

EFECTOS DEL COMPOSTAJE SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE CULTIVOS

¹Carlos Jorge Solis-Nequiz, karlosjorhe.toy@gmail.com

²Brian Alejandro Licona Salazar, brian_enano28@hotmail.com

³Edith Montes Hernández, edith.mh@ixtapaluca.tecnm.mx

⁴Ana Laura Carrera Marín, ana.cm@ixtapaluca.tecnm.mx

RESUMEN

El compostaje es comúnmente utilizado en el mundo de la agricultura para enriquecer el suelo utilizado para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, proporcionando una serie de micro y macro elementos necesarios en la fertilización, que permita obtener mayor productividad en el cultivo al momento de la cosecha. Algunos de los elementos más importantes en un buen desarrollo de la planta son: Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Cobre (Cu), Nitrógeno (N), Magnesio (Mg), Azufre (S), Zinc (Zn), Materia Orgánica (Humus), entre otros; estos en concentraciones apropiadas evitando exceder o disminuir dichas concentraciones para evitar un crecimiento atrofiado de los cultivos, es decir, un balance proporcionado de estos elementos disponibles que son aprovechables a través de la raíz, es por ello que éstas cantidades deben ser medidas constantemente para un mayor resultado antes, durante y después del uso del suelo para la producción de los cultivos necesarios en la cadena alimenticia, principalmente en la dieta de los mexicanos gracias a su amplia gastronomía.

ABSTRACT

Composting is commonly used in the world of agriculture to enrich the soil used for the growth and development of crops, providing a series of micro and macro elements needed for fertilization that allow greater productivity in the crop at the time of harvest. Some of the most important elements in a good development of the plant are: Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Copper (Cu), Nitrogen (N), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Zinc (Zn), Organic Matter (Humus), among others; these in adequate concentrations to avoid exceeding or decreasing such concentrations to avoid delays in the growth of the crop, that is to say, a proportionate balance of these available elements that are usable through the root, that is why these quantities must be constantly measured for a better result before, during and after the use of the soil for the production of crops needed in the food chain, mainly in the diet of Mexicans thanks to its wide gastronomy.

PALABRAS CLAVE

Agricultura
Fertilización
Suelo

KEYWORDS

Agriculture
Soil
Fertilization

1 Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca/ Estudiante.

2 Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca/ Estudiante.

3 Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca/ Docente-Asesor.

4 Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca/ Docente-Asesor.

I INTRODUCCIÓN

La demanda alimenticia creciente, ha generado que a lo largo del tiempo el incremento en los costos de producción para la obtención de alimentos frescos directamente desde el campo, lo que genera una problemática para satisfacer la demanda causada por vegetales como complemento en la dieta del ser humano, brindando la posibilidad de reducir la demanda mediante el uso y acondicionamiento de suelos agrícolas que puedan adaptarse en nuestros hogares; gracias a la pandemia ocasionada por el virus SARS-COV2 (COVID-19), las actividades diarias pasaron a llevarse a cabo dentro de nuestros hogares con la disponibilidad de mayor tiempo libre, dedicando parte de este tiempo a algunas actividades que mantengan ocupada nuestra mente, es decir, se acuden a realizar tareas que permitan mejor comodidad como la obtención de nuestros propios alimentos cosechados en casa.

El desarrollo de nuevas técnicas permite implementar estrategias para el crecimiento y desarrollo de cultivos y así hacer frente a la pandemia por la que está pasando todo el mundo, aunado a ello, el incremento de los precios causados por la demanda alimenticia y la disponibilidad de tiempo dentro de nuestros hogares, hace posible replicar técnicas de cultivo y así aprovechar los recursos disponibles como el uso de sustratos, evitando la compra de agroquímicos como fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas y fungicidas, que además de dañar la salud del suelo, causan un riesgo directamente a la salud de la población, así mismo al medio ambiente, generando infertilidad de los suelos usados para el cultivo; es por ello que haciendo útil la implementación de sustratos de origen orgánico como tratamientos para un aporte nutricional de un suelo sano, se acude a una fase experimental utilizando tierra negra, aserrín, hoja de maíz, olote, gallinaza y borregaza como materia prima para su elaboración (además de reducir la contaminación generada por estos desechos de origen agrícola) los tratamientos pueden ser capaces de satisfacer la demanda alimenticia por vegetales en la obtención de productos frescos, libres de agroquímicos, en espacios relativamente pequeños. La utilización de abono orgánico, tiene como ventaja la conservación, restauración y mejoramiento de las características de los suelos, así como el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico de los mismos, además del restablecimiento de la flora microbiana. Esto se debe a que aporta

principalmente nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica (MO), lo que permite mantener el nivel óptimo de los suelos y preservar los ecosistemas (Delgado A. et al., 2018, p. 966). Ansorena (1994) define como sustrato “todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto un papel de soporte para la planta” (Garzón M., et al., 2005, p. 100).

Y así mismo, “conocer el efecto del compostaje en el crecimiento y desarrollo de cultivos, permite comprobar su impacto en la eficiencia nutricional disponible en el suelo para determinar la capacidad de satisfacer la demanda alimenticia por vegetales” (Solis-Nequiz C.J., 2021, p. 13). El desarrollo para la elaboración de compostaje a través de cuatro tratamientos deriva de la materia prima antes mencionada, la cual debe someterse a un proceso de secado antes de formar pilas donde serán degradadas por los microorganismos presentes en los sustratos hasta convertirse en compost. La obtención de muestras de suelo mediante la técnica de muestreo, permite su posterior análisis en el laboratorio a través de colorimetría y así determinar la disponibilidad de micro y macro elementos necesarios para el óptimo crecimiento y desarrollo de los cultivos de Espinaca (*Spinaca oleracea*), Lechuga (*Lactuca sativa*), Rábano (*Raphanus sativus*) y Zanahoria (*Daucus carota*).

I. METODOLOGÍA

La investigación y el análisis de laboratorio para la base experimental, fueron realizados dentro de las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca ubicado en la Carretera Coatepec, San Juan 7, Ixtapaluca, Estado de México. En el área de investigación de suelos agrícola; mediante la elaboración de compostas, siembra de cultivos, medición de crecimiento y desarrollo de los cultivos a través del tiempo y análisis químico mediante colorimetría.

Elaboración de compostas

El acondicionamiento de los compostajes se realiza bajo condiciones ambientales, tomando en cuenta que la materia prima utilizada debe ser sometida a un proceso de secado, el compost está compuesto por materia seca propuesta por diferentes capas manteniendo una humedad necesaria para la manipulación de la materia prima (tierra negra, aserrín, gallinaza, borregaza, hoja de maíz, olote) y así mantener la composición en las cantidades deseadas previamente pesadas para la elaboración del compostaje. Para que la materia prima pueda descomponerse con mayor facilidad, se acude a la fragmentación en partes más pequeñas de fácil digestión para los microorganismos presentes en el compostaje, dando como resultado al final del período de descomposición un olor ca-

racterístico a tierra mojada causada por nematodos que son los responsables de esa particularidad, siendo digerida la materia prima casi en su totalidad debido a que permanece 7 días como mínimo para la digestión aerobia de los sustratos, desde el día 27 de Octubre de 2021 hasta el día 5 de Noviembre de 2021 y del 8 al 12 de Noviembre del mismo año.

Figura 1

Proceso de secado de la materia prima antes de la elaboración del compostaje.



Fuente: Elaboración propia.

La distribución de las cantidades utilizadas para la elaboración de los tratamientos a partir del compostaje es:

Tabla 1

Cantidad de materia prima utilizada para la elaboración del compostaje

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (Kg)	PESO SUBTOTAL (Kg)	PORCIONES
Tierra Negra	95.805.00	19.161.00	5
Gallinaza	7.460.00	3.730.00	2
Borregaza	4.044.00	2.022.00	2
Acerrín	2.484.00	621.00	4
Hoja de Maíz	1.048.60	524.30	2
Olote	1.582.80	791.40	2

Los tratamientos elaborados a base del compostaje están distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 2

Cantidad en Kilogramos para la elaboración de los tratamientos.

TIPO DE SUELO (tratamiento)	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Kg)
Control	Tierra Negra	19.161.00
Tratamiento 1	TN + G + A	23.512.00
Tratamiento 2	TN + G + A + HM + O	24.827.70
Tratamiento 3	TN + B + A	21.804.00
Tratamiento 4	TN + B + A + HM + O	23.119.70

Nota: El Control está conformado únicamente por tierra negra, el Tratamiento 1 está compuesto por tierra negra, gallinaza y aserrín, el Tratamiento 2 está compuesto por tierra negra, gallinaza, aserrín, hoja de maíz y olote, el Tratamiento 3 está compuesto por tierra negra, borregaza y aserrín, finalmente, el Tratamiento 4 está compuesto por tierra negra, borregaza, aserrín, hoja de maíz y olote.

Siembra de cultivos

Para la siembra de las semillas se considera la utilización de macetas de color negro con capacidad de 20 litros, donde se depositan de entre 2 a 3 semillas de los cultivos de espinaca; "pertenece a la familia Chenopodiaceae y la especie se denomina *Spinaca oleracea* L., en la primera fase forma un roseta de hojas

de duración variable según las condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo" (Jiménez, et al, 2010, p. 16). De lechuga; "(*Lactuca sativa* L.) es una planta anual de la familia de las compuestas. La duración del cultivo suele ser entre 50 y 60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las tardías" (Quintero, 1977, p. 2). De rábano y zanahoria; "es un cultivo de estación fresca y tolera un rango amplio de temperaturas, por lo que, su producción en algunas regiones es factible a lo largo del año" (Ernesto L. & Gaviola J., 2012, p. 48). Se tiene en cuenta que la espinaca tiene un período de crecimiento y desarrollo de 60 días, sembrado el día 5 de noviembre de 2021 y cosechado el día 3 de enero de 2022, la lechuga con un período de 65 días, sembrado el día 12 de noviembre de 2021 y cosechado el día 14 de enero de 2022, el rábano con un período de 42 días, sembrado el día 12 de noviembre de 2021 y cosechado el día 23 de diciembre del mismo año y para la zanahoria con un período de 90 días, sembrado el día 12 de noviembre y cosechado el día 3 de febrero de 2022, (siendo éste uno de los cultivos más largos en su crecimiento y desarrollo). Los cuatro cultivos son dispuestos en cada uno de los tratamientos de manera que, el cultivo de espinaca, lechuga, rábano y zanahoria están presentes en el control, en el tratamiento 1, tratamiento 2, tratamiento 3 y tratamiento 4, para dar inicio a la fase de experimentación en su crecimiento y desarrollo a través del tiempo.

Tabla 3

Elaboración del experimento 1 para la siembra y cosecha de Espinaca.

EXPERIMENTO N°1	DESCRIPCIÓN
FECHA INICIO-SIEMBRA	Viernes, 5 de noviembre de 2021
FECHA TÉRMINO-COSECHA	Lunes, 3 de enero de 2022 (Día - 60/60)
TIPO DE CULTIVO	Espinaca - (<i>Spinacaoleracea</i>)
CONTROL	Tierra Negra + Espinaca
TRATAMIENTO 1	Tierra + Gallinaza + Aserrín + Espinaca
TRATAMIENTO 2	Tierra + Gallinaza + Aserrín + Hoja + Olote + Espinaca
TRATAMIENTO 3	Tierra + Borregaza + Aserrín + Espinaca
TRATAMIENTO 4	Tierra + Borregaza + Aserrín Hoja + Olote + Espinaca

Nota: El experimento número 1, se realizó del mismo modo para los experimentos 2, 3 y 4 en la siembra de Lechuga, Rábano y Zanahoria.

Crecimiento y desarrollo de cultivos a través del tiempo

El crecimiento y desarrollo de los cultivos a través del tiempo, fueron medidos en base a 4 variables conocidas: número de brotes, número de folículos (hojas), color y tamaño en centímetros, durante un período de tiempo de 5 meses desde el día 20 de Octubre de 2021 hasta el día 7 de febrero de 2022, debido a que la zanahoria se desarrolla en 90 días, desde el momento de la siembra hasta la cosecha.

Tabla 4

Condiciones ideales para el desarrollo y crecimiento de los cultivos.

TIPO DE CULTIVO	Espinaca	Lechuga	Rábano	Zanahoria
DÍAS DE CULTIVO	60	65	42	90
DÍAS DE GERMINACIÓN	8 - 12	5 - 10	4 - 6	12 - 15
DÍAS DE COSECHA	60 - 90	30 - 40	30	60 - 90
pH	6.0 - 7.0	6.0 - 7.0	5.5 - 6.5	5.8 - 7.0
pH IDEAL	6.6 - 7.3	6.6 - 7.3	3.5 - 6.5	6.6 - 7.3
PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	3 cm	1 cm	2 cm	1 cm
SEPARACIÓN DE PLANTA	10 cm	25 cm	5 cm	8 cm
RIEGO SEMANAL	Dos veces	Dos veces	c/ dos días	c/ dos días
T ° MÁX	24 °C	30 °C	35 °C	20 °C
T ° MÍN	15 °C	- 6 °C	5 °C	9 °C
h MÁX	100 cm	30 cm	100 cm	23 cm

Nota: Condiciones óptimas para los cultivos de Espinaca, Lechuga, Rábano y Zanahoria.

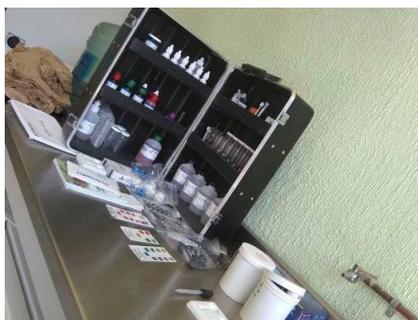
Análisis químico mediante de colorimetría

La obtención de las muestras de suelo para su posterior análisis en el laboratorio se toma en cuenta la técnica de muestreo de suelos, la cual, tiene como objetivo recolectar varias muestras de cada tratamiento para ser unificadas en una sola hasta obtener las respectivas muestras de los 5 tratamientos para su análisis. "El propósito del muestreo es adquirir información que ayude a determinar la presencia e identidad de los elementos presentes en el suelo" (Volke, et al, 2005, p. 2). "La muestra compuesta debe estar representada proporcionalmente por todas las submuestras, esto es, el volumen con que participa cada una de ellas debe ser el mismo. La muestra es eficiente, reduce el tiempo de trabajo y los costos" (Tah Luit, 1987, p. 1).

El análisis químico a través de colorimetría para las muestras de suelo se realiza en el laboratorio mediante el Kit de Análisis de Suelos LaMotte Mod. STH-14 (5040-01), y así determinar la cantidad de micro y macro elementos disponibles en el suelo, mediante 14 pruebas químicas de pH, Humus (materia orgánica), Cloro (Cloruro), Nitrato Nitrógeno, Potasio (K), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Sulfato (SO42-), Aluminio (Al), Hierro Férrico, Nitrito Nitrógeno, Nitrógeno Amoniacal y Manganeso (Mn).

Figura 2

Kit de Análisis de Suelos, LaMotte Mod. STH-14 (5040-01)



Nota: El Kit de análisis de suelos LaMotte, permite analizar las muestras de suelo a través de colorimetría obteniendo valores en Libras por Acre para su posterior interpretación en Kilogramos por Hectárea.

II. RESULTADOS O AVANCES

Con los resultados y avances obtenidos en la investigación se determina que la interpretación de resultados, a lo largo de la experimentación, existen cambios significativos en el desarrollo y crecimiento de los cultivos debido que las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestos, el crecimiento fue atrofiado, las condiciones de temperatura y humedad superaron las óptimas para su desarrollo, registrando temperaturas de entre los 44°C y los 3°C con una humedad relativa del 96%, esto fue causa de la falta de la circulación de aire dentro del invernadero ubicado dentro de las instalaciones del Tecnológico, así como la calefacción y proyección de sombras que afectaron indirectamente el crecimiento de los cultivos, siendo difícilmente controlados.

a) Las condiciones del suelo (tratamientos) se monitorearon en función de su capacidad de retención de agua, siendo los más óptimos el tratamiento 3 y 4.

Figura 3

Monitoreo de la humedad disponible en el suelo (tratamientos).



Nota: El monitoreo se llevó a cabo en los 5 tratamientos con el uso de un sensor capaz de medir la humedad del suelo en rangos de 1 a 3 para un suelo seco, de 4 a 7 para un suelo húmedo y de 8 a 10 para un suelo muy húmedo.

b) El crecimiento de los cultivos a lo largo de la experimentación, se logra determinar que los tratamientos 1 y 2, fueron los más efectivos al tener mayor producción de planta, en comparación; el tratamiento 2 obtuvo mayor número de plantas que el tratamiento 1. La espinaca logró adaptarse con mayor facilidad, la lechuga se vio comprometida en el foto-período al ser la única de los 4 cultivos más afectada debido a las condiciones de las instalaciones al tener un menor número de plantas adaptadas, para el caso del rábano, logró una eficiencia mayor al tener un crecimiento favorable en función del número de plantas y finalmente la zanahoria tuvo un mayor número de brotes y un follaje extenso en comparación a los demás tratamientos.

c) Los resultados obtenidos en el laboratorio mediante el Kit de análisis de suelos LaMotte, se determinó que existe una gran asimilación de los nutrientes aportados por los sustratos en el compostaje antes y después de la cosecha, teniendo mayor asimilación para el Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además de un incremento de Aluminio por la falta de Calcio presente en el suelo, al tratarse de un suelo alcalino después de la cosecha los niveles de Aluminio se encuentran en combinaciones inertes que no afectan el crecimiento de las plantas, así mismo, se determinaron niveles más altos de Materia Orgánica (Humus) pos-cosecha.

d) En comparación a la investigación realizada por Delgado M, Mendoza K, González M., Tadeo J. y Martín J., (2018), en la Evaluación del Compostaje de Residuos Avícolas Empleando Diferentes Mezclas de Sustratos; la composición de los sustratos para el compostaje a pequeña escala existió una asimilación de los parámetros de pH, materia orgánica y humedad, dentro de los niveles de aceptación requeridos para los abonos orgánicos constituidos, total o parcialmente por residuos orgánicos biodegradables

III. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos a lo largo de la investigación se puede afirmar que el uso de sustratos para la elaboración de compostas utilizando residuos orgánicos como el aserrín, la gallinaza, la borregaza, la hoja de maíz y el olote, se logran obtener abonos óptimos para los cultivos de espinaca, lechuga, rábano y zanahoria, siempre y cuando exista la posibilidad de controlar las condiciones ambientales para así evitar el crecimiento atrofiado de los cultivos considerando primordialmente el control de la temperatura y humedad, así como también de degradación de los sustratos para las compostas en períodos mayor a 7 días tomando en cuenta la humedad necesaria para su fácil degradación. De acuerdo a la observación a través del tiempo, se terminó que los tratamientos más efectivos para crecimiento y desarrollo de los cultivos está constituido por el tratamiento 1 compuesto por Tierra negra + Aserrín + Gallinaza y el tratamiento 2 compuesto por Tierra Negra + Aserrín + Gallinaza + Hoja de Maíz + Olote, dando como resultado mayor número de plantas y tamaño en centímetros, en comparación a los tratamientos 3 y 4, siendo menos efectivos para la producción de cultivos de espinaca, lechuga, rábano y zanahoria.

En función de los análisis obtenidos en el laboratorio, se confirma que los tratamientos 1 y 2 son más efectivos en la asimilación de los nutrientes disponibles aportados por los sustratos para la elaboración de las compostas, en función de una mejor producción durante su desarrollo y en la cosecha.

Para el caso de los tratamientos 3 y 4, se debe considerar la alta humedad que estos pueden retener, dando como lugar al crecimiento de hongos (causados por los residuos de estiércol de origen ovino y avícola), evitando regar con menor frecuencia que en los tratamientos 1 y 2 que resultan tener mayor drenaje y se deben regar con mayor frecuencia.

Replicar los suelos agrícola, resulta favorable, ya que se puede obtener una gran producción al momento de la cosecha, teniendo en cuenta que los espacios en nuestros hogares son menor que los suelos destinados para la agricultura, así mismo, el confinamiento por la pandemia causado por el virus SARS-COV-2 (COVID-19), permitió que la estadía en el invernadero dentro de la institución (Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca) fuera de un período de 2 horas 3 veces a la semana, generando así una alta humedad para el cultivo evitando una buena aireación para el óptimo crecimiento y desarrollo de los cultivos, causando un crecimiento atrofiado y en la cosecha provocó que el porcentaje en peso fuere menor de lo esperado, ya que existió un gran número de plantas a lo largo de la experimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- B Delgado M., Mendoza K., González M., Tadeo J. y Martín J., (2018). Evaluación del Compostaje de Residuos Avícolas Empleando Diferentes Mezclas de Sustratos, Universidad Autónoma de Madrid, España. Página 966.
- Garzón G., Graciela; Montenegro R., Eliana P; López B., (2005). Uso de aserrín y acuícolas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble), Colombia Forestal, vol. 9, número 18. Página 100.
- Solis-Nequiz C.J., (2021). Efectos del Compostaje sobre el Crecimiento y Desarrollo de Cultivos. Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca. Página 13.
- Jiménez J., Arias A., Espinosa L., Fuentes L., Garzón C., Gil R., Niño N., Rodríguez M., (2010). El cultivo de la espinaca (*Spinaca oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia, Universidad de Bogotá, Colombia. Página 16.
- Quintero J., (1977) La lechuga, Ministerio de Agricultura, Hojas Divulgadoras, Núm. 10/77 HD. Página 2.
- Ernesto L. & Gaviola J., (2012). Manual de producción de Zanahoria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Página 48.
- Volke T., Velasco J.A., De la Rosa D., (2005). Suelo contaminado por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de Ecología. Dra. Montes E., Práctica 4. Procedimiento para la obtención de una muestra representativa de suelo. Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca. Página 2.
- Tah Luit J.F., (1987). El análisis químico de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Dra. Montes E., Práctica 4. Procedimiento para la obtención de una Muestra representativa de suelo. Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca. Página 1.
- Kit de Análisis de Suelos. LaMotte Model STH Series. Mod. STH-14 (5040-01), Combination Soil Outfit, Instruction Manual. Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca. Páginas 7-25.
- Delgado M., Mendoza K., González M., Tadeo J. y Martín J., (2018). Evaluación del Compostaje de Residuos Avícolas Empleando Diferentes Mezclas de Sustratos, Universidad Autónoma de Madrid, España. Página 967.

