicional, T2=Fertilizante químico balanceado, T3= Fertilización balanceada más abono orgánico y T4= Composta + biofertilizante), con 5 repeticiones, bajo sistema de temporal (en época de lluvias).

Se utilizó un análisis de X² para las variables de pH, MO, CO; y un análisis de varianza (ANDEVA) para reportar las variables de NO₃, PO₄, K y las productivas. Los valores de pH en general para todos los tratamientos resultaron cercanos al 7, La cantidad de MO resultó con porcentajes de 4.0 % el más bajo (QF) y de 5.0 % para el más alto (CB), se encontraron los valores más altos de NO₃ para el tratamiento de Composta con Biol (77.0 mg kg⁻¹); en cuanto al Fósforo, el tratamiento de Químico Formulado, reportó la mayor concentración (55 mg.kg⁻³) y Potasio de (1.5 mg.kg⁻³).

La producción de forraje/ Ha. resultó mayor (93.65 ton) para el tratamiento de Químico formulado combinado con composta, y menor para la composta combinada con biol (73.07 ton).

La inclusión de abonos orgánicos en la siembra de maíz bajo estas condiciones no refleja un beneficio en la producción (forraje-mazorca), sin embargo, los parámetros químicos del suelo tienen incrementos benéficos a largo plazo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. JUSTIFICACIÓN	18
III. OBJETIVOS.....	20
3.1. Objetivo General	20
3.2. Objetivos específicos.....	20
IV. HIPÓTESIS	21
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
5.1. Antecedentes	22
5.1.1. <i>Cultivo de maíz</i>	22
5.1.1.1. <i>Descripción de la planta</i>	23
5.1.1.2. <i>Adaptación</i>	24
5.1.1.3. <i>Suelo</i>	24
5.1.1.4. <i>Agua</i>	25
5.1.1.5. <i>Nitrógeno</i>	26
5.1.1.6. <i>Fósforo</i>	27

5.1.1.7.	<i>Potasio</i>	28
5.1.1.8.	<i>Fertilización</i>	28
5.2.	Sistemas de producción agrícola	29
5.2.1.	Sistemas de Producción Agrícola en México	29
5.2.2.	<i>Situación del maíz en México</i>	30
5.3.	Fertilización	35
5.3.1.	<i>Fertilización química</i>	35
5.3.2.	<i>Fertilización orgánica</i>	37
5.3.3.	<i>Fertilización biológica</i>	39
5.4.	Abonos orgánicos	40
5.4.1.	Abonos Orgánicos de residuos biológicos composteados.....	42
5.4.2.	Estiércol de bovino	43
5.4.3.	Bioestimulantes.....	45
5.4.4.	Biofertilizante líquido	46
5.4.5.	Biofertilizante acelerado	47
5.4.6.	5.2.6. Abono sólido acelerado.....	49
5.4.7.	5.2.7. Empleo de hongos y micorrizicos arbusculares (Ma) y Rizobacterias 49	
5.5.	Efecto en las propiedades físicas del suelo	51
5.6.	Efecto en las propiedades químicas del suelo	53
5.7.	Efecto en las propiedades biológicas del suelo	53
5.7.1.	Tecnología para el tratamiento de excretas	54

5.7.1.1.	<i>Tratamiento físico</i>	54
5.7.1.2.	Tratamiento químico	55
5.7.1.3.	Tratamiento biológico	56
5.7.1.4.	Tratamiento anaeróbico	56
5.7.1.5.	Tratamiento Aerobio	57
5.8.	Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995	58
5.9.	Norma Técnica estatal ambiental (NTEA)-006-SMA-RS-2006	59
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	61
6.1.	Ubicación	61
6.2	Área experimental	61
6.3.	Metodología.....	62
6.3.1.	Tratamientos.....	62
6.3.2.	Análisis de suelo.....	69
6.3.1.1.	<i>Análisis físicos</i>	69
6.3.2.2.	<i>Análisis químicos</i>	71
6.3.2.3.	<i>Producción de maíz (Zea mays L.)</i>	73
6.4.	Diseño experimental.....	77
6.5.	Análisis estadístico	77
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
7.1.	Caracterización física	78
7.2.	Características químicas	81
VIII.	CONCLUSIONES.....	88

IX. RECOMENDACIONES	89
X. REFERENCIAS CITADAS	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Elementos nutritivos necesarios para el maíz.....	26
Cuadro 2. Distribución geográfica de los sistemas de producción de maíz sin competitividad en la república mexicana.....	32
Cuadro 3. Distribución geográfica de los sistemas de producción de maíz con ventajas comparativas en la republica mexicana.....	34
Cuadro 4. Composición química de los biofertilizantes acelerados.....	48
Cuadro 5. Medición de pH en los biofermentos acelerados a partir de estiércol porcino.....	49
Cuadro 6. Efecto de 4 años de aplicación continua de estiércol vacuno sobre algunas características físicas del suelo.	52
Cuadro 7. Arreglo de los tratamientos experimentales.	68
Cuadro 8. Análisis de los componentes utilizados en el experimento.	78
Cuadro 9. Densidades y color de las muestras analizadas.	78
Cuadro 10. Características químicas de los sustratos.....	81
Cuadro 11. Características químicas de los tratamientos	81
Cuadro 12. Producción de forraje verde.....	84
Cuadro 13. Análisis de X^2 para el contenido de Materia Seca (MS).....	85
Cuadro 14. Análisis de X^2 para el contenido de Humedad (H)	85
Cuadro 15. Análisis de X^2 para el Potencial de Hidrógeno (pH)	85
Cuadro 16. Análisis de varianza para peso de la mazorca (kg).....	86
Cuadro 17. Análisis de varianza para peso de la planta (kg).....	86
Cuadro 18. Análisis de varianza para peso de la mazorca más la planta (kg).....	86

Cuadro 19. Análisis de varianza para la cantidad de forraje / cuadrante (kg)	86
Cuadro 20. Análisis de varianza para la cantidad de forraje / cuadrante (kg)	87
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable Nitritos (NO_3)	87
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable Fosfatos (PO_4)	87
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable Potasio (K)	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del experimento.....	61
Figura 2. Área experimental	62
Figura 3. Alineación y trazado de surcos para establecimiento	63
Figuras 4 y 5. Composta de residuos orgánicos etapa inicial.....	65
Figura 6. Composta de residuos orgánicos en descomposición	66
Figura 7. Composta de residuos orgánicos etapa final.....	66
Figuras 8 y 9. Biodigestor en la Granja “Las Pulgas”	67
Figura 10. Arreglo de los tratamientos experimentales.....	68
Figuras 11 y 12. Muestras en el Laboratorio secadas a temperatura ambiente.....	69
Figura 13. Tamizado de muestras de suelo.....	70
Figura 14. Determinación de color en laboratorio	71
Figuras 15 y 16. Determinación de pH de las muestras de suelo.....	72
Figuras 17 y 18. Determinación de minerales en laboratorio	72
Figuras 19. Alineación para la siembra	73
Figura 20 y 21. Delimitación del área experimental	73
Figura 22. Delimitación de tratamientos en la parcela.....	74
Figura 23. Producción de maíz en etapa fenológica media.....	75
Figura 24. Toma de muestras de mazorcas para pesado.....	75
Figura 25. Pesado de mazorcas en laboratorio.....	76

II. JUSTIFICACIÓN

La producción agropecuaria tiene profundo efecto en el medio ambiente, en conjunto, son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases, responsables del efecto invernadero (metano y óxido nitroso), y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua.

Sin duda el uso de fertilizantes químicos en el suelo afecta al ambiente a través de la lixiviación y volatilización del nitrógeno. Las fuentes químicas nitrogenadas tienen graves consecuencias en los cultivos y en la salud en general.

Ante el reto de la seguridad alimentaria, el cambio climático y la conservación del recurso suelo, conseguir una agricultura más productiva y resiliente requerirá una mejor gestión de los recursos naturales, como el agua, el suelo y los recursos genéticos a través de prácticas como la agricultura de conservación, la nutrición integrada y la conservación de materia orgánica, el manejo integrado de plagas y enfermedades y la agroforestería.

La transformación de la agricultura está siendo fomentada por la FAO y otros socios por medio de la llamada "Agricultura Climáticamente Inteligente", que de forma sostenible incrementa la productividad y la resiliencia (adaptación) y reduce /elimina los gases de efecto invernadero (mitigación).

El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria o silvoagropecuaria, convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción. Desde el punto de vista medioambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la

reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos municipales, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación.

El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible.

El uso de abonos orgánicos, ha comprobado efectividad en las producciones agrícolas sin causar daño al suelo. El uso del compostaje proveniente de residuos biológicos, es una alternativa reciente para el manejo de los residuos resultantes de las granjas (animales muertos, placentas, etc.). Sin embargo, es también una propuesta como uso de materia orgánica para cultivos agrícolas, ya que se ha demostrado que no contiene agentes infecciosos para su utilización (Loza Medina, 2016).

El Presente trabajo tiene el objetivo de incorporar la composta de material biológico realizada en una granja porcícola en el municipio de Temascaltepec, Estado de México., en la producción de maíz (*Zea mays* L).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

1. Evaluar la utilización de composta de residuos biológicos y biodigestor como abono orgánico en la producción maíz (*Zea mays L*), en Temascaltepec, México.

3.2. Objetivos específicos

2. Evaluar la producción de maíz (*Zea mays L*) en Kg de forraje/ha.
3. Analizar las características físicas del suelo (color, textura, densidad aparente)
4. Analizar las características químicas del suelo (pH, Materia Orgánica, Densidad real, presencia de Nitratos).
5. Analizar las características minerales del suelo (disponibilidad de N,P,K).

IV. HIPÓTESIS

La fertilización orgánica con compostas y biodigestor, puede ser una alternativa para la producción de maíz (*Zea Mays L*), mejorando las características físicas y químicas del suelo.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Antecedentes

La creciente necesidad de abastecimiento de productos agrícolas para la alimentación y transformación en bienes de consumo por parte de la sociedad moderna ha suscitado un inmenso desarrollo de actividades agrícolas en las últimas décadas. Como resultado de ello, se ha percibido la necesidad de implementar métodos que permitan, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de los cultivos, mitigar efectos adversos sobre el suelo, disminuir la tasa de uso de fertilizantes químicos, aumentar las ganancias por área cultivada (Ciampitti *et al.*, 2007).

Por esta razón, la implementación de modelos de Agricultura Conservativa (AC) ha sido un eje fundamental de las prácticas agrícolas en el ámbito global (Benítez *et al.*, 2002). La AC se enfoca en disminuir los impactos adversos causados sobre el ambiente por las actividades agrícolas, incrementar rendimientos de los cultivos e implementar técnicas e insumos sostenibles.

5.1.1. Cultivo de maíz

Durante las últimas décadas, el cultivo de maíz ha presentado un incremento continuo en productividad, como resultado de un conjunto de prácticas de manejo implementadas entorno a la fertilización y la mejora de las tierras utilizando el modelo Agricultura Conservativa, junto con el progreso del mejoramiento genético de las semillas. Este incremento en productividad trae aparejado un aumento de la materia seca total y, en consecuencia, de la acumulación o absorción de nutrientes.

Es bien conocido que pueden obtenerse respuestas variables a la aplicación de macro y micronutrientes en los cultivos debido a diferencias en las condiciones climáticas (temperatura, precipitación), de suelo (temperatura, materia orgánica, textura), y prácticas de manejo (irrigación, densidad, arreglo espacial, fertilización), como así

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación

La localidad de Telpintla está situado en el Municipio de Temascaltepec, Estado de México, ligeramente hacia el sudeste de Toluca, en las coordenadas geográficas 100° 02' longitud Oeste y 19° 03' de latitud Norte y 1849 msnm.



Figura 1. Ubicación del experimento

El clima es semicálido sub-húmedo, con una temperatura promedio que va de 18 °C a 22 °C, y una precipitación que fluctúa entre 800 y 16'00 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010). Tiene una población de 391 habitantes.

6.2 Área experimental

El Rancho el potrero se dedica principalmente a la producción de leche y venta de semen, cuenta con una superficie aproximada de 120 Ha., con cabezas de ganado pardo suizo americano de registro, de las cuales destinan 8 para siembra de maíz.



Figura 2. Área experimental

6.3. Metodología

6.3.1. Tratamientos

Se utilizó maíz híbrido Tornado® para la siembra en parcelas de 50 m² (5 m X 10 m) para cada tratamiento, con 5 repeticiones cada uno. La siembra se realizó bajo sistema de temporal (en época de lluvias), y no se contó con sistema de riego.

El sistema de siembra fue de forma tradicional, es decir, la utilizada por el productor (en forma lineal, con 8 semillas por metro y distancia entre surcos de 0.75 m), de forma manual.



Figura 3. Alineación y trazado de surcos para establecimiento

Los tratamientos serán: T1 = Fertilización tradicional; es el tratamiento utilizado por el productor sin tomar en cuenta características del suelo y/o necesidades del cultivo. Serán utilizados como fuentes de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), fertilizantes químicos comerciales: Urea 46-00-00, Fosfato Diamónico (DAP) 18-46-00, Cloruro de Potasio (KCl) 00-00-60, en dosis de 180-90-40 Unidades por Ha, es decir, se utilizaron 314.76, 195.65, y 66.66 Kg, respectivamente.

T2 = Fertilización balanceada; se realizó un análisis de suelo para determinar los contenidos de macronutrientes presentes, así como características físicas y químicas y microbiológicas del mismo.

Fueron utilizados como fuentes de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), fertilizantes químicos comerciales: Urea 46-00-00, Fosfato Diamónico (DAP) 18-46-00, Cloruro de Potasio (KCl) 00-00-60, en dosis de 110-20-95 Unidades por Ha, de acuerdo con el balanceo entre los requerimientos del cultivo, tipo y características del suelo y contenido de N, P, K del mismo. Por tanto, se utilizarán 158.33, 43.47, y 200.39 Kg, respectivamente.

T3 = Fertilización balanceada más abono orgánico. El abono orgánico para este tratamiento consistió en composta de residuos biológicos (placentas, aparatos reproductores, animales muertos, sangre, etc.) proveniente de la granja "Las Pulgas". En esta se realiza el manejo de residuos biológicos en piletas, que se llenan de una capa de aserrín de 30 cm, y 15 cm de material residual, resultantes de la actividad de la producción (de manera uniforme y con partes seccionados en tamaños similares) (Loza Medina, 2017).

Los llenados se realizaron cada 8 días, con la finalidad de no acumular residuos. Los residuos son retirados al mes de la pila, y cambiados a la siguiente, para continuar con el proceso de "aireación", mientras la 1ª es llenada con nuevo material. Al final del ciclo (6 meses), el material fue recolectado para ser utilizado en el presente trabajo.



Figuras 4 y 5. Composta de residuos orgánicos etapa inicial





Figura 6. Composta de residuos orgánicos en descomposición



Figura 7. Composta de residuos orgánicos etapa final

El biofertilizante que se utilizó fue provisto de un biodigestor de tipo bolsa, instalado en la misma granja, el cual es alimentado con heces de cerdo de ciclo completo, localizada en Telpintla, Temascaltepec, estado de México, con una capacidad instalada de 100 vientres: 75 en gestación, 5 vacías, 20 lactantes, 1 semental.



Figuras 8 y 9. Biodigestor en la Granja "Las Pulgas"

T4 = Control biológico (composta y biofertilizante); será utilizado sólo composta de residuos biológicos antes descrita, en cantidades de 1 Kg por planta (Santos Cuadros, 2008).

Cuadro 7. Arreglo de los tratamientos experimentales.

No. de cuadrante	1	2	3	4	5
Tratamiento	QP	CB	QC	QF	QP
Tratamiento	CB	QP	CB	QC	QF
Tratamiento	QC	QF	QP	CB	QC
Tratamiento	QF	QC	QF	QP	CB

QP=Tratamiento Químico productor, CB= Tratamiento Composta+Biol, QB=Químico + Composta, QF= Químico formulado.
Fuente: elaboración propia con el diseño experimental.



Figura 10. Arreglo de los tratamientos experimentales.

6.3.2. Análisis de suelo

Al inicio y término del experimento (antes de la siembra y al término de la cosecha), se tomaron muestras de suelo para realizar análisis físico-químicos en el laboratorio de Suelos y Nutrición Animal del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Al inicio se utilizó una sola muestra de la parcela por la técnica de zig-zag; al final del experimento las muestras fueron tomadas y analizadas por tratamiento.

6.3.1.1. Análisis físicos

Las muestras de suelo fueron deshidratadas a temperatura ambiente y tamizadas por la malla de un 1 mm.



Figuras 11 y 12. Muestras en el Laboratorio secadas a temperatura ambiente



Figura 13. Tamizado de muestras de suelo

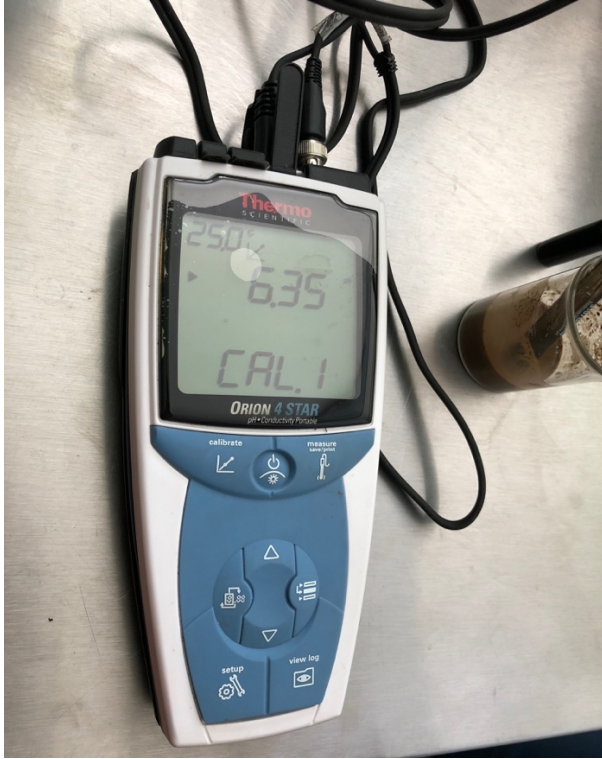
El color del suelo, fue determinado por la técnica de Munsell (Munsell, 1990) y la densidad aparente por el método de probeta, esta técnica utiliza el suelo seco al aire, molido y tamizado con malla de 2 mm, y luego se coloca una masa de suelo conocido en una probeta de 100 mL y luego de una serie de golpes se vuelve a pesar. Todas estas determinaciones corrigen la masa del suelo según la humedad de la muestra.



Figura 14. Determinación de color en laboratorio

6.3.2.2. Análisis químicos

Se determinó el contenido de nitrógeno (N), por el método Kjeldhal (1990), el contenido de Carbono Orgánico por el método de combustión húmeda de Walkley-Black (Chapman y Pratt, 1973), al igual que el contenido de Materia Orgánica, una vez obteniendo el contenido de Carbono orgánico, por el factor de corrección 1.724, relación C/N. La relación C/N, dividiendo los datos obtenidos de carbono orgánico y nitrógeno total. La conductividad eléctrica (CE) se midió con un conductímetro de bolsillo marca Hanna ®, tomando la lectura directamente de las pilas. Para la determinación del pH, se tomaron muestras de 10 g. del sustrato por bloque y se le añadieron 20 ml de agua destilada, agitada durante 10 min de forma manual con un agitador de vidrio y medido con un potenciómetro Oakton modelo 702-75, en el laboratorio del Centro Universitario UAEM Temascaltepec (Chapman y Pratt, 1973). La determinación de elementos mayores: P, K, se realizó mediante acetato de amonio y su lectura en un fotómetro multiparámetro HI83225 (Uvalle-Bueno 1993).



Figuras 15 y 16. Determinación de pH de las muestras de suelo



Figuras 17 y 18. Determinación de minerales en laboratorio

6.3.2.3. Producción de maíz (*Zea mays* L.)

Para determinar esta variable, se realizaron los cálculos necesarios para densidad de siembra y Kg de maíz/ha cosechados por tratamiento.



Figuras 19. Alineación para la siembra



Figura 20 y 21. Delimitación del área experimental



Figura 22. Delimitación de tratamientos en la parcela



Figura 23. Producción de maíz en etapa fenológica media



Figura 24. Toma de muestras de mazorcas para pesado



Figura 25. Pesado de mazorcas en laboratorio

6.4. Diseño experimental

Se utilizó un análisis de X^2 para las variables de pH, MO, CO; y un análisis de varianza (ANDEVA) para reportar las variables de NO_3 , PO_4 , K y las productivas con el programa estadístico Excel ® para los promedios de los tratamientos.

6.5. Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas fueron comparadas mediante prueba de Tukey ($p=0.05$) bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} representa la variable respuesta para cada tratamiento

(i); μ = media general;

B_i = efecto del j-ésima tratamiento;

E_{ij} = es el error aleatorio $\sim \text{NI} (0.05)$

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Caracterización física

Al inicio del experimento se tomaron muestras de los sustratos a utilizar y el resultado se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de los componentes utilizados en el experimento.

Parámetro	DR	DAp	Color	H
	g. cm ³			%
Suelo al inicio del experimento	2.38	0.840	Brown	60.0
Composta de residuos	1.56	0.209	Very Dark Brown	78.0
Cerdaza	1.44	0.269	Dark Brown	89.0
Biol	-	-	-	-

DR=Densidad real, DA=Densidad aparente, H=Humedad.

Fuente: elaboración propia con datos de laboratorio.

Al relacionar los parámetros físicos de los abonos utilizados, mediante el análisis de varianza, se muestran las siguientes medias.

Cuadro 9. Densidades y color de las muestras analizadas.

Tratamiento	DR	DAp	Color	H
	g cm ⁻³			%
Químico productor	1.480	0.878	4/4 Brown	53.22
Químico formulado	1.540	0.924	5/4 Yellowish brown	60.83
Químico formulado + composta	1.500	0.933	5/4 Brown	60.28
Composta + Biol	1.520	0.876	5/4 Brown	61.21

DR=Densidad real, DA=Densidad aparente, H=Humedad.

Fuente: elaboración propia con datos de laboratorio.

El color de los tratamientos resultó similar en el caso de la CB, QP, QFC, excepto el QF, que resultó con un color más amarillo.

El análisis de X^2 no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) para la densidad real ni aparente. La granulometría es importante porque determina el espacio poroso, la densidad aparente, la aireación y la capacidad de retención de agua. Las compostas que presentan tamaño de partículas entre 2.0 y 4.0 mm, rango que incluye a los mejores resultados para la composta de cadáveres utilizada realizados en un estudio anterior (Loza Medina, 2017), permite una buena retención y disponibilidad de agua y un contenido de aire adecuado. Cuanto más fino sea el material, mayor es la disponibilidad del agua por unidad de volumen para la planta. Handreck (1983) menciona que el tamaño de partícula entre 0.10 y 0.25 mm tiene mayor influencia en la porosidad y retención de agua. Una reducción del tamaño de partícula lleva a una disminución de la capacidad de aireación (Gruda y Schnitzler, 2004).

A medida que avanza el compostaje aeróbico, el tamaño de partícula se fracciona a causa de la descomposición de las partículas más grandes y de los procesos de descomposición microbianos. La descomposición aeróbica de los materiales orgánicos aumenta el contenido de partículas finas y disminuye los sólidos (Tarre *et al.*, 1987; Raviv *et al.*, 1998).

Para el presente estudio no fue posible medir el índice granulométrico, sin embargo, los resultados implican buena aireación de los materiales y una alta retención de humedad. Se observa que el tratamiento de composta más biol, es el que resultó con mayor retención de humedad, esto coincide con Rubio (1974), quien encontró que la adición de abono orgánico (estiércol o composta) incrementa la humedad disponible de los suelos que se humificaron en 10 a 20 %.

Un alto porcentaje de agua disponible provoca una disminución en el número de poros que influyen considerablemente en la aireación de materiales de origen orgánico; por lo tanto, una reducción en su proporción dará lugar a un deterioro del aire en la zona radical (Gruda y Schnitzler, 2004).

La densidad aparente es un parámetro importante en la manipulación y traslado de sustratos en las propiedades mecánicas como la porosidad, la fuerza y compactibilidad (Mohee y Mudhoo, 2005). Además, está relacionada con el contenido de humedad y el contenido de mineralización del suelo. También sirve de anclaje para las plantas, mientras más altas sean éstas, mayor densidad deberá tener el sustrato. El tratamiento de químico formulado, mostró la mayor densidad real (1.54 g cm^{-3}) y el químico formulado combinado con composta.

El espacio poroso está determinado por la densidad aparente, el tamaño y forma de la partícula, distribución de la partícula, y la disponibilidad del agua y aire en el sustrato (Raviv *et al.*, 1998). Un sustrato ideal presenta un espacio poroso total mayor a 85 %; el mayor espacio poroso lo representó el tratamiento de Químico formulado combinado con composta, con un 93 % y el menor con 87 %, el de composta con biol, (cuadro 4).

7.2. Características químicas

Se presentan las características químicas de los sustratos al inicio del experimento.

Cuadro 10. Características químicas de los sustratos

Tratamiento	pH	MO	NO ₃	PO ₄	K	CO
		%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Suelo inicial	6.68	2.92	1.50	0.80	3.00	3.43
Composta de residuos	7.00	97.08	5.00	50.0	0.93	37.47
Cerdaza	7.05	97.30	-	-	-	56.43
Biol	6.98	-	-	-	-	-

pH=Potencial de Hidrógeno, MO=Materia Orgánica, N=Nitratos, P=Fosfatos, K=Potasio, CO=Carbono Orgánico.
Fuente: elaboración propia con datos de laboratorio.

Cuadro 11. Características químicas de los tratamientos

Tratamiento	pH	MO	NO ₃	P	K	CO
		%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	%
Químico productor	6.96	4.20 ^a	6.00 ^a	19.0 ^a	1.00 ^a	2.43
Químico formulado	6.97	4.00 ^a	7.00 ^a	55.0 ^b	1.50 ^a	2.32
Químico F+ composta	6.98	4.10 ^a	8.00 ^a	19.0 ^a	4.00 ^b	2.37
Composta + Biol	6.98	5.00 ^b	77.0 ^b	64.0 ^b	1.50 ^a	2.90

pH=Potencial de Higrógeno, MO=Materia Orgánica, N=Nitratos, P=Fosfatos, K=Potasio, CO=Carbono Orgánico.
Fuente: elaboración propia con datos de laboratorio.

Los valores de pH en general para todos los tratamientos resultaron cercanos al 7 %, de (cuadro 11), no se reportaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, estos valores representan la actividad de microorganismos que descomponen la materia orgánica y por liberación de iones hidroxilo en el medio, en este sentido, en todos los casos se reportó un pH más elevado que el encontrado en la muestra de suelo al inicio

del experimento. Jayasinghe *et al.* (2010), analizaron compostas producidas a partir de residuos de caña (60 %) y materiales sintéticos (40 %), y obtuvieron un pH final de 6.4, el cual fue similar al reportado en esta investigación, lo que indica que las condiciones del suelo son aptas para la producción agrícola.

El carbono orgánico (CO) es un parámetro para evaluar la evolución de los tratamientos, ya que su concentración disminuye rápidamente con el proceso, al inicio se reportó un contenido de 3.43 % y con la aplicación de los tratamientos, disminuyó todos los casos, resultando menor el de la Composta con el Biol.

El contenido de Materia orgánica (MO), se elevó por la acción de los tratamientos al término de la siembra en todos los casos, comparado con 2.92 % de MO en suelo al inicio del experimento, resultando el valor más alto de MO fue registrado por el tratamiento de Composta más Biol (5.0 %) y menor el de Químico Formulado (4.0 %), encontrando diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Salazar *et al.* (2007) encontraron 2.21 % de MO al final de un experimento después de haber incorporando 40 Mg ha⁻¹ de estiércol de bovino, debido principalmente a que el estiércol contiene un porcentaje más alto de MO (5.35 %) que el biocompost (4.48 %). Resultados similares fueron reportados por Castellanos (1986), quien señala que la adición de abonos orgánicos al suelo afecta positivamente el contenido de MO y otros elementos.

Wu y Powell (2007) mencionan que el 50 % del estiércol es biodegradado en el primer año, lo cual garantiza el contenido de MO en el suelo en predios donde se ha aplicado estiércol por años consecutivos. Julca *et al.* (2006) señalan que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, también

reportan concentraciones de MO en el estiércol de alrededor de 5 %, lo que concuerda con la presente investigación al utilizar composta de residuos biológicos.

La menor concentración de nitratos en el suelo de 0-40 cm de profundidad fue de 6.0 mg kg⁻¹ para el tratamiento que utiliza el productor tradicionalmente ; los valores más altos fueron para el tratamiento de Composta con Biol (77.0 mg kg⁻¹); esto puede explicarse debido a que la inclusión de abonos orgánicos, aumentan las condiciones de temperatura, aeración y humedad favoreciendo así la actividad enzimática. Salazar *et al.* (2004) señalan que valores por arriba de 46 mg kg⁻¹ de N-NO₃ se consideran altos; por lo que el uso de materiales orgánicos implica un riesgo importante en la lixiviación de NO₃- (Anken *et al.*, 2004).

Por otra parte, el incremento mineral en de los tratamientos orgánicos se explica porque el estiércol no sólo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico. En el estiércol (cerdaza) habría una actividad enzimática constante en todo el ciclo, biodegradándolo y liberando iones que están disponibles para plantas y microorganismos (Salazar *et al.*, 2003).

En cuanto al Fósforo, no existe diferencia estadística significativa entre el tratamiento de Químico Formulado, y el de Composta más biol (55.0 mg.kg⁻³) y (64.0 mg.kg⁻³), aunque ambos fueron diferentes de los otros dos tratamientos que reportaron menores concentraciones de fósforo (19.0 mg.kg⁻³) y potasio (1.5 mg.kg⁻³) (cuadro 11). Son valores semejantes a los reportados en la investigación realizada por Heerden *et al.* (2001), que utilizan similares tipos de residuos. Es importante mencionar que el P puede reponerse en momentos del año de baja actividad y/o en cultivos de mayor respuesta.

Cuadro 12. Producción de forraje verde

Tratamiento	MS	PM	PP	PT	Forraje /cuadrante	Forraje/Ha.
	%	kg	kg	kg	kg	ton
Químico productor	39.7	1.64	2.56 ^a	4.21 ^a	401.2 ^a	80.98 ^a
Químico formulado	38.7	1.62	2.60 ^a	4.22 ^a	405.6 ^a	81.13 ^a
Químico formulado+ composta	46.7	1.69	3.18 ^b	4.87 ^b	468.2 ^b	93.65 ^b
Composta + Biol	39.1	1.62	1.60 ^c	3.80 ^c	365.3 ^c	73.07 ^c

MS=Materia Seca, PM=Peso mazorca, PP=Peso planta, PT=Peso Total. Valores con distinta letra dentro de cada columna son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Fuente: elaboración propia.

Los resultados no muestran diferencia significativa para el rendimiento de materia seca, sin embargo, el tratamiento químico formulado combinado con composta produjo el mayor rendimiento con 46.7 % de MS. Reta *et al.* (2004) obtuvieron rendimientos de materia seca similares a los encontrados en los tratamientos, con estiércol o vermicompost al igual que Salazar *et al.* (2007) quien obtuvo 40 %.

El análisis de varianza muestra que el rendimiento de forraje verde (RFV) es significativamente al ($P > 0.05$) indicando que al menos uno de los cuatro tratamientos experimentales produjo un mayor rendimiento, en este caso fue el tratamiento de Químico formulado combinado con composta, con una media de 468.2 kg/ 50m². El tratamiento que resultó estadísticamente con menor producción de forraje fue el de Composta más biol con una media de 365.3 kg/ 50 m².

A continuación se muestran los análisis de varianza y X^2 para las variables determinada.

Cuadro 13. Análisis de X^2 para el contenido de Materia Seca (MS)

Tratamiento	% MS	X^2
Químico formulado +composta	39.714	0.0921
Químico productor	46.714	0.7639
Químico formulado	38.770	0.1331
composta + biol	39.164	0.0921
ESPERADO=	41.110	

MS=Materia Seca, $X^2=X_i$ - cuadrada.

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 14. Análisis de X^2 para el contenido de Humedad (H)

Tratamiento	% MS	X^2
Químico formulado +composta	60.286	0.0335
Químico productor	53.226	0.5429
Químico formulado	61.210	0.0922
composta + biol	60.836	0.0649
ESPERADO=	60.000	

MS=Materia Seca, $X^2=X_i$ - cuadrada.

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 15. Análisis de X^2 para el Potencial de Hidrógeno (pH)

Tratamiento	% MS	X^2
Químico formulado +composta	6.970	5.722
Químico productor	6.980	1.431
Químico formulado	6.960	1.288
composta + biol	6.980	1.431
ESPERADO=	7.000	1.431

MS=Materia Seca, $X^2=X_i$ - cuadrada.

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 16. Análisis de varianza para peso de la mazorca (kg)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.02056	3	0.00685	0.14571	0.93092	3.23887
Dentro de los grupos	0.75266	16	0.04704			
Total	0.77322	19				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 17. Análisis de varianza para peso de la planta (kg)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.49664	3	0.83221	0.91247	0.45698	3.23887
Dentro de los grupos	14.59258	16	0.91203			
Total	17.08922	19				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 18. Análisis de varianza para peso de la mazorca más la planta (kg)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.94512	3	0.9817	0.95408	0.43814	3.23887152
Dentro de los grupos	16.46315	16	1.02894			
Total	19.40827	19				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la cantidad de forraje / cuadrante (kg)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	27142.22	3	9047.40	0.95408	0.43814	3.23887152
Dentro de los grupos	151724.39	16	9482.77			
Total	178866.61	19				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la cantidad de forraje / cuadrante (kg)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1085689037	3	361896345.6	0.95408878	0.438144512	3.23887152
Dentro de los grupos	6068975616	16	379310976			
Total	7154664653	19				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable Nitritos (NO₃)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3989	3	1329.666667	65535	-	-
Dentro de los grupos	0	0	65535			
Total	3989	3				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable Fosfatos (PO₄)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	19605	3	6535	65535	-	-
Dentro de los grupos	0	0	65535			
Total	19605	3				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable Potasio (K)

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5.5	3	1.8333	65535	-	-
Dentro de los grupos	0	0	65535			
Total	5.5	3				

Fuente: elaboración propia con datos de campo.

VIII. CONCLUSIONES

- El manejo de la fertilización en la producción de maíz, presenta beneficios desde el punto de vista productivo.
- El uso de compostas biológicas como la de residuos de cadáveres y un biodigestor, tiene un impacto en la composición del suelo, motivo por el que puede haber un efecto positivo significativo a largo plazo.
- La fertilización balanceada permite que, a medida que se cubren las deficiencias de un nutriente, se incrementen la eficiencia de los demás nutrientes.

IX. RECOMENDACIONES

- Se sugiere trabajar en el mediano plazo con abonos orgánicos de composta de residuos biológicos y otro tipos de compostas, y mantenerlas como una alternativa a la sustitución o reducción de la fertilización inorgánica.
- Es recomendable realizar un análisis económico, para incluir costos de producción en el proceso de producción de maíz.
- Realizar análisis de los sustratos a nivel de microminerales.

X. REFERENCIAS CITADAS

Abad, M., Martínez, G. P. F. y Martínez, H. M. D. (1993). Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11: 141-154.

Aggelis, G., Ehaliotis, C., Nerud, F., Stoychiev, I., Luberatos, G. y Zervakis, G. (2002). Evaluation of white-rot fungi for detoxification and decoloration of effluents from the green olives debittering process. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 59: 353-360.

Agricultura, A. t. (24 de febrero de 2017). medio ambiente. Obtenido de medio ambiente: <https://grupomsc.com/blog/medio-ambiente/agricultura-tradicional-agricultura-moderna>

Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A., y Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima calido en funcion del genotipo, biofertilizante y nitrogeno. *Tierra Latinoamericana*, 52.

Álvarez , C. (2007). Impacto de fertilizantes biológicos sobre la productividad del cultivo de girasol. pp 7.

Álvarez Solí, J., Gómez Velasco, D., León Martínez, N., y Gutiérrez Miceli, F. (2010). Manejo integrado de fertilizantez y abonosa organicos en el cultivo de maíz . *Agrociencia* , pp 576.

Aparcana, S. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "Fermentación Anaeróbica" para producción de biogás. Lima, Perú, German ProfeEC. 10 p.

Araque, H., González, C., Sulbaran, L., Quijada, J., Vilorio, F., y Vecchionacce, H. (2006). Alojamiento alternativo e impacto ambiental en la producción alternativa de cerdos. Expoferia Porcina, 20-28.

Arellano, L., y Rosales, M. C. El estiércol.

Arriache Luna, I. E. (2008). Efecto de la fertilización orgánica y química en el suelo degradados cultivados con maíz (*zea mays* L) en el estado Yaracuy, Venezuela. pp 1-3.

Benítez, J., Veneph, S., y Bot, A. (2002). Plantando conceptos y cosechando buenos resultados. 18, pp 6-9.

Benito, A., Masaguer, R., De Antonio, R. y Moliner, A. (2005). Use of pruning waste compost as a component in soil-less growing media. *Bioresource Technology*, 96: 597-603.

Benito, A., Masaguer, R., De Antonio, R. y Moliner, A. (2006). Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresource Technology*, 97: 2071-2076

Bernal, J. H., Navas, G. E., y Hernández, R. S. (2014). Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de sabanas ácidas de Colombia. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 15, 6-10.

Bernal, M. P., Albuquerque, J. A. y Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*, 100: 5444-5453.

Bunt, C. (1988). Media and mixes for container-grown plants. London: Unwind Hyman Ltd.

Bustamante, M., Paredes, C., Morales, J. Mayoral, A. y Moral, R. (2009). Study of the composting process of winery and distillery wastes using multivariate techniques. *Bioresource Technology*, 100: 4766-4772.

Capitulo#2. (s.f.). capitulo #2 la agricultura en Mexico. Una perspectiva general. Obtenido de capitulo #2 la agricultura en Mexico. una perspectiva general: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mno/minutti_l_m/capitulo2.pdf

Carbajal Muños, J. S., y Mera Benavides, A. C. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. pp 78-87.

Chirinos , J., Leal , A., y Motilla , J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del Estado Anzoátegui. *Revista Digital Ceniap Hoy*, pp 1-7.

Ciampitti I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Informaciones Agronómicas* N° 33, *Archivo Agronómico* N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Ciampitti, I. A., Boxler, M., y García, F. O. (2010). Nutrición de maíz: requerimientos y absorción de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*, 48, 14-18.

CIENCIA ergo-sum, Vol. 22-2, julio-octubre 2015. Coal fly ash: nutrient transformations.

Cornejo, M. 2011. Efecto de un bioprotector comercial en la reducción pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos. Tesis de Ing. Zootecnista. Lima, Perú, UNALM. p. 45-61.

Corpoica. (2007). Manual de buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble. pp 168.

Cuadros, Santos. (2008). Módulo: Contaminación de Residuos. Residuos agrícolas, forestales y lodos. Madrid, España: EOI Escuela de negocios.

De Boodt, M., Verdonck, O. y Cappaert, I. (1974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticult.*, 37: 2054-2062.

De la Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., y Sánchez-Hernández, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*, 25(1), 59-67.

De Luna Vega, A., Sahagún, M. L. G., Díaz, E. R., Corona, J. P., Esquivias, T. D. J. A., Martínez, R. E., y Navarro, J. V. Evaluación de diferentes compostas tipo bocashi elaboradas con estiércol de bovino, cerdo, ovino y conejo.

Dimas, J., Díaz, A., y Martínez, E. 2001. Effect of organic fertilizers on physical-chemical soil properties and corn yield. *Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo*. México, *Terra Latinoamericana* v. 19, p. 293-299.

Epstein, E. (1997). *The science of composting*. Florida: crc Press LLC.

Fang, J., Wong, C., Ma, K. y Wong, H. (1999). Co-composting of sewage sludge.

FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Food & Agriculture Org.

FAO. (2019). Sistemas de producción agrícola y pobreza. Obtenido de análisis de los sistemas agrícolas: http://www.fao.org/farmingsystems/description_es.htm

Fernandez, J., Cora, E. y Braz, T. (2006). Bioresource Technology, 67:19-24. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. Hortic. Bras.,

Fernández, L., Vega O., y López P. J. A. 2005. Control Biológico de enfermedades de plantas. Ed. INISAV-BASF. pp: 162-184.

Fornes, F., Carrion, C., García, de la F. R., 20:559-560.

García Olivares, J., Moreno Medina, V., Rodríguez Luna, I., Mendoza Herrera, A., y Mayek Pérez, N. (2007). Efectos de zepas azosprillum brailense en el crecimiento y rendimiento en el grano de maíz. Fitotecnia Mexicana, pp 305-306.

Golueke, C. G. (1991). Principles of composting, in The staff of biocycle journal of waste recycling. The art and science of composting (pp. 14-27). Pennsylvania: The JG Press Inc.

González Estrada, A., y Alferes Varela, M. (2010). Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 1(3), 381-396.

Gonzalez Moreno, F., Escamilla Prado, E., y Luna, A. (2002). Una estrategia para lograr la sustentabilidad campesina. La recuperación del suelo. Agroecología, pp 17-19.

González-Estrada, A. 2002. Dinámica de los cultivos básicos en la liberalización comercial de México: modelo dinámico multisectorial de equilibrio general. CIRCE, INIFAP. Chapingo, México. Libro técnico. Núm. 5. 120 p.

González-Estrada, A. 2009. Estimación de las estructuras agrarias y económicas de la producción de maíz y frijol en México. *Rev. Mex. de Econ. Agríc. y de los Rec. Nat.* 2(1):7-30.

Goyal, S., Dhull, S. K. y Kapoor, K. K. (2006). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*, 96:1584- 591.

Gruda, N. W. y Schnitzler, H. (2004). Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants. *Scientia Horticulturae*, 100: 309-322.

Handreck, K. A. (1983). Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14: 209-222.

Heereden, V. I., Cronjé, C., Swart, S. H. y Kotzé, J. M. (2001). Microbial chemical and physical aspects of citrus waste composting. *Bioresource Technology*, 81: 71-76.

Herrán, J. A. F., Flores, R. S., Bojorquez, A. D. A., Quiroz, G. R., Ruiz, R. M., Rivero, H. S. A., y Portugal, V. O. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 105-114.

Herrán, J. A. F., Torres, R. R. S., Martínez, G. E. R., Ruiz, R. M., y Portugal, V. O. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 4(1), 57-68.

Horneck, D. A. y Miller, R. O. (1998). Determination of total nitrogen in plant tissue, en Y. P. Karla (ed.), *Handbook of reference methods for plant analysis tissue* (pp. 75-83). Boca Ratón: crc Press.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Clave geoestadística 20385.

Jayasinghe, G. Y., Liyana, I. D. y Tokashiki, Y. (2010). Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resources, Conservation and Recycling*, 54: 1412-1418.

Jiménez, E. 2011. Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, "Aloag-Pichinha". Tesis Ing. Agropecuario. Sangolquí, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército. p. 13-17.

Jóvenes, P. C. (2019). clasificación de los sistemas de producción . Obtenido de clasisficacion de los sistemas de producción: <https://parlamentocientificodejovenes.wordpress.com/clasificacion-de-los-sistemas-de-produccion-agricola/>.

Kapetanios, E. G., Loizidou, M. y Valkanas, G. (1993). Compost production from greek domestic refuse. *Bioresource Technology*, 44:13-16.

Lachica, M., Aguilar, A. y Yáñez, J. (1973). Análisis foliar: métodos analíticos utilizados en la estación experimental del Zai- din. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 32: 1033-1047.

López Martínez, J. D., Díaz Esteban, A., Martínez Rubio, E., y Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*, pp 293-299.

Loza Medina, J. (2017). Residuos biológicos composteados de una granja porcícola en Temascaltepec, México.

Martínez, F. X. (1993). Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Acta Horticult.* 11: 55-66.

Martínez, G. 2004. Alternativas para el tratamiento de las excretas en granjas porcinas: los porcicultores y su entorno. Consultado 16 ago. 2019. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/manejo-excretas-porcinassistemas-t375/124-p0.htm>

Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H. y Appel. T. (2001). *Principles of plant nutrition*. USA: Kluwer Academic Publishers.

Meunchang, S., Panichsakapayaand, S. y Weaver, R. (2005). Co-composting of filter cake and bagasse, by-products from a sugar mill. *Bioresource Technology*, 96: 437-442.

México, P. C. (17 de enero de 2018). MSC invernaderos. Obtenido de MSC invernaderos: <https://grupomsc.com/blog/agricultura/principales-cultivos-de-mexico>.

Mohee, R. y Mudhoo, A. (2005). Analysis of the physical properties of an in-vessel composting matrix. *Powder Technology*, 155: 92-99

Montesinos, D. 2013. Estudio de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercado para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pastos. Tesis de Maestría en Agroecología y Ambiente. Azuay, Ecuador, Universidad Estatal de Cuenca, p. 13.

Moreno Ayala, L. A. (2019). Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del Maíz Chala.

Morte, A. (2003). Universidad de Murcia. Obtenido de Biofertilizantes de última generación: [http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.Blob/AsuncionMorte.pdf?archivo=AsuncionMorte.pdf&tabla=archivos&campoclave=idarchivo&valorclave=20940&campoimagen=archivo&idtipo=60&rastro=c503\\$m4632](http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.Blob/AsuncionMorte.pdf?archivo=AsuncionMorte.pdf&tabla=archivos&campoclave=idarchivo&valorclave=20940&campoimagen=archivo&idtipo=60&rastro=c503$m4632).

Mosquera, B. 2010. Abonos Orgánicos, Protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Consultado 21 ago. 2019. Disponible en http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf

Noa, J. 2013. Uso de complejo enzimático y bioprotector comercial sobre la estabilidad y transformación de excretas porcinas. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, UNALM.

NOM-021-RECNAT-2000. (2002). Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Olascoaga, L. 2007. Biorremediación de suelos contaminados con aceite lubricante residual utilizando excretas de vacunos y porcinos. Tesis Ing. Zootecnista. Lima Perú, UNALM. p. 15-16

Peralta, R. 2010. Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast biol usando las excretas del ganado lechero del estado de la UNALM. Tesis de Biólogo. Lima, Perú, UNALM, 107 p.

Pire, R. y Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado de Lara, Venezuela, propuesta metodológica. *Bioagro.*, 15: 55-63.

Plaster, E. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Thomson Editores, pp 248.

Porcona, J. L. (2002). *Agroecología y agricultura ecológica*. Servicio de Sanidad Vegetal, pp 3.

Puchades, R. y Abad, M. (2010). Leaching composted lignocellulosic wastes to prepare container media: feasibility and environmental concerns. *Journal of Environmental Management*, 91: 1747-1755.

Raj, D. y Antil, R. S. (2011). Evaluation of maturity and stability parameters of compost prepared from agro-industrial wastes. *Bioresource Technology*, 102: 2868-2873.

Ramos Agüero, D., y Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.

Ranalli, G., Botturea, G., Taddei, P., Garavani, M., Marchetti, R. y Sorlini, G. (2001). *Composting of solid and sludge*

Raviv, R., Zadman, B. y Kapulink, Y. (1998). The use of compost as a peat substitute for organic vegetable transplants production. *Compost Science and Utilization*, 1: 46-52.

Residues from agricultural and food industries. Bioindicators of monitoring and compost maturing. *Journal of Environmental Science and Health*, 36: 415-436.

Restrepo, J. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de excretas de vaca. Manual práctico. 1 ed. Vol. 2. Cali, Colombia, Impresora Feriva S.A. p. 17-18; 53-60; 91

Robalino, H. (2011). Evaluación de la actividad biológica y nutricional del biol en diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (*Oriza sativa*) y maíz (*Zea mays L.*) en Guayas. Tesis de Ms Sc. Agricultura Orgánica. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del litoral. 77 p.

Roca. P., Martinez, C., Mancilla, P. y Boluda, R. (2009). Composting rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil - plant system. *Chemosphere*, 75: 781-787.

Roman, C. (2012). Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica. Tesis Ing. Ambiental. Lima, Perú, UNALM. p. 120-141.

SAGARPA. (2010). Principios para la clasificación de los sistemas agrícolas. Obtenido de principios para la clasificación de los sistemas agrícolas: <file:///C:/Users/juanjo%20escobar%20rojas/Downloads/FOLLETO%20TECNICO%20NO.%2037.pdf>.

Salinas, J. (2005). Efectos de la labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan la sostenibilidad de la producción de frijol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 30-34.

Sánchez-Rubio, C. J. (1977). Caracteres climáticos de la cuenca del Guadiana y sus repercusiones agrarias (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca).

Sánchez, M. (2001). Utilización agrícola del estiércol licuado de ganado porcino: método rápido de determinación del valor fertilizante. Establecimiento de las bases para el diseño de un óptimo plan de fertilización. Tesis de Doctorado. España, Universidad de Valladolid. p. 8-50

SEGOB. (2016), obtenido de:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4878443&fecha=23/04/1997

SEP. (mayo de 2016). sistemas de produccion agricola. Obtenido de sistemas de produccion agricola: <http://its-purhepecha.edu.mx/carreras/iias/materias/5to/Sistemas-de-Produccion-Agricola.pdf>

SIAP (2012). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. Obtenido de http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html

Siura, S; Montes, I; Dávila, S. (2009). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinaca oleracea*) bajo cultivo orgánico. Revista Anales científico. Lima, Perú, UNALM. 70 (1): 1-8.

Tarre, S., Raviv, M. y Shelef, G. (1987). Composting of fibrous solids from cow manure and anaerobically digested manure. *Biological Wastes*, 19: 299-308.

Tiquia, S. M. (2000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system, en P. R. Warman y B.R. Taylor (ed.) *Proceedings of the International Composting Symposium* (pp. 625-647). cba Press Inc. Truro, NS.

Vásquez, D. (2008). Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos. Tesis Ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador, ESPC. p. 3-19.

Warncke, D. D. (1986). Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *Horticultural Science*, 21: 223-225.

Wu, L. K. y Ma, L. Q. (2002). Relationship between compost stability and extractable organic carbon. *Journal of Environmental Quality*, 31: 1323-1328.

X., Liao, X. D. y Wong, J. W. C. (2001). Co-composting of pig manure with leaves. *Environmental Technology*, 22: 1203-1212.

Zucconi, F., Forte, M., ónaco, A. y De Bertoldi, M. (1981a). Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle*, 22: 27-29.

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. y De Bertoldi, M. (1981b). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22: 54-57.