



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis

“Elaboración de composta a partir de residuos agroindustriales procedentes de la región de Tlapacoyan, Veracruz.”

PRESENTA:

**YOMARA MICHELL MORGADO
GUERRERO**

CON NÚMERO DE CONTROL
17TE0641

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
ISIC-2010-224

DIRECTOR (A) DE TESIS:
MBP. JACQUELIN LEÓN BÁEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, ABRIL 2022

PRELIMINARES

Agradecimientos

A DIOS

Por darme fuerza y sabiduría guiándome siempre por el buen camino.
Regalándome siempre un día más y por permitirme conservar a mi familia completa para hacerlos orgullosos.

A MI PADRE

Por apoyarme incondicionalmente durante mi formación profesional, de manera económica y amorosa. Por ser mi roble, mi bastón, mi brazo derecho y también mi talón de Aquiles. Gracias por involucrarte en cada etapa de la elaboración de este trabajo y guiarme hasta obtener y sacar lo mejor de mí.

A MI MADRE, ABUELA, HERMANAS Y HERMANO

Por alentarme a seguir mis sueños, haciendo de la vida un recorrido más alegre. Por recibirme con una sonrisa y un abrazo. Gracias por ser el pilar fundamental para lograr el éxito.

A MIS AMIGOS Y PAREJA

Por permitirme ser parte de la banda, por alegrarme en los días más difíciles y ofrecerme grandes pláticas nocturnas. Por esos consejos y abrazos que vinieron cuando los necesitaba. Gracias por siempre sacarme una sonrisa y demostrarme que no todo es trabajo.

A MI ASESORA JACQUELIN Y DOCENTES

Por guiarme profesionalmente durante este camino, atendiendo amablemente a dudas y observaciones. Por ser un gran ejemplo a seguir y definitivamente, gracias por hacer de esta carrera, la mejor.

Resumen

El compostaje es considerado como una tecnología de bajo costo, la cual representa una fuente importante de nutrientes en las plantas y como mejorador de suelos agrícolas. Actualmente los residuos agroindustriales son insumos naturales con diferentes propiedades y características fisicoquímicas la cual permite obtener un producto de valor agregado como es la composta.

En este trabajo se estudió el uso de residuos como cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) y raquis de plátano (*Musa paradisiaca* var. *reticulata*) para la generación de una composta. Sin embargo; se requiere de conocimiento previo del proceso de composteo para para garantizar una composta con características favorables en su aplicación

Se elaboraron 5 compostas a partir de cáscara de naranja y raquis de plátano, con diferentes proporciones, donde se implementaron pequeñas pilas estáticas durante un periodo de 80 días del proceso de composteo, durante el proceso se monitoreo pH, temperatura y humedad. Al finalizar el proceso de composteo se determinaron propiedades fisicoquímicas como densidad aparente, porosidad, retención de humedad y pH.

Durante el proceso de composteo se observaron cambios físicos en el material, el olor, color y textura. Dentro de la caracterización de las compostas el tratamiento 2 a base de cáscara de naranja y raquis de plátano en relación 30/70 presentaron mejores resultados para la propuesta de composta a base de estos residuos agroindustriales, puesto que, dichos valores como porcentaje de porosidad 99.39% y densidad aparente $0.52^g/cm^3$ coinciden con lo reportado con la literatura consultada.

Considerando que el uso de estos residuos a través del proceso de compostaje genera un impacto positivo en el medio ambiente al ser aprovechados y convirtiéndolos en un producto de valor agregado

Palabras clave: Compostaje, residuos, medio ambiente.

Introducción

La práctica del compostaje deriva probablemente del tradicional cúmulo de residuos en el medio rural que se generaba en las tareas de limpieza y mantenimiento de viviendas e instalaciones, en donde eran acumuladas por un tiempo en la intemperie con el objetivo de que disminuyera su tamaño para luego ser esparcidos y emplearlos como abonos. (Pravia A., & Sztern, D. 2016). Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se agregan al suelo con la finalidad de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. (Romero, C., et al. 2004). La composta es un derivado de los abonos orgánicos, ya que estos pueden dividirse dependiendo de la fuente de nutrientes, el grado de procesamiento, y su estado físico (sólido o líquido) obteniendo así, los abonos procesados y no procesados. En el primer caso se encuentra ubicado la composta, lombricompost, bocashi y ácidos húmicos y en los no procesados se encuentran todos los residuos de cosecha, post cosecha y los residuos animales. (Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. 2014)

El compostaje es definido como el proceso de potencialización de la descomposición natural de los residuos orgánicos, en donde participan diversas poblaciones microbianas constituidas por hongos, bacterias y actinomicetos (Escobar, N., et al. 2012) que se encargan de degradar una selección predeterminada de materiales orgánicos en condiciones aeróbicas y por consecuencia, debido a la humedad y temperatura que se encuentra en rangos termófilos, se produce dióxido de carbono, agua y compost (Alvarado, T. & Hernández, A. 2018). Dicho de otra forma, el compost es un material estable, maduro y humificado que indica la etapa final de la degradación de la materia prima caracterizado por no tener olor, patógenos y semillas y que puede ser empleado para aplicación en suelos como enmienda orgánica y fertilizante (Chica Pérez, A.F., et al. 2015)

El siguiente trabajo tiene como finalidad el desarrollo de una composta orgánica a base de cáscara de naranja y raquis de plátano, realizando diferentes formulaciones

hasta obtener la mejor composta que permita su uso como abono orgánico en distintas hortalizas. Cuevas, P. (2019, 2m38s) nos muestra el crecimiento de la lechuga que fue cultivada sobre 20 cm del compost de cáscara de naranja, aserrín y tierra obteniendo lechugas de buen color y gran tamaño. Por otro lado, López-Clemente, X. A, et al. (2015) realizó una composta con cáscara de naranja, la cual fue sometida a un bioensayo de fitotoxicidad, los resultados revelaron que las semillas de rábano tienen un mayor índice de germinación en cuanto a semillas de cebada y brócoli. Sin embargo, a concentraciones del 75 y 100% de la composta de cáscara de naranja, el índice de germinación es menor, destacando su fitotoxicidad.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	GENERALIDADES	8
1.1	Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante	9
1.1.1	Misión y visión	9
1.1.2	Macrolocalización y Microlocalización	9
1.2	Problemática	10
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Objetivo general	12
1.3.2	Objetivos específicos	12
1.4	Justificación	12
1.5	Hipótesis	13
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO	14
2.1	Tlapacoyan	15
2.2	Naranja	15
2.2.1	Morfología de la naranja	15
2.2.2	Variedades de Naranja	17
2.2.3	Producción	19
2.2.4	Cultivo	19
2.2.5	Usos de la cáscara de la naranja	19
2.2.6	Importancia de la cáscara de naranja	20
2.3	Plátano	21
2.3.1	Características morfológicas	21
2.3.2	Variedades de plátano	23
2.3.3	Producción	24
2.3.4	Cultivo de plátano	25
2.3.5	Afectaciones a los cultivos	25
2.3.6	Composición química	26
2.3.7	Usos del raquis de plátano	27
2.4	Composta	27
2.4.1	Materia orgánica	28
		6

2.4.2	Fases de la composta	28
2.4.3	Monitoreo de parámetros	30
2.4.4	Sistemas de compostaje	33
2.4.5	Microorganismos participantes en la composta	34
CAPÍTULO III DESARROLLO Y METODOLOGÍA		37
3.1	Localización	38
3.2	Proceso de elaboración de las compostas	38
3.3	Recolección de Datos	39
3.4	Metodologías	42
3.4.1	Variables físicas	42
3.4.2	Variables químicas	43
3.4.3	Variables microbiológicas	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS		46
4.1	Proceso de elaboración de las compostas	47
4.2	Características físicas	48
4.2.1	Tamaño de partícula	48
4.2.2	Porcentaje de porosidad	49
4.2.3	Densidad aparente	50
4.2.4	Porcentaje de retención de humedad	51
4.3	Variables químicas	52
4.3.1	pH	52
4.4	Variables microbiológicas	53
CAPÍTULO V CONCLUSIONES		55
5.1	Conclusiones del proyecto	56
5.2	Aportaciones originales	57
5.4	Recomendaciones	57
CAPÍTULO VI COMPETENCIAS DESARROLLADAS		58
6.1	Competencias desarrolladas y/o aplicadas	59
CAPÍTULO VII FUENTES DE INFORMACIÓN		60
	Referencias	61
CAPÍTULO VIII ANEXOS		72
	ÍNDICE DE FIGURAS	77

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán es una institución de educación universitaria que se encuentra regulado por el organismo nacional conocido como Tecnológico Nacional de México. El 1 de septiembre de 1993 dio inicio a las actividades del Instituto, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración. Actualmente, tiene como oferta educativa 6 ingenierías, las cuales son: Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería en Industrias Alimentarias.

1.1.1 Misión y visión

Misión

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tiene como misión formar profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

Visión

Llegar a ser la institución de educación superior tecnológica más reconocida en el estado de Puebla, que ofrezca un proceso de enseñanza-aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro estado.

1.1.2 Macrolocalización y Microlocalización

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán está ubicado en fracción I y II de Aire libre, Teziutlán, Puebla., 19°52'57.3"N 97°23'35.3"W.

1.2 Problemática

En la región que abarca desde Tlapacoyan hasta San Rafael, Veracruz, existen 3 plantas procesadores de cítricos y otras frutas, como son CITREX (Ubicada en carretera cañadas S/N, a las cañadas Martínez 709, Los puentes, Alfredo V. Bonfil, Martínez de la Torre, Veracruz), Citrofrut (Dirección calle Perote Náutica KM 120 colonia Paso Largo Martínez de la torre, san Rafael) y Citrusper (Camino Vecinal Martinez de la Torre, La colmena KM 2.5 S/N Col. El palmar), cada una de estas empresas se encarga de la recepción de la materia prima como naranja, lima, limón persa, toronja (rosa, roja y blanca) tangerina y en algunas, piña. Siendo después procesados en jugos concentrados, bases para bebidas, aceites esenciales, celdas, aromas y esencias (Grupo Altex, 2019).

En la industria cítrica, diversas actividades como el procesamiento de la fruta y las operaciones de limpieza, son las responsables de la formación de aguas residuales. Los efluentes que se generan durante cada uno de los procesos de la industria cítrica generalmente contienen ácidos, materiales orgánicos y tóxicos como los aceites esenciales que son descargados en distintos períodos de tiempo y que podrían causar una gran contaminación ambiental (Prévez & Sánchez- Osuma.,2007).

El principal residuo de producción lo conforma el comúnmente llamado hollejo cítrico o piel del cítrico que se muestra en la figura 1, compuesto por cáscara, membranas, vesículas del jugo, pulpas y semillas del fruto (Grohmann et al. 1995). Su disposición en lechos de secado ha ocasionado varios problemas ambientales como consecuencia de su alta fermentabilidad (Tripodo MM., et al., 2004), debido a que el lixiviado que se produce presenta alta carga orgánica y su infiltración al suelo ocasiona grandes daños al manto acuífero de las zonas donde se encuentran ubicadas estas empresas agroindustriales (Prévez & Sánchez-Osuma, 2007).

Luna. F., (2019) señala que lugareños de Martínez de la Torre, Tlapacoyan y San Rafael denuncian contaminación de los afluentes causada por residuos agroindustriales provenientes de jugueras como Citrusper, Citrex y Citrofrut, ocasionando mortandad de peces como mojarra blanca, zorro y robalete.

Figura 1. Hollejo cítrico



Fuente: Propia, 2021.

En la carretera federal que conecta a Tlapacoyan y Martínez de la Torre, así como San Rafael se encuentran básculas y seleccionadoras de naranja que reciben y distribuyen el producto hacia sus principales centros de consumo, así como a procesadoras de jugo. En esta región se concentra aproximadamente el 19% de la producción estatal. (Hernández Trujillo, J. & Botello Triana, J. 2017). Por lo cual, es común observar a orillas de carretera montículos de hollejo cítrico y cáscara de naranja, que al estar siempre en una sola posición y sin capacidad de recibir aireación estos comienzan una fermentación anaerobia que puede ocasionar malos olores (Tripodo MM., et al., 2004).

Por otro lado, en Tlapacoyan Veracruz, existen al menos más de 12 empacadoras de plátano y cítricos (Jarillo Gasca O., 2018) en donde se obtiene el raquis (vástago) y que después del proceso de empacar el plátano, se convirtiéndose en un residuo de cosecha subutilizado, y distribuido de manera dispersa en los puntos de cosecha de la plantación (Álvarez E., et al. 2013). Este es comúnmente utilizado como alimento para ganado bovino (TV UJAT, 2018, 8m34s), en forma de harinas con el mismo fin; y también pueden ser fuente de materiales fibrosos como papel, materiales de construcción y artesanías (Duque A. et al., 2000).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una composta a partir de sustratos biológicos de la región de Tlapacoyan, Veracruz, con base al uso de residuos de cáscara de naranja y raquis de plátano.

1.3.2 Objetivos específicos

- Formular mezclas de los residuos de cáscara de naranja y raquis de plátano para el proceso de compostaje
- Evaluar el efecto de la temperatura, pH y el contenido de humedad durante el proceso de compostaje.
- Determinar las características fisicoquímicas de los materiales obtenidos al final del proceso de compostaje.
- Proponer el proyecto como herramienta de sensibilización a productores generadores de residuos como una alternativa para la aplicación de tecnologías como el compostaje de forma controlada.

A continuación, veremos la importancia de la propuesta basada en las necesidades que justifican la misma.

1.4 Justificación

En los últimos años el vínculo entre la agricultura y el medio ambiente ha cobrado mayor importancia debido a que la agricultura es una actividad que, aunque es realizada por el hombre, se comporta como un ecosistema en donde todas las actividades que involucran su manejo repercuten en el medio natural. La demanda en la producción y consumo de alimentos aumenta la generación de residuos orgánicos y el uso indiscriminado de agroquímicos que son empleados para su producción. El efecto del mal manejo de estas actividades impacta de manera negativa al medio

ambiente, considerando que los alimentos generados bajo estas prácticas son contaminados lo cual representa un riesgo para la salud de los consumidores.

Una alternativa de solución a esto es la utilización de abonos orgánicos como los obtenidos a través del compostaje, estos abonos son de menor costo a comparación de los fertilizantes químicos, y pueden obtenerse aprovechando diferentes fuentes de material rico en materia orgánica gracias a sus características.

El raquis de plátano y la cáscara de naranja son residuos que a la fecha están desaprovechados en la región y ocasionan problemas ambientales por su mala disposición final, provocando daños al ecosistema por un mal control y desaprovechando sus aportes nutrimentales como carbono, nitrógeno y fósforo ya que pueden enriquecer a las plantas o mejorar suelos que han sido dañados.

El presente trabajo pretende aprovechar los residuos de la producción platanera y cítrica para la transformación de materia orgánico mediante el proceso de compostaje cuyos componentes pueden ser asimilables por las plantas y puede usarse para mejorar su rendimiento de crecimiento y producción sin necesidad de la aplicación de fertilizantes.

1.5 Hipótesis

La elaboración de composta a partir de residuos agroindustriales, como raquis de plátano (*Musa paradisiaca* var. *reticulata*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) da como resultado la obtención de por lo menos una composta con parámetros óptimos para ser utilizada como abono orgánico y mejorador de suelos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Tlapacoyan

El pueblo de Tlapacoyan es de origen Totonaco prehispánico, declarada dos veces heroica. Resultó de la unión de la gran ciudad totonaca hoy conocida como Vega de la Peña y del viejo pueblo de Yohualtlacualoyan, estando ubicada en la zona centro del estado de Veracruz a una altura de 430 metros sobre el nivel del mar. (Herrera, F. 1999). Actualmente es reconocida por su calidad de distribución de plátano y naranja; algunos productores de la parte alta de Tlapacoyan conservan los sistemas agroforestales tradicionales como el de café-plátanos-cítricos, mientras que los de la parte media y baja optaron por sistema de monocultivos de plátano y cítricos. (Cruz, A., R.et al., 2015).

En México se cultivan diferentes variedades de bananos y plátanos en 15 estados, dentro de los cuales se encuentra Veracruz con el tercer lugar en producción de plátano y el primero en producción de naranja Valencia Tardía.

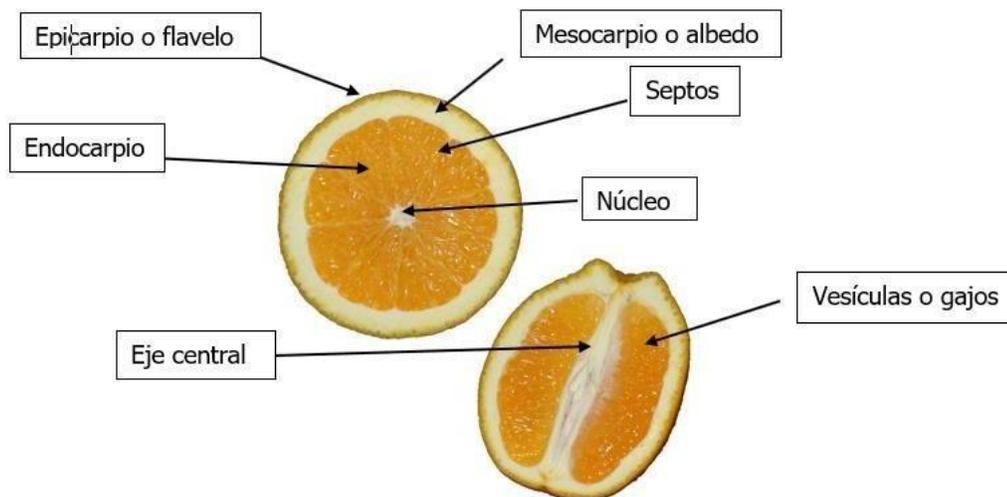
2.2 Naranja

La Real Academia Española (RAE) define a la naranja como "Fruto del naranjo, de forma globosa, de seis a ocho centímetros de diámetro, corteza rugosa, de color entre rojo y amarillo, como el de la pulpa que está dividida en gajos, y es comestible, jugosa y de sabor agridulce" (s.f., definición 1). En otras palabras, la naranja es el fruto del naranjo perteneciente al género citrus de la familia de las rutáceas. Estos frutos, también llamados hespérides, tienen numerosas vesículas llenas de jugo que forman la pulpa (Los frutos cítricos y su fisiología, 2011).

2.2.1 Morfología de la naranja

La naranja está dividida en tres grandes secciones como se puede observar en la figura 2 que logran en conjunto, un fruto sabroso y carnoso.

Figura 2. Anatomía de una naranja a través de un corte transversal.



Fuente: Adaptado de Corte transversal y longitudinal de la naranja Navel o de ombligo. De Moreno-resendéz. A., et al, 2016. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-a-Corte-transversal-y-b-longitudinal-de-una-naranja-Navel-o-de-ombligo_fig32_316741650

La primera sección de la naranja está compuesta por el pericarpio/flavedo que corresponde a la parte exterior de la naranja cuyo color va cambiando dependiendo de la madurez en la que se encuentre el fruto. Antes de madurar predomina el color verde, por la presencia de clorofila, y a medida que va madurando aparecen los carotenoides que estaban ocultos por la clorofila como el caroteno, xantofila y criptoxantina. El contenido global de carotenos en las naranjas oscila de 30 a 300 miligramos por kilo de corteza fresca. En el flavedo también se encuentran células especiales que se resguardan en la corteza como el limoneno. (Los frutos cítricos y su fisiología., Op. Cit., 2011)

En la segunda sección se encuentra el albedo también llamado mesocarpio, suele tener un sabor amargo y es rico en pectina. Aquí se encuentran glucósidos como la hesperidina, que se encuentra en todas las especies (excepto en el pomelo que es sustituida por la naringina) y sirve para diagnosticar heladas, debido a que se forman cristales insolubles de hesperidina, principalmente en la pulpa. (Meier. G & Meier D, 2012)

En la tercera sección se encuentra el endocarpio normalmente conocido como pulpa, es la parte comestible de la fruta y en ella se encuentran ácidos orgánicos como el ácido cítrico (90% del total) y después ácido málico y oxálico. Teniendo también cantidades importantes de ácido ascórbico (Vitamina C), (Gonzalo, 2015).

2.2.2 Variedades de Naranja

La naranja es un fruto muy popular proveniente del naranjo dulce (*Citrus Sinensis*), originario de Asia Oriental. El naranjo es un árbol perteneciente a la familia de las rutáceas, en la que están más de mil 600 especies. El género botánico citrus es el más representativo que abarca 20 especies comestibles. (Álamo, capital de la naranja, 2018).

Generalmente se dividen en dos grupos: la naranja dulce (*Citrus Sinensis*) y naranja amarga (*Citrus Aurantium*), la primera suele usarse para jugos, zumos y en fresco. Mientras que la naranja amarga se usa para mermeladas, confitería y extracción de aceites esenciales. (Idem, 2018)

2.2.2.1 Naranja dulce (*Citrus Sinensis*)

- a) Naranjas sanguinas o pigmentadas: Caracterizadas por su color rosado o rojo en la pulpa y en la cáscara. Esto es debido a la presencia de pigmentos especiales (antocianinos). Por su sabor especial se destacan entre las naranjas más sabrosas.
- b) Naranja Navel (ombligonas): caracterizada por una pequeña formación en la región del ápice de la naranja. Su jugo adquiere un sabor amargo con el paso del tiempo. Resiste bien a las heladas y no se adapta a climas tropicales.
- c) Naranjas blancas: provienen de árboles vigorosos, espinosos y muy productivos. Sus frutos no son pigmentados y carecen de ombligo. Este grupo se divide en dos clases: blancas finas y las comunes. En este grupo se encuentra la naranja Valencia Tardía, que es la variedad con mayor difusión

a nivel mundial, se adapta a diferentes condiciones de clima y suelo y es excelente para la industria. (Hernández Zumbado., D. 1991).

2.2.2.2 Naranja Amarga (Citrus Aurantium):

- a) Es utilizada medicinalmente por sus valores digestivos, ya que ayuda a combatir la atonía digestiva, evita náuseas y sirve de laxante suave. En la cocina es utilizada para mermeladas y extracción de aceites esenciales (Suazo Abarca.,S. 2007).

La naranja puede florecer varias veces al año dependiendo de la variedad; existiendo naranja temprana, de media estación y tardía, aunque la naranja que más destaca en la región de Martínez y Tlapacoyan es la naranja Valencia Tardía. (Álamo, capital de la naranja, Op. Cit., 2018)

En la tabla 1 se describen las variedades de naranjas más conocidas, utilizadas y comercializadas en la industria. De acuerdo con Sarmiento J. (2016) en la región de Martínez de la Torre y Tlapacoyan, la tonelada de naranja Fremont llegó a tener un precio de 5 a 6 mil pesos. Del mismo modo, Bartolo Salazar en 2018, declaró que el precio por tonelada de naranja tardía se mantuvo en 2900 pesos.

Tabla 1. Variedades comerciales de naranja.

Para Industria	Para mesa	Naranjas sanguinas	Mandarinas
Valencia late	Washinton navel	Doble fina	Criolla seleccionada
Valencia nucelar	Navelina	Sanguina	Clementina
Valencia roja	Navalete	Sanguinel	Satsuma ovari
Pineapple	Cadenera	Moro	Satsuma wase
Peneapple nucelar	Hamlin	Torocco	Tangerina dancy
	Parson Brown	Navel sangre	Tangerina Osceola
	Valencia		King

Fuente: Adaptada de Variedades comerciales de Hernández Zumbado., D. (1991).

2.2.3 Producción

La naranja es un fruto rico por excelencia y no solo por su agradable sabor, si no por la gran cantidad de componentes fisiológicamente activos que en ella se encuentran. De acuerdo con el Centro de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2020, México cuenta con una producción nacional de 4,396 miles de toneladas de naranja, siendo Veracruz el primer estado con un volumen en toneladas de 2,486,956. A nivel mundial, México es el 5° productor de naranja, teniendo como cliente principal a Estados Unidos. Este fruto se puede encontrar durante todo el año, sin embargo, de febrero a abril se presenta la mayor producción con 39.6% del total nacional.

2.2.4 Cultivo

La naranja es una fruta con 1,985 hectáreas sembradas en Tlapacoyan Veracruz, de la cual se obtiene un rendimiento del 14.9; Siendo esta una de las frutas más importantes del sector agrícola de México (SIAP., 2020).

Los cítricos se adaptan a una amplia variedad de suelos. Sin embargo, es conveniente contar con suelos ligeros, recomendando los suelos con textura franca, franco arenoso o franco arcilloso, además de contar con buen drenaje, aireación y un rango de pH de 4 a 9. Lo anterior mencionado, va relacionado a un limitado número de pelos radicales que empobrece la absorción de nutrientes. Este cultivo es tolerante a la acidez del suelo, llegando a desarrollarse con un valor de hasta 30% de saturación de acidez. (Molina. E. 2001)

2.2.5 Usos de la cáscara de la naranja

El rendimiento de jugo de frutas representa la mitad del peso de la fruta y por lo tanto una gran cantidad de desecho de pulpa y cáscara es producido cada año a

nivel mundial (Li., et al, 2006), representando aproximadamente del 45 al 60% del peso de la fruta. (Rincón, Alicia. M, et al. 2005)

En la agricultura, la cáscara de naranja tiene un valor bajo o nulo y puede constituir un problema ambiental debido a su excesiva acumulación. Tradicionalmente, estos residuos han sido transformados en composta e incluso en alimento para ganado, en donde el primer paso en este proceso es el prensado de la corteza (González Paz., J. 2015). Con el paso de la tecnología, la cáscara de naranja ha tomado más importancia y numerosos productos e innovaciones le dan un mejor uso a este residuo, como afirma Tenorio Domínguez, M. (2016) que propuso el uso de harina a partir de la cáscara de naranja tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) como antioxidante natural. Del mismo modo Pinzón-Bedoya, M & Cardona Tamayo, A. (2008) propusieron el uso de la cáscara de naranja como un material bioadsorbente para eliminar el Cr^{+3} de disoluciones acuosas.

2.2.6 Importancia de la cáscara de naranja

Desde el punto de vista de Padilla Camberos., et al. (2014) la cáscara representa la principal fuente de polifenoles en frutas cítricas. Los cítricos están caracterizados por contener grandes cantidades de ácido cítrico ($COOH$)³ al cual se le atribuye el sabor ácido, su olor característico se debe a los compuestos oxigenados como los aldehídos, y a las esencias presentes en la cáscara. La mayor parte de los compuestos volátiles aromáticos se encuentran en el flavedo, cuyos subproductos son importantes para la industria de extracción de cítricos, obteniendo de esta forma los aceites esenciales y la esencia de la naranja. En el aceite esencial se han identificado más de cien componentes. Sin embargo, el más abundante es el limoneno, encontrándose en un 95% siendo un hidrocarburo terpénico-monocíclico formado por la unión de dos moléculas de isopreno. (Quiroz Valle., E. 2009). Los aceites se encuentran principalmente en sacos en forma ovalada en el flavedo o en la porción anaranjada de la cáscara, cuya función es actuar como una barrera tóxica natural para muchos microorganismos e insectos (Bello-Gutiérrez, 2005).

Cerón-Salazar & Cardona-Alzate (2011) realizaron análisis a la cáscara de naranja para determinar la composición fisicoquímica obteniendo un pH ácido de 3.93, así como °Brix de 7.1 y un porcentaje de humedad del 85.9%.

2.3 Plátano

Es el fruto comestible del plátano, que es una baya alargada, de diez a quince centímetros de longitud, algo encorvada y de corteza lisa y amarilla (RAE, s.f, definición 3). Pertenece a la familia de las Musáceas, nativas del sudeste asiático y comprende dos especies: Musa Cavendish (bananos) y Musa paradisiaca (plátanos) (Gobierno del estado de Colima, 2005). Alcanza una altura de 2 a 3 metros y un fuste de unos 20 cm de diámetro formado por las vainas de las hojas, enrolladas apretadamente unas sobre otras y terminadas en un amplio limbo, su fruto es largo sin semillas y de piel amarilla (García Vázquez., B. 2017).

2.3.1 Características morfológicas

En una planta perenne de gran tamaño, carece de verdadero tronco, pero puede alcanzar una altura de hasta 7 metros. Se ubica como la fruta intertropical más consumida del mundo (Fagiani, M.J & Tapia, A.C. 2007). Esta planta está constituida por un tallo subterráneo llamado cormo del cual nace un pseudotallo aéreo formado por vainas envolventes de las hojas, por cuyo centro crece el eje floreal (ARCA BLOGS, 2021, 0m35s). De acuerdo con Jiménez Coello., C. (2017) la planta del plátano está dividida en tallo subterráneo, pseudotallo, hojas, racimo, raquis y flor, como se puede observar en la figura 3. Así mismo García Vázquez., B. (2017) describe a la planta del plátano de la siguiente manera:

2.3.1.1 Tallo subterráneo o rizoma

Tallo corto que se encuentra de forma subterránea recibiendo el nombre de "Cormo" del cual nace el Pseudotallo. Se caracteriza por un crecimiento subterráneo horizontal, produce raíces a partir de múltiples nudos (Red AgroActiva, 2021).

2.3.1.2 Pseudotallo

Se define como la parte aérea de la planta, constituido por vainas envolventes de las hojas. Su altura depende del tallo, que se encuentra desarrollándose dentro del pseudotallo, por lo cual alcanza su altura máxima cuando este emerge en la parte superior de la planta. El pseudotallo es muy carnosoy está compuesto principalmente de agua, celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón(Carchi M., D. 2014), soporta hasta un racimo que pesa 50 kg o más.

2.3.1.3 Tallo verdadero

Proporciona soporte a las hojas y flores.

2.3.1.4 Hojas

Son el principal órgano fotosintético. Cada hoja emerge del pseudotallo como un cilindro enrollado (RedAgroActiva, Op. Cit., 2021), la formación de estas ocurre cuando el extremo distal de la vaina foliar se contrae en un pecíolo, este se convierte en nervadura central y divide la hoja en dos mitades de láminas.

2.3.1.5 Fruto

Se desarrolla de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento del volumen de las tres celdas del ovario. Los ovarios abortan y salen al mismo tiempo los tejidos del pericarpio o cáscara y engrosan hasta la maduración. El racimo es el término descriptivo que incluye todas las frutas. (Idem, 2021)

2.3.1.6 Raquis

El pedúnculo es el tallo que sostiene la inflorescencia, sin embargo, algunos autores se refieren al pedúnculo como al tallo entre la corona de la hoja y la primera mano de fruta, mientras que el tallo que realmente sostiene las flores femeninas y masculinas se llama raquis, también llamado pinzote o vástago. En el interior está formado por parénquima, rico en almidón y formado por haces fibrovasculares (León, J. 1989)

Figura 3. Partes de la planta del plátano.



Fuente: Adaptada de Partes de una planta de Jiménez Coello., C. (2017).

2.3.2 Variedades de plátano

Las variedades de plátano más cultivadas en México son: el plátano Dominicó, Valery, Pera, Tabasco, Morado, Manzano y Macho. Cada variedad cuenta con un sabor y textura única y el color de la piel varía desde el amarillo o verdoso hasta el rojizo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

2.3.2.1 Dominicó

Esta variedad de plátano se caracteriza por su sabor dulce, pequeño además de que carece de curvatura. Es cultivado en Nayarit, Jalisco, Michoacán, Puebla, Veracruz y Tabasco, destacando Hueytamalco, Tlapacoyan y Atzalan.

2.3.2.2 Valery

La consistencia de su pulpa blanda, cultivada en Michoacán, Guerrero y Tabasco.

2.3.2.3 Pera

De color verde, llega a medir 25 cm y suele ser ancho. Cultivado en Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.

2.3.2.4 Tabasco

Plátano de tamaño mediado curvo y amarillo, cultivado en Campeche, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Colima.

2.3.2.5 Manzano

De pulpa firme y sabor ligeramente ácido. Se cultiva en Quintana Roo, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Nayarit.

2.3.2.6 Cavendish

De tamaño largo con sabor dulce e intenso. Se cultiva en Nayarit, Jalisco, Michoacán, Colima, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Quintana Roo.

2.3.2.7 Morado

Presenta textura cremosa y de sabor dulce, el color de la pulpa va de amarillo intenso a naranja. Cultivado en Puebla, Veracruz, Oaxaca y Nayarit.

2.3.2.8 Macho

Esta variedad presenta una pulpa dura, por lo cual se suele consumir frito o al horno. Se cultiva en Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Puebla, Veracruz, Campeche, Tabasco y Chiapas (El Universal, 2017).

2.3.3 Producción

La fruta tropical más cultivada en el país es el plátano y se encuentra dentro de las cuatro más importantes a nivel global. Es cultivado en 16 estados, donde Chiapas, Tabasco y Veracruz se colocan como los principales productores generando más del 60% del total de la producción (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). Los frutos se cosechan cuando han alcanzado su completo desarrollo, sin haber llegado a la etapa de madurez, y para su comercialización se empacan en cajas de cartón cuya capacidad se encuentra entre los 12 y 15 kilogramos. México es el 12 productor mundial del fruto y sus principales mercados son: Estados Unidos, Japón,

Reino Unido, Corea del Sur, Rusia, Italia y Nueva Zelanda (Idem, 2021).

2.3.4 Cultivo de plátano

En el estado de Veracruz, existe alrededor de 3,361 productores de plátano que se encuentran divididos en dos grandes áreas geográficas: la zona norte que abarca los municipios de Martínez de la Torre, San Rafael, Tlapacoyan, Nautla, Vega de Alatorre, Atzalan, Gutiérrez Zamora, Papantla y Misantla y la zona Cuenca del Papaloapan que incluye los municipios de Otatitlán, Tlacojalpan, Tuxtilla, Chacaltianguis, Cosamaloapan y Tres valles (Susan Tepetlan. P., et al. 2017).

La planta del plátano se desarrolla mejor en un clima cálido y una prolongada humedad en el aire, por lo cual, necesita una temperatura media de 26-27°C, así como lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Requiere de suelos fértiles permeables, bien drenados y profundos con textura franco arenosa, franco arcilloso, franco arcilloso limosa y franco limoso, ricos en materias nitrogenadas.

Susan Tepetlan P., et al (2017) obtuvo registro de que el cultivo de plátano de castilla y la naranja (*Citrus x sinensis*, (L) Osbeck) fue introducida en esta región hacia finales del siglo XVI, junto con la producción de miel, algodón (*Gossypium spp.*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

2.3.5 Afectaciones a los cultivos

2.3.5.1 Económicamente

El plátano Dominicano (*Musa AAB*, Simmonds) es la variedad que más se cultiva y es una de que genera mayores ingresos en Tlapacoyan, Ver., con un total de 95%. Otros cultivos de distintas variedades como el plátano Morado, Bolsa, Macho y Blanco suelen ser populares en la región. Otra fuente de ingreso derivado de la comercialización del plátano, es la venta de hojas de plátano Morado que suele ser comercializado como velillo (rollos de hojas para tamal), en la central de abastos en la ciudad de México o en los mercados locales. Sin embargo, existen otras variedades de plátano que no suelen ser comercializadas y son utilizadas

normalmente como cultivo de traspatio, dichas variedades son: plátano Manzano, Bolzano, Guineo, Rombo, Tuna y Manila. (Susan Tepetlan, Op. Cit., pág. 82). El plátano ha tomado especial relevancia debido a los bajos precios del café y los cítricos.

2.3.5.2 Escasa asistencia técnica

Se han reportado bajos rendimientos debido principalmente a la carencia de conocimientos, falta de capital y falta de buena tecnología de producción. Debido a que son muy pocos los productores que cuentan con un seguro agrario para evitar pérdidas económicas causadas por enfermedades como por diferentes eventos climatológicos, a través del auspicio y vigilancia de la Asociación de Productores de Tlapacoyan, se promueve que los productores utilicen diferentes productos químicos para el manejo de las enfermedades, así como para dar a conocer las parcelas con algún tipo de problema fitosanitario para que los productores aledaños tomen las medidas necesarias. (Idem, pág. 83)

2.3.6 Composición química

La composición del plátano al momento de la cosecha, según Quiceno, M., et al. (2014) es de 66.2% de agua, 0.3% grasas, 1.1% de fibra. También presenta almidón como el principal carbohidrato, cuyo aporte es de 22g/100g (Rechigl, 1982, como se citó en Godoy Espinoza, 2012). Por otro lado, Fisher (1972, citado por Godoy Espinoza, 2012) argumenta que el plátano contiene cantidades importantes de potasio, magnesio y fósforo, pero es pobre en calcio y hierro.

Del mismo modo, Álvarez E., et al. (2013) asegura que el lixiviado de raquis de plátano es rico en nutrientes como Potasio (K), Nitrógeno (N), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Sodio (Na).

2.3.7 Usos del raquis de plátano

Comúnmente el raquis del plátano se ha utilizado como alimento para ganado, donde han surgido nuevos procesos para transformarlo en harinas con el mismo fin. Del mismo modo, Duque A., et al. (2000) señaló que puede ser fuente de materiales fibrosos como papel, materiales de construcción y artesanías. Por consiguiente, Mazzeo, M., et al., en 2010 comprobó que los residuos de cosecha y postcosecha del plátano como el pseudotallo, raquis, segundas y terceras, pueden ser aprovechadas para obtener productos alimenticios como harinas y no alimenticios como el papel. De esta forma, obtuvo harina de raquis con un contenido de fibra superior al de productos de características similares pudiendo ser utilizado para la industria de la panificación.

Por otra parte, Álvarez E., et al. (2013) logró reducir la población de *Ralstonia Solanacearum* y *Sigatoka*, ambas plagas en las hojas del plátano, con el lixiviado de raquis cuyo contenido es alto en nutrientes y organismos benéficos. Este lixiviado fue utilizado de forma directa en el suelo y en las hojas negras del plátano.

2.4 Composta

El composteo es una forma de reciclar elementos orgánicos residuales de la industria, agricultura y ganadería (Luna-Vega., A, et al., 2015) por lo que, el proceso de compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla en descomposición de materia orgánica y cuyas condiciones aeróbicas favorecen su uso como mejorador en la estructura del suelo y ayuda a proporcionar nutrientes. Dicho de otra forma, es un proceso de potencialización de la descomposición natural de los residuos orgánicos en donde participan bacterias, hongos y actinomicetos (Escobar, N., et al. 2012), degradando materiales orgánicos con condiciones aeróbicas y por consecuencia, debido a la humedad y temperatura

termófila, se produce dióxido de carbono, agua y compost (Alvarado, T. & Hernández, A. 2018).

Pravia A., & Sztern, D. (2016) definen al Compost como “un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas”

La estabilización de los desechos mediante el composteo produce el material conocido como composta, que debe estar libre de patógenos y sustancias fitotóxicas que interfieran en el desarrollo de las plantas (Gehr W. & Grobe K. 1997).

2.4.1 Materia orgánica

De acuerdo con Román., P., et al. (2013) define a la materia orgánica como “una composición variada, ya que proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo. Por lo que, la materia orgánica es cualquier tipo de material de origen animal o vegetal que regresa al suelo después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos” (p.18). Estos materiales inician un acelerado proceso de descomposición o de mineralización cambiando su forma orgánica (seres vivos) a su forma inorgánica (minerales, solubles o insolubles), estos minerales viajan por el suelo para ser aprovechados por las plantas (Román., P., et al. 2013).

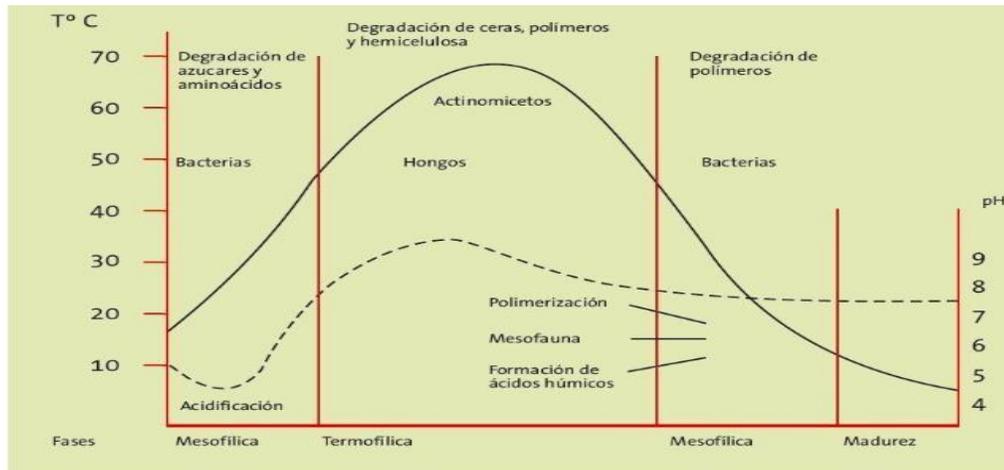
La materia orgánica no debe ser confundida con la composta, ya que en esta no se presentan las condiciones aeróbicas que permiten las fases de calentamiento o de higienización, pero si forma parte de ella.

2.4.2 Fases de la composta

De acuerdo con Canovas., et al. (1993, citado por Hernández Hernández, A. 2003) el proceso de compostaje consta de cuatro fases, que se aprecian en la figura 4, como

son: fase mesofílica, fase termófila, fase de enfriamiento y fase de maduración.

Figura 4. Fases del compost.



Fuente: Curva del compostaje adaptada de Compostaje de Servicios desistema ecológicos de producción (2019).

2.4.1.1 Fase mesofílica

En esta etapa los hongos y bacterias degradan compuestos simples como azúcares, aminoácidos, proteínas (López Clemente., X. 2011). Tiene una duración de aproximadamente 3 días. La materia orgánica está a temperatura ambiente y el pH baja debido a la actividad metabólica que hace que la temperatura se eleve. Rápida multiplicación de microorganismos (Storino, F., 2017)

2.4.1.2 Fase Termófila

Temperaturas de 40°C, en esta etapa se libera el nitrógeno en forma de amoníaco y el pH se hace alcalino, logrando una descomposición rápida de la materia orgánica. Cuando la composta alcanza los 60°C los hongos termófilos mueren y el proceso es continuado por bacterias. Con temperatura de 66°C, son atacadas las ceras, proteínas y hemicelulosas (Hernández Hernández, A., Op. Cit, 2003)

2.4.1.3 Fase de enfriamiento

A medida que la materia fácilmente degradable es utilizada, disminuye la velocidad de acción y la temperatura regresa por debajo de los 60°C. Reaparecen los hongos

termófilos para atacar la celulosa. Al llegar a 40°C, los organismos también reinician su actividad haciendo que el pH descienda ligeramente (Román., P., et al. 2013). Los compuestos orgánicos se degradan a CO₂ y a NH₃ con el consumo de O₂.

2.4.1.4 Fase de maduración

Es cuando la composta llega a temperatura ambiente, donde se realizan reacciones de condensación y polimerización del humus. (Idem, 2013), que definen al producto como estabilizado y esterilizado.

2.4.3 Monitoreo de parámetros

Para poder obtener una composta estable es necesario prestar especial atención a parámetros tales como: la aireación, humedad, temperatura, pH, relación carbono nitrógeno, tamaño de partícula y el tamaño de la pila. De manera que, Román., P. et al. (2013) describe los parámetros de la siguiente forma:

2.4.3.1 Aireación y homogenización

Se debe tener una adecuada aireación para permitir la respiración de los microorganismos ya que, evita la compactación o encharcamientos. Un exceso de aireación provoca el descenso de la temperatura y pérdida de humedad. Una apropiada aireación controla la temperatura, quita exceso de humedad y de CO₂ para los procesos biológicos. (Molinero, 1992, citado por López Clemente., X. 2011). Esta operación se puede hacer manual o mecánicamente, procurando homogeneizar todos los materiales de manera que el material que se encuentre en el núcleo pase a formar parte de la corteza y a su vez, esta del núcleo. (Pravia A., & Sztern, D. (2016).

2.4.3.2 Humedad

En la composta, el agua es utilizada como medio de transporte para los microorganismos ayudando a los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. Cuando aumenta el contenido de agua, el movimiento de CO₂ disminuye y el proceso tiende a ser anaeróbico (López Clemente., X. 2011). Existe un método empírico si no

se cuenta con equipo para medir, reflejado en la tabla 2, que consiste en tomar una muestra con la mano y apretarla, dependiendo de la cantidad y la forma en la que el agua salga de esta muestra es el porcentaje de humedad que contiene.

Tabla 2. Método empírico para medir la humedad en suelos.

Forma en la que sale el agua	Porcentaje de humedad
Hilo del agua continuo	< 40%
Gotea intermitentemente	Cercano a 40%
No gotea, la muestra permanece moldeada.	20-30%
El material se disgrega	>20%

Fuente: Adaptada de Pravia A., & Sztern, D. (2016). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Oficina de planeamiento y presupuesto.

2.4.3.3 Temperatura

Indispensable para el crecimiento de los organismos que degradan la materia orgánica. Molinero en 1992 (citado por López Clemente., X. 2011) sugiere las temperaturas de 55°C para eliminar patógenos, de 63°C para disminuir la actividad microbiana, resaltando la de 52-60°C para asegurar la descomposición. Esta debe ser tomada en el núcleo del camellón o pila.

2.4.3.4 pH

Es determinante para asegurar la supervivencia de los microorganismos, ya que depende de los materiales y va cambiando su valor en cada fase del proceso. A valores por encima del 7.5, la pérdida de N en forma de amonio resulta alta.

2.4.3.5 Relación Carbono-Nitrógeno (C: N)

Se obtiene de la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total de los materiales a compostar. El carbono es una fuente de

energía para los organismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica, un buen balance de estos materiales asegura un crecimiento y reproducción. (Pravia A., & Sztern, D., Op. Cit. 2016).

2.4.3.6 Tamaño de partícula

La facilidad de los microorganismos para tener acceso al sustrato está relacionado al tamaño de partícula. Muy pequeño podría compactar la materia orgánica, por el contrario, muy grande crea canales de aireación que bajan la temperatura. Las partículas grandes no se descomponen adecuadamente porque el interior tiene difícil acceso para los microorganismos e intercambio gaseoso, durante la descomposición del material se cubre la superficie con una capa impenetrable de humus. (Bernal M., et al, 2009).

2.4.3.7 Tamaño de la pila

Afecta directamente el contenido de humedad, aireación y temperatura. Este parámetro se define por la cantidad de material que será composteado y el área disponible para llevar a cabo el proceso. En la tabla 3, se puede observar los rangos óptimos de los parámetros para obtener una buena composta al final del proceso.

Tabla 3. Condiciones Óptimas en el proceso de compostaje.

Parámetro	Rango óptimo
Aireación	5%-15%
Humedad	45%-60%
Temperatura	Deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido. 65°C-70°C.
pH	4.5-8.5
Relación Carbono-Nitrógeno	15:1-35:1
Tamaño de partícula	5-30cm
Tamaño de la pila	1.2-2m Altura y 1.5-3m de Ancho

Fuente: Adaptada de Condiciones óptimas y aceptables en el proceso de compost de Hafner, G., Reiser, M., & San Martin R. (2018).

2.4.4 Sistemas de compostaje

Para asegurar la proliferación de los microorganismos que realizan el compostaje, se necesita una masa crítica de 50-100 kg de residuos biodegradables. También, se recomienda la utilización de diversos insumos tanto de origen vegetal, ya que contienen más carbono, como animal que contienen más nitrógeno. (Altamirano, M & Cabrera, C. 2016).

2.4.4.1 Sistemas abiertos

Caracterizados por ser sistemas de baja inversión, en donde el material a compostar es apilado al aire libre. Los contras de este sistema es no poder controlar los factores y parámetros durante el proceso de compostaje, al estar expuestos a las condiciones climatológicas. (Jarre, E. 2015)

Dentro de este sistema se encuentra el sistema de pilas o camellones que presentan una morfología y dimensiones determinadas, este sistema suele dividirse en pilas móviles, mostrada en la figura 5, (cuando la pila es homogeneizada para airear), o pilas estáticas con aireación forzada. (Cabrera Córdova, V. 2016).

Figura 5. Sistema abierto de pilas móviles



Fuente: Adaptado de Sistemas de compostaje de Germán Tortosa en 2015.

a) Pilas móviles

Los materiales se colocan en hileras de sección trapezoidal, cuya base deber ser de 3-4 metros con altura de 2-2.5 metros. Requiere de volteos y riegos óptimos para

asegurar las condiciones de humedad, temperatura, aireación y homogeneización del material. (Jarre, E., Op. Cit, 2015)

b) Pilas estáticas

Este sistema se caracteriza por que el flujo del aire va desde el fondo atravesando la pila, esto debido a un conjunto de tubos colocados debajo de la pila y de esta forma se suministra oxígeno al interior de ella. Su altura oscila entre 3-4 metros. (Pravia A., & Sztern, D., Op. Cit, 2016)

2.4.4.2 Sistema cerrado

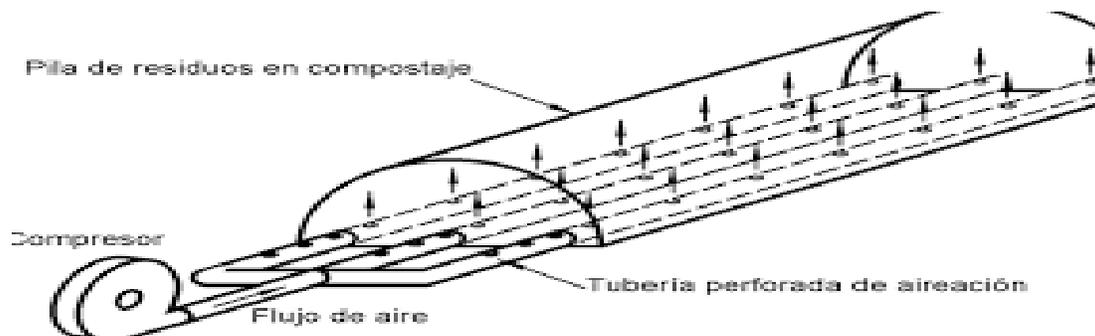
Representan una mayor inversión para evitar el contacto entre el material a compostar y el exterior. A diferencia del anterior, este sistema ofrece un control total de todos los parámetros durante el proceso de compostaje.

En este tipo de sistema se encuentran los sistemas cerrados continuos como los reactores, que son estructuras metálicas ya sea, cilíndricas o rectangulares, y en donde se procura que los parámetros sean constantes. (Cabrera Córdova, V., Op. Cit, 2016).

a) Túneles estáticos

Estos contenedores están dotados de sistemas de aireación forzada como se aprecia en a figura 6, con sondas detemperatura, de humedad y nivel de oxígeno. Tienen integrada la capacidad de recoger los lixiviados y gases además de poseer sistemas de riego. Este sistema ofrece el control de los parámetros para asegurar una composta de calidad.

Figura 6. Sistema cerrado con aireación forzada



Fuente: Adaptado de Sistemas de compostaje de Germán Tortosa en 2015.

b) Tambores rotatorios

Este sistema funciona de la siguiente forma: por un extremo se introduce el material a compostar y por el otro, se recoge el material ya fermentado por gravedad, trabajando de forma continua, volteando y agitando el material en su interior. (Pravia A., & Sztern, D., Op. Cit, 2016).

2.4.4.3 Sistemas mixtos

Estos sistemas combinan los sistemas cerrados y los abiertos. Se utilizan los sistemas cerrados al inicio para acelerar el proceso y dejando la maduración de la composta en sistemas abiertos.

2.4.5 Microorganismos participantes en la composta

En el proceso de compostaje existe una amplia sucesión de poblaciones de microorganismos, presentes durante cada etapa del proceso, en la que destacan microorganismos mesófilos y termófilos cuya tarea es degradar la materia orgánica. Las comunidades de microorganismos varían de acuerdo a ciertos factores como el ascenso y descenso de la temperatura, de los nutrientes disponibles, el contenido de agua, pH, etc. A medida que la temperatura aumenta, los distintos microorganismos van cambiando, de manera que cuando una población empieza a aparecer otras están en su máximo desapareciendo. (Laich. 2011) Por lo cual, existen poblaciones mixtas durante el proceso de compostaje, siendo las más

destacadas las bacterias Actinomycetes y los hongos filamentosos.

Las bacterias en el compostaje suelen ser abundantes a tal grado de existir millones en un gramo. Inician su trabajo invadiendo los residuos, digiriéndolos y degradándolos en formas más simples para que otros microorganismos y macroorganismos los consuman (Alejandro. 2014). En la tabla 4 se puede observar los distintos microorganismos participantes en el compostaje, así como en la fase donde están más presentes.

Tabla 4. Microorganismos y macroorganismos presentes en la composta.

Fase	Mesófila 15-45°C	Termófila 40-60°C	De enfriamiento	Maduración 50-20°C
Psicrófilos 10-15°C	Bacterias como Streptomyces	Mucor pusillus	Formación de endosporas del género Bacillus	Protozoos
	Pseudomonas	Actinomicetos		Tijeretas
	Bacillus	Bacillus		Ácaros
	Thiobacillus	Heterotrophic		Escarabajos
	Enterobacter	Hydrogenobacter		Ciempies
		Thermus		Nemátodos

Fuente: Adaptado de Alejandro (2014). Microorganismos implicados en el proceso de compostaje.

Los actinomicetos representan un papel importante dentro de la composta, ya que, debido a su capacidad enzimática estos pueden degradar compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, etc.), son tolerantes a las temperaturas que llega a alcanzar el compost durante su degradación aeróbica. Así como también, poseen la capacidad de regular el microbiota rizosférica a través de la producción de antibióticos y otros compuestos (Laich, F. 2011).

Los microorganismos que interfieren en el proceso de composteo suelen dividirse en compostadores de primer nivel, que consumen los residuos directamente, como las bacterias, actinomicetos y hongos, así como los organismos mayores como gusanos, ácaros, escarabajos, larvas y moscas. Los compostadores de segundo nivel como tijeretas, ácaros, escarabajos, protozoos y rotíferos, que suelen comer y ayudar a la

descomposición de la mezcla. Por último, se encuentran los del tercer nivel que consumen a los del primer y segundo nivel e incluyen a ciempiés, escarabajos, hormigas y ácaros. Los microorganismos descomponen la materia orgánica químicamente, mientras que los macroorganismos participan en el proceso ayudando a moler, masticar, digerir o excavar (Moreno Casco, J. 2008)

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 Localización

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tlapacoyan Veracruz, en donde se montaron las camas de composta. Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en el laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

3.2 Proceso de elaboración de las compostas

El raquis de plátano (*Musa paradisiaca* var. *reticulata*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) se recolectó en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Una vez dispuestos los residuos se sometieron a un proceso de molienda el cual el raquis de plátano fue cortado en rodajas con un diámetro de 4 cm y 1.5 cm de ancho, mientras que la cáscara de naranja fue dividida en cuadros de 3 x 3 cm para permitir una buena aireación y degradación de la materia orgánica.

Se pesaron 150 kilos de cáscara de naranja (C.N) y raquis de plátano (R.P), realizando las formulaciones como se muestra en la tabla 5, para después colocarlas en rejas de madera cuyas medidas fueron de 50 x 30 x 25 cm en un sistema abierto de pilas móviles.

Tabla 5. Formulación de las distintas compostas en cada repetición.

Tratamiento	Raquis de plátano (Kg)	Cáscara de naranja (Kg)	N° de repeticiones
1	10	0	3
2	7	3	3
3	5	5	3
4	3	7	3
5	0	10	3

Fuente: A cada formulación le corresponden 10 kg de materia orgánica, independiente del porcentaje de cada residuo agroindustrial.

3.3 Recolección de Datos

En cada composta se realizó la recolección de datos de los parámetros de pH, temperatura y porcentaje de humedad en los días 7, 20, 40 y 60. La materia orgánica fue homogenizada cada semana con ayuda de una pala para jardín (Surtek) y de esta manera facilitar la aireación. Se aplicó la técnica del puño descrita por Pravia A., & Sztern, D. (2016) para determinar el porcentaje de humedad, como se observa en la figura 7, y por consiguiente se agregaron 450 ml de agua para humedecer las compostas que resultaron demasiado secas.

Figura 7. Técnica del puño.



Fuente: Adaptado de Técnica del puño de Pravia A., & Sztern, D, 2016.

La recolección de datos se hizo en los días establecidos, intercalando 2 días aleatorios, como se puede observar en la tabla 6. Se utilizó un equipo de sensor de temperatura (RadioShack) el cual fue colocado en la parte más profunda de la composta con un tiempo de espera de 2 minutos aproximadamente, para recolectar los datos de temperatura interior y exterior, así como, el porcentaje de humedad. En las últimas dos fechas establecidas para la obtención de datos también se utilizó un termómetro de mercurio (SAMA) y para la obtención del parámetro de pH se utilizaron tiras indicadoras de pH (MColorpHast) así como un potenciómetro (Yabely).

En la semana 11 del proceso, las compostas fueron aseguradas en bolsas de polipapel y llevadas al laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico de Teziutlán para la realización de análisis físicoquímicos y microbiológicos.

Tabla 6. Datos recolectados de temperatura, pH y % Humedad.

	Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5
Días monitoreados	Variable					
Día 1 (05 de agosto)	pH	10.5	9.5	9.5	5.5	4.5
Día 7 (12 de agosto)	pH	9.1	8.8	8.6	6.18	6.4
	% Humedad	63%	65%	62%	65%	66%
	Temperatura °C	30.46	23.97	32.93	34.55	34.22
Día 20 (25 de agosto)	pH	8.5	8.5	8	6.59	6.77
	% Humedad	83%	84%	84%	83%	83%
	Temperatura °C	27.86	28.33	28.76	28.55	29.49
Día 40 (14 de septiembre)	pH	8.42	8.2	7.95	7.5	7.48
	% Humedad	63%	63%	64%	64%	63%
	Temperatura °C	31.83	31.86	31.91	32.083	32.13
Día 60 (04 de octubre)	pH	8.1	8	7.86	7.97	7.57
	% Humedad	73%	74%	73%	74%	75%
	Temperatura °C	26.22	25.45	25.68	25.73	25.24

Nota. Se observaron los datos de temperatura, pH y porcentaje de humedad de los 5 tratamientos.

Fuente: Propia, 2021.

3.4 Metodologías

3.4.1 Variables físicas

Para cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, se realizaron análisis físicos como porcentaje de retención de humedad, porcentaje de porosidad, densidad real y aparente, con las muestras previamente secadas al horno con temperatura de 70°C por 24 horas.

Porcentaje de retención de humedad. Para la determinación del porcentaje de retención de humedad, se utilizó la propuesta metodológica de Pire, R. y Pereira A. (2003) en donde se pesaron 20 g de muestra y se mezclaron con 100 ml de agua corriente. Después de 1 hora de reposo se colocó en un embudo con papel filtro previamente humedecido y se filtró hasta el cese del goteo. Posteriormente, se pesó la muestra y se procedió a realizar los cálculos con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de retención de humedad: } \frac{PH-PS}{Vc} \times 100$$

PH: Peso húmedo de la muestra (g)

PS: Peso seco de la muestra (g)

Vc: volumen del tubo o cilindro

Porcentaje de porosidad. Para este método se utilizó una adaptación a la metodología de Atarés Huerta, L. (2015) donde se utilizó una probeta de 250 ml, se colocó una porción de la muestra dentro de la probeta y se golpeó firmemente contra una superficie plana con el fin de eliminar los espacios vacíos, se repitió esta operación hasta llegar a un volumen de 110 ml. Una vez llena, se pesó la probeta junto con la muestra y se registró su peso. Se colocó la muestra dentro de un vaso de precipitado y se agregó agua corriente de acuerdo al volumen ocupado de la muestra. Posteriormente, se agito ligeramente y se colocó la mezcla dentro de un

embudo con papel previamente humedecido para dejarlo filtrar durante 1 hora o hasta el cese del goteo. Una vez transcurrido el tiempo, se pesó la muestra húmeda.

$$\% \text{ Porosidad} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{peso seco})}{\text{Volumen de la muestra}} (100)$$

Densidad Aparente. Para este procedimiento se utilizó el método de análisis del compost propuesto por Sadzawka R, A., M.A. Carrasco R., R. Grez Z. & M.L. Mora G (2005) en el cual se pesó una probeta de 250ml y con la ayuda de una espátula se tomó una porción de la muestra y se colocó dentro de la probeta, se golpeó firmemente con el fin de evitar los espacios vacíos o intersticios de aire. Se repitió este procedimiento hasta llegar a un volumen en específico. Al terminar, se pesó la probeta con la muestra y se procedió a determinar la densidad con la siguiente formula.

$$D.A = \frac{P(\text{gr})}{V(\text{ml})}$$

3.4.2 Variables químicas

Se utilizó el equipo de potenciómetro HANNA INSTRUMENTS para medir el pH a cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, colocando 5 g de muestra en 20 ml de agua destilada, dejando un periodo de reposo de 15 minutos. Una vez transcurrido el tiempo, se introdujo el electrodo y se anotó la lectura estabilizada (Sadzawka R, A., M.A. Carrasco R., R. Grez Z. & M.L. Mora G. 2005)

3.4.3 Variables microbiológicas

Para este análisis, se utilizó una muestra compuesta de cada tratamiento teniendo solo 4 muestras en total de las 12 repeticiones. El tratamiento 2 no fue posible utilizarlo en este análisis debido a que fue sometido a altas temperaturas antes de poder tomar una alícuota. Por otro lado, también se utilizaron los medios de cultivo agar papa-dextrosa (PDA) y agar nutritivo en diferentes escalas de pH.

Al iniciar, se colocaron 10 g de cada tratamiento en un matraz (PYREX) con 90 ml de agua estéril, los cuales se agitaron en una parrilla de agitación con ayuda de una barra magnética por 10 minutos. Posteriormente, cada matraz fue abierto en una campana de extracción (LABCONCO) creando un área estéril con ayuda de lámparas de alcohol para después, hacer diluciones decimales con una micropipeta (Science Med) tomando 1 ml de la muestra compuesta y depositándolo en un tubo de ensaye (dilución -1) que contenía 9 ml de agua estéril, se cerró la boca del tubo de ensaye y se agitó en el vortex. Para seguir con las diluciones, se tomó 1 ml del tubo de ensaye ya agitado y se colocó en un tubo de ensaye nuevo (dilución -2) con sus respectivos 9 ml de agua estéril, se cerró y se agitó. Este procedimiento se repitió hasta obtener diluciones a la -9. El método utilizado para las diluciones decimales y vaciado en placa se encuentra dentro del manual de Valdés (1980, citado por Luna-Vega, A., et al., 2019)

Por otro lado, se utilizó el medio de cultivo PDA para el conteo de hongos y actinomicetos que, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, para el conteo de hongos el pH debe ser de 5.5. Para su ajuste, se empleó NaOH al 0.1 N el cual se fue colocando en el medio líquido por medio de pequeñas gotas hasta obtener el pH deseado. En el caso del conteo de actinomicetos, el pH recomendado es neutro y fue ajustado a 7.2 con ayuda de NaOH al 0.1 N. También fue requerido el agar nutritivo para el conteo de bacterias, el cual fue preparado de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Una vez listos y rotulados los agares, estos fueron esterilizados en la autoclave (Tuttnauer) a 121°C por 15 minutos. (Marielsa Gil. 2019)

Tan pronto como los medios de cultivo fueron enfriados, estos se vaciaron en placas Petri y se esperó su solidificación en la campana de extracción. Para continuar, una vez ya sólidas las cajas Petri, estas fueron inoculadas con 500 µg de las diluciones requeridas que se aprecian en la tabla 6 y con ayuda de una espátula de digralski fue esparcido por toda la caja Petri. Enseguida las cajas fueron rotuladas y almacenadas en la estufa de cultivo (ECOSHEL).

Tabla 7. Diluciones utilizadas para los medios de cultivo.

Tratamiento	Diluciones para Bacterias		Diluciones para Hongos		Diluciones para Actinomicetos		Repeticiones
1	-6	-9			-5	-7	3
3	-6	-9			-5	-7	3
4	-6	-9			-5	-7	3
5	-6	-9			-5	-7	3
	37°C				30°C		
	Temperatura						

Nota. Diluciones y temperaturas utilizadas de cada tratamiento para el inóculo en cajas Petri; Agar nutritivo para bacterias, Agar PDA con pH de 5.5 para hongos y Agar PDA con pH de 7.2 para actinomicetos.

Fuente: Propia, 2021.

Para finalizar, las bacterias fueron contadas a los 3 días después de haber sido inoculadas. Mientras que los hongos y los actinomicetos fueron contados hasta los 7 días.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

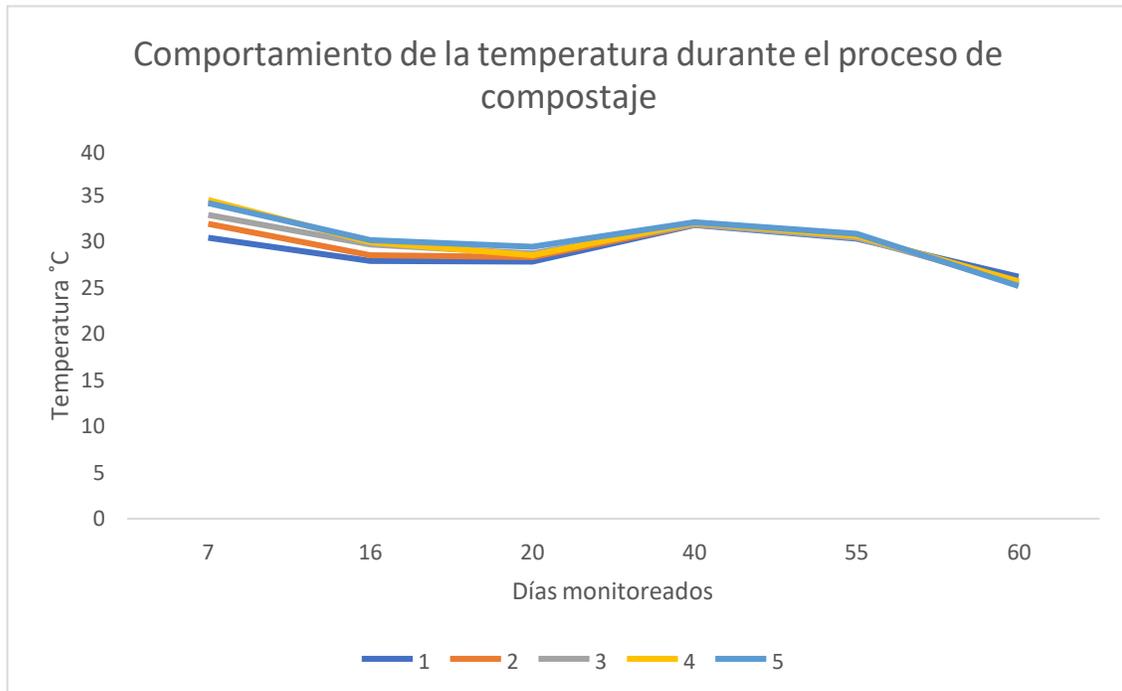
4.1 Proceso de elaboración de las compostas

Durante el proceso de composteo, se observaron cambios físicos como el color, olor y textura, esto por la presencia del proceso de degradación de los residuos. Las compostas presentaron temperaturas desde los 25°C hasta los 34.5°C como se muestra en la figura 8, en la que según López Clemente., X. (2011) la composta alcanzó la fase mesófila, sin embargo, no hubo mayor aumento de la temperatura manteniéndose en un rango no mayor a 35°C. El compostaje es un proceso que permite una amplia gama de poblaciones como bacterias, hongos y actinomicetos, con el paso del proceso van apareciendo diferentes microorganismos de formas resistentes por lo que la temperatura hace inviable su actividad; en la pila de residuos a compostar se pudieron observar algunos macroorganismos fermentadores permitiendo la aireación y consumo de materia orgánica.

En el tratamiento 1 (100% R.P) se notó un lento proceso y sin rastro de macroorganismos al compararlo con el tratamiento 5 (100% C.N) que presentó alta actividad de macroorganismos y elevada temperatura. Con el paso del tiempo, el tratamiento 1 fue expidiendo lixiviado, lo que ocasionó un lento proceso de compostaje, así como el apelmazamiento de los residuos. En el día 16, los tratamientos 3 (50/50 de R.P y C.N), 4 (30% R.P y 70% C.N) y 5 presentaron texturas terrosas y una ligera disminución de la masa, mientras que el tratamiento 1 y 2 (70% R.P y 30% C.N) presentaron texturas pegajosas junto con la presencia de lixiviado.

Para el día 60, la mayoría de los tratamientos presentaban temperaturas iguales a las del medio ambiente, así como un pH ligeramente alcalino no mayor a 8.5.

Figura 8. Comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje.



Fuente: Propia, 2021.

4.2 Características físicas

4.2.1 Tamaño de partícula

Al final del proceso de compostaje, en el tratamiento 4 (30% R.P y 70% C.N) y el tratamiento 5 (100% C.N) se obtuvo un tamaño de partícula de 2 cm. Dicho valor se encuentra dentro del rango ideal que va desde 1.6 cm hasta 3 cm (Román., P., et al. 2013; DOF. 2018; Pérez López, L. 2012), lo cual indica que el tamaño de la partícula influye de manera positiva logrando una correcta aireación y un adecuado acceso al sustrato durante el proceso de compostaje. En los tratamientos 2 (70% R.P y 30% C.N) y 3 (50/50% R.P y C.N), los resultados obtenidos presentaron un tamaño de partícula de 2.5 cm respectivamente por lo cual, se encuentran dentro del rango ideal.

Sin embargo, el tratamiento 1 (100% R.P) presentó un tamaño de partícula de 4 cm, medida que se encuentra fuera del rango ideal añadiendo que, el raquis es conocido por la producción de lixiviado (Álvarez E., et al. 2013), por lo cual se obtuvo una composta con residuos muy compactos debido a una excesiva humedad.

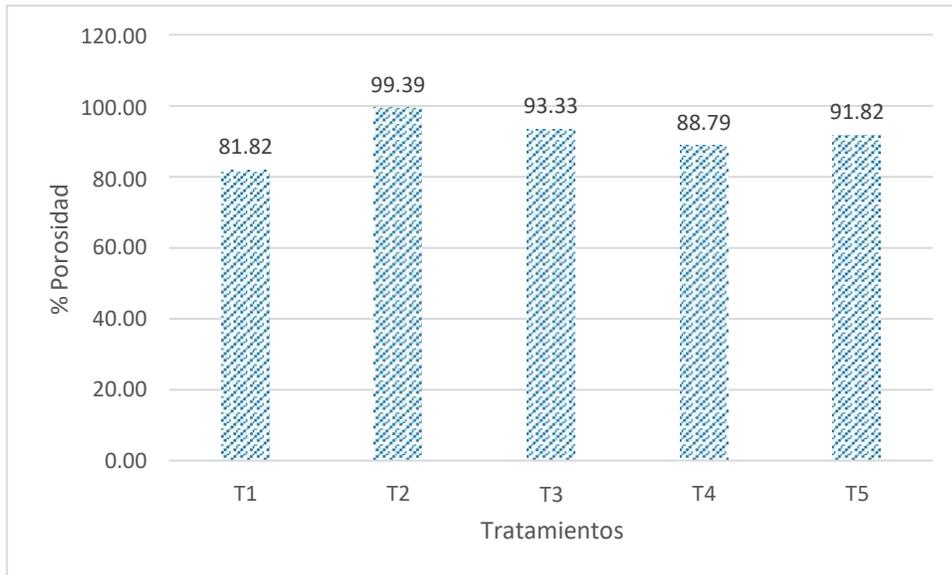
Para poder realizar los análisis físicos, todos los tratamientos y sus repeticiones fueron sometidos a un horno desecador a $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 72 horas para reducir su porcentaje de humedad próximo a cero. Una vez secos, se sometieron a un tratamiento de molienda con ayuda de un molino de mano (GONDENWALL) reduciendo el tamaño de partícula para poder realizar sus respectivos análisis.

4.2.2 Porcentaje de porosidad

Pire, R. y Pereira A. (2003) definen el porcentaje de porosidad como "La porción no sólida del volumen del sustrato, representando el volumen de aire del material seco en estufa, expresado como porcentaje del volumen total". Con el método de Tukey se obtuvo que los tratamientos 1 (100% R.P) y 2 (70% R.P y 30% C.N) son significativamente diferentes entre sí, debido a que el tratamiento 1 presenta el menor porcentaje de porosidad al compararlo con el tratamiento 2, que resulta tener el porcentaje más alto de este parámetro, de acuerdo con los valores que se muestran en la figura 9.

El espacio poroso está determinado por la densidad aparente, el tamaño, forma y distribución de la partícula, así como la disponibilidad del agua y aire en el sustrato. Un sustrato ideal presenta un porcentaje de porosidad mayor a 85% (López-Clemente, X.A, et al. 2015), siendo solamente el tratamiento 1, el que se encuentra fuera de este parámetro.

Figura 9. Porcentaje de porosidad de las medias de los tratamientos.



Nota. T1=100 R.P, T2=70/30 R.P-C.N, T3=50/50 R.P-C.N, T4=30/70 R.P-C.N, T5= 100 C.N.
Fuente: Propia, 2021.

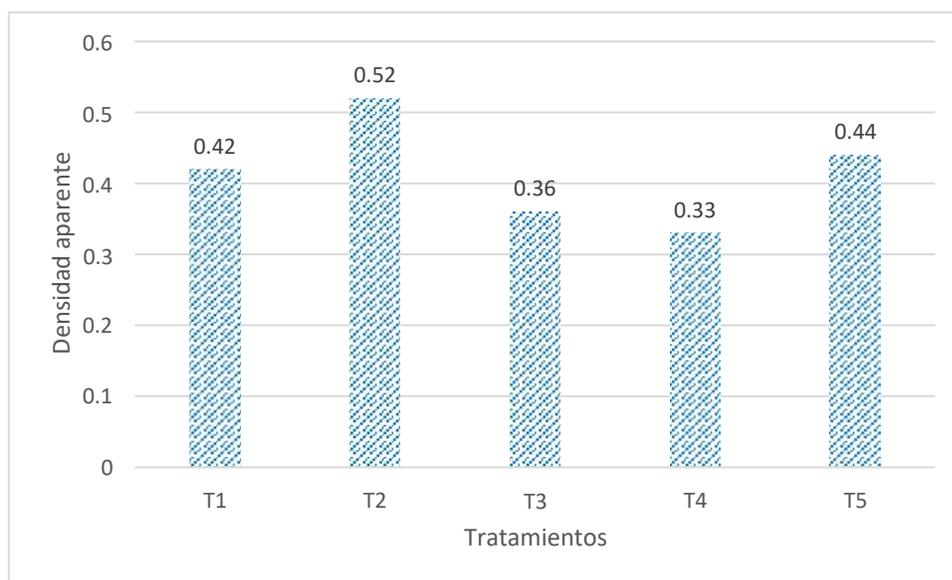
4.2.3 Densidad aparente

La densidad aparente está representada por el peso seco del medio en relación al volumen total que ocupa, a mayor densidad aparente menor son las condiciones de drenaje y porosidad. En otras palabras, es la medida que describe la compactación del suelo representando una relación del suelo y el espacio poroso (Luna-Vega, et al. 2015).

Para este parámetro, el análisis de varianza demostró que al menos un tratamiento es significativamente diferente a los otros, demostrado con la prueba de Tukey en donde existen diferencias significativas entre los tratamientos 2 (70% R.P y 30% C.N) y 4 (30% R.P y 70% C.N) con una densidad aparente de $0.52 \frac{g}{cm^3}$ y $0.33 \frac{g}{cm^3}$ respectivamente. Mientras que para los tratamientos 1 (100% R.P), 3 (50/50% R.P y C.N) y 5 (100% C.N) la diferencia no es significativa mostrándose los resultados en la figura 10. En 2015 Luna-Vega obtuvo una densidad aparente de $0.85 \frac{g}{cm^3}$

Para una composta de residuos de cítricos, por el contrario, López-Clemente, X. A., et al. (2015) reportó una densidad aparente de $0.29 \frac{g}{cm^3}$ para una composta de cáscara de naranja. De acuerdo con Rizo E., (2016) la densidad aparente para asegurar una composta de calidad se debe encontrar entre $0.475 \frac{g}{cm^3}$ y $0.6 \frac{g}{cm^3}$ por tanto, el tratamiento 2 se encuentra dentro del rango con $0.52 \frac{g}{cm^3}$.

Figura 10. Densidad aparente de cada tratamiento.



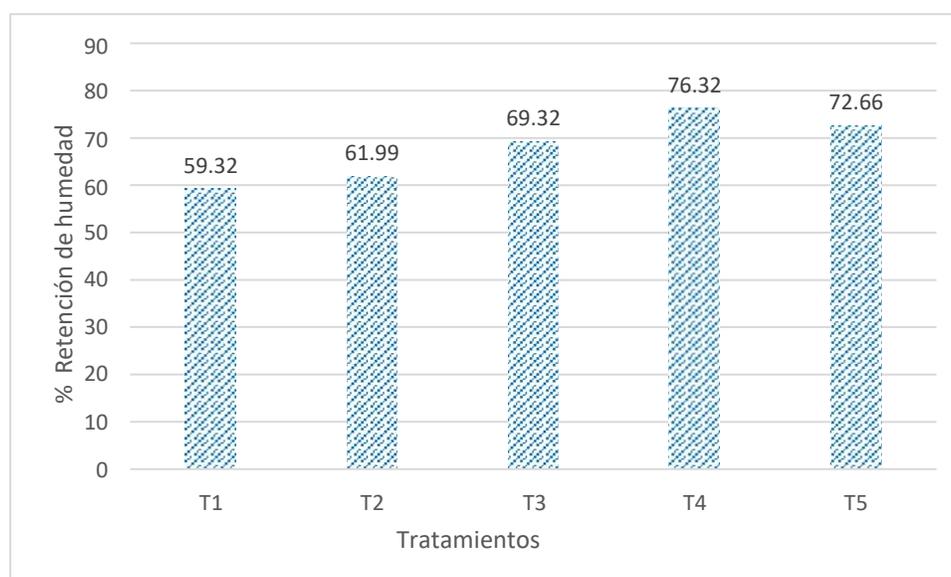
Nota. T1=100 R.P, T2=70/30 R.P-C.N, T3=50/50 R.P-C.N, T4=30/70 R.P-C.N, T5= 100 C.N.
Fuente: Propia, 2021.

4.2.4 Porcentaje de retención de humedad

Las propiedades de la composta que toman mayor relevancia para la mejora de las características físicas del suelo son el porcentaje de retención de agua y la densidad aparente. Definiendo a la primera como la cantidad de agua retenida en los poros luego de la pérdida de agua gravitacional en un determinado tiempo. (Tello P, Lily D, Vega R & Ruby A. 2014). El rango de porcentaje de retención de humedad para una composta madura oscila entre 20% y 30% (Ansorena, 1994; Cadahia, 2005, citado por Pérez López, L. 2012). Sin embargo, en el Diario Oficial de la Federación [DOF] en 2018, se establece un porcentaje de retención de humedad del 75% para una composta terminada, siendo el 100% el porcentaje preferencial. Pire, R. y

Pereira A. (2003) obtuvo un porcentaje de retención de humedad para los distintos sustratos hortícolas como fibra de coco, aserrín de coco, cáscara de arroz, bagazo de caña y arena fina, los cuales fueron 63.4%, 70.1%, 16.6%, 42.4% y 32.6% respectivamente. Con el análisis de varianza se determinó que los tratamientos 1 (100% R.P) y 4 (30% R.P y 70% C.N) son significativamente diferentes entre sí, como se muestra en la figura 11, con base a los resultados obtenidos y respecto a los valores del DOF (2018), el tratamiento 4 resulta ser el más óptimo debido a su porcentaje de retención de humedad del 76.32%.

Figura 11. Porcentaje de retención de humedad de las medias de cada tratamiento.



Nota. T1=100 R.P, T2=70/30 R.P-C.N, T3=50/50 R.P-C.N, T4=30/70 R.P-C.N, T5= 100 C.N.

Fuente: Propia, 2021.

4.3 Variables químicas

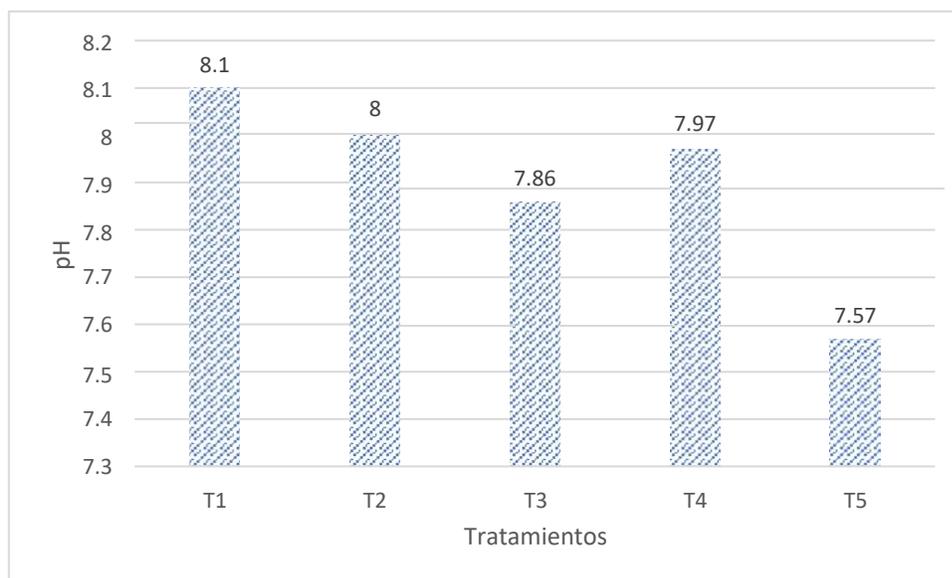
4.3.1 pH

El pH es una variable importante en los suelos agrícolas, puesto que, afecta directamente la absorción y asimilación de los nutrientes presentes en el suelo por las plantas. El pH óptimo de estos suelos debe variar de entre 6.5 y 7 para obtener mejores rendimientos y la mayor productividad, siendo este, un rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables (Prasad y Power, 1997, citado por Catalán

Salas G. en 2016).

Como se muestra en la figura 12, de acuerdo a la prueba de comparación estadístico de Tukey ($\alpha=0.05$), todos los tratamientos no presentan diferencias significativas entre ellos, donde autores como Román., P, et al. (2013) especifican un amplio rango de pH para las compuestas que va desde 6.5 hasta 8.5, dicho rango debe ser cumplido para considerarlas compostas maduras. Durán, L. & Henríquez, C. (2007) obtuvieron valores muy cercanos de pH en una vermicompost de residuos de banano con un valor de 9. Por el contrario, López Mtz, J., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E & Valdez Cepeda, R. (2001) reportaron un valor de pH de 8.30 para compostas de residuos de cosecha, al igual que López-Clemente, X.A, et al. (2015) quien realizó una composta a base de cáscara de naranja obteniendo un pH de 7.9 al final del proceso de composteo.

Figura 12. Valores de pH de cada tratamiento.



Nota. T1=100 R.P, T2=70/30 R.P-C.N, T3=50/50 R.P-C.N, T4=30/70 R.P-C.N, T5= 100 C.N.
Fuente: Propia, 2021.

4.4 Variables microbiológicas

Se realizó una cuenta total de microorganismos presentes al final del proceso de composteo, la presencia de microorganismos es importante en la descomposición

de las mezclas orgánicas. Las bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen algunos Bacillos termófilos. El 10% de la descomposición es realizada por bacterias, del 10 -30% es realizada por actinomicetos (Meléndez & Soto, 2003). Según Brock et al (1987), entre los *Bacillus* existen muchas especies que son promotoras de crecimiento de la planta, otras son antagonistas de muchos patógenos fungosos.

Por lo que se concluye que la presencia de bacterias y hongos estuvo presente durante todo el proceso de descomposición, el tratamiento 2 (70% R.P y 30% cáscara de naranja) presentó una cuenta total de hongos de 1.98×10^8 UFC/g siendo el valor más representativo entre los tratamientos.

Con respecto a las bacterias presentes en el composteo, el tratamiento 1 (100% R.P) se obtuvo una cuenta total de 1.6×10^9 UFC/g. Es recomendable que se realice un recuento de la población de los microorganismos presentes en las diferentes etapas del proceso de compostaje y determinar la especie de los mismos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones del proyecto

- El uso de residuos agroindustriales como la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) y raquis de plátano (*Musa paradisiaca* var. *reticulata*) son propuestos para la elaboración de compostas es una forma de valorización de los mismos.
- Con base a los resultados obtenidos, el tratamiento que resulta adecuado y que se ajusta en gran medida a las especificaciones para poder considerarla como composta madura es el tratamiento 2, conformado por 70% raquis de plátano y 30% cáscara de naranja. Debido a que dicho tratamiento presenta un tamaño de partícula de 2.5 cm, un porcentaje de porosidad de 99.39% y una densidad aparente de $0.52 \frac{g}{cm^3}$. Mientras que para los parámetros de porcentaje de retención de humedad (con valor de 62.9%) y pH (con valor de 8) se encuentran próximos a los rangos óptimos para una composta. Por su parte, el tratamiento 5 resultó ser el más próximo a los parámetros como tamaño de partícula, porcentaje de porosidad y densidad aparente.
- La aplicación de compostas incrementa el crecimiento y producción de cultivos respecto al suelo sin adición de fertilizantes, pero además la aplicación continua de la misma puede mejorar la calidad de los suelos y disminuir problemas como la erosión.
- La presencia de bacterias y hongos estuvo durante todo el proceso de descomposición favoreciendo la degradación del material orgánico.
- La composta a base de cáscara de naranja (30%) y raquis de plátano (70%) puede ser utilizada como mejorador de suelos, así mismo, si se mezcla material inerte o materia orgánica que logre mejorar sus características fisicoquímicas.

5.2 Aportaciones originales

La elaboración de composta a base de residuos agroindustriales como lo son la cáscara de naranja y el raquis de plátano, son una mezcla diferente que ofrece una alternativa al uso y desecho de estos residuos presentes en la región de Tlapacoyan, Ver; debido a que puede proporcionar nutrientes al suelo.

5.3 Limitaciones del modelo planteado

Actualmente ante la situación de COVID-19 la realización del proyecto contó con limitaciones para su desarrollo. Por lo que las condiciones de adaptación fueron las más similares propuestas por algunos autores en el diseño y elaboración de compostas.

- Falta de un molino de cuchillas para disminuir el tamaño de partícula de los residuos para la preparación de composteo.
- Uso de reactivos que no se encuentran disponibles en el laboratorio.
- Falta de espacio amplio para colocar mayor cantidad de residuos y lograr una clara lectura de parámetros.
- Instrumentos adecuados para la medición de parámetros durante el proceso de compostaje.

5.3 Recomendaciones

- Se recomienda un análisis de fitotoxicidad a cada tratamiento para poder añadirlo como abono sin dañar a semillas o plantas ya establecidas.
- Se recomienda establecer la relación carbono-nitrógeno antes de iniciar y al final del proceso de compostaje.
- Se recomienda el escalamiento de pilas de residuos mayor a 50 kg.
- Identificar los microorganismos presentes en las distintas etapas de la composta.

CAPÍTULO VI COMPETENCIAS DESARROLLADAS

6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas

Las competencias desarrolladas a lo largo del proceso de este trabajo son:

- Capacidad de Liderazgo
- Responsabilidad
- Autoconfianza
- Capacidad para organizar los eventos a futuro
- Capacidad de adaptarse a entornos diferentes
- Habilidad para poner en práctica métodos de microbiología
- Habilidad en el uso y calibre del potenciómetro
- Habilidad para la aplicación de análisis fisicoquímicos
- Habilidad para la comunicación verbal
- Habilidades interpersonales

Dichas competencias fueron desarrolladas a lo largo de la carrera y aplicadas en el trabajo de residencia ayudando a sustentar y mejorar el uso de los laboratorios, equipo y reactivos.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias

- Álamo, capital de la naranja (6 de marzo de 2018). La opinión de Poza Rica.
<https://www.laopinion.net/alamo-capital-la-naranja/>
- Alejandro. (2014). Microorganismos implicados en el proceso de elaboración de compost.
<https://www.ugr.es/~cjl/compost.pdf>
- Altamirano, M & Cabrera, C. (2016). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, UNMSM, (9) 17.
- Alvarado, T., & Hernandez, A. (2018) Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales 5(2), 9-32, doi.org/10.23850/24220582.1393
- Álvarez E., Pantoja. A., Ceballos G., & Gañan L. (2013). Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje cafetalero de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Anatomía de una naranja: las partes principales de este cítrico. Naranjas Don Gusto.
- ARCA BLOGS. (29 de mayo del 2021). Conoce la morfología del plátano [Archivo de video].
<https://www.youtube.com/watch?v=pCp0-cUBdHk>
- Atarés Huerta, L. (2015) Determinación de la porosidad. ETSIAMN, Universidad Politécnica de Valencia.
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52102/20.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20porosidad.pdf?sequence=1#:~:text=La%20densidad%20aparente%20es%20el,los%20granos\)%5B2%5D](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52102/20.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20porosidad.pdf?sequence=1#:~:text=La%20densidad%20aparente%20es%20el,los%20granos)%5B2%5D).
- Bartolo Salazar, F. (4 de febrero de 2018). Repunta el precio de la naranja. El Heraldo de Martínez. <https://elheraldodemartinez.com.mx/estado/martinez-de-la-torre/65609-repunta-el-precio-de-la-naranja.html>

- Bello-Gutierrez, J. (2005) Calidad de vida, alimentos y salud humana: Fundamentos científicos. Dias de Santos, pp 323.
- Bernal M., Albuquerque J., & Moral R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*. 100: 54444
- Cabrera Córdova, V. (2016). Propuesta para la elaboración de composta a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria la Molina]
- Carchi M., D (2014). Aprovechamiento de los residuos agrícolas provenientes del cultivo de banano para obtener nanocelulosa. [Tesis de Licenciatura Especialista en Ingeniería Química. Universidad de Cuenca, Ecuador.]
- Catalán Salas G. (08 de noviembre de 2016) El pH del suelo en la agricultura. *Nutrición y Salud vegetal*, Agropal S.L. <http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/>
- Centro de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) Panorama agroalimentario 2020. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>
- Cerón-Salazar, I. y Cardona-Alzate, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja. *Ingeniería y ciencia*, 7(13), 65-86.
- Chavéz Montes W. (2011). Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx. [Tesis de Maestría, Centro de Investigación de Materiales Avanzados].
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf>
- Chica Pérez, A.F., & Moral Herrero, R. (2015). De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad III Procesos de biotransformación de la materia orgánica; *Ingeniería y aspectos técnicos de la estabilización aeróbica*. Madrid Mundi-Prensa.

- Cruz Aguilar, R. (2014) Evaluación financiera y socioeconómica del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chapingo] https://www.researchgate.net/publication/282649785_EVALUACION_FINANCIERA_Y_SOCIOECONOMICA_DEL_SISTEMA_AGROFORESTALTRADICIONAL_CAFE-PLATANO-CITRICOS_EN_EL_MUNICIPIO_DE_TLAPACOYAN_VERACRUZ
- Cruz Aguilar, R., Uribe Gómez, M., Leos Rodríguez, J, A., Rendón Medel, R., & Cruz León, Artemio (2015). TIPOLOGÍA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DEL SISTEMA AGROFORESTALTRADICIONAL CAFÉ- PLÁTANO-CÍTRICOS EN EL MUNICIPIO DE TLAPACOYAN, VERACRUZ. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*,18(3),323-334
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93944043015>
- Cuevas, P. [Huerto los epazotes]. (03 de marzo de 2019). Composta con cáscara de naranja (mi experiencia AGRICULTURA ORGÁNICA). [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=xNBD5OP6v8I>
- Diario Oficial de la Federación (2018). Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. (NMX-AA-180-SCFI-2018). <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>
- Duque A., & Bohórquez Y. (2000). Modelo para la determinación de pérdidas postcosecha del plátano Dominico-Hartón (Musa ABB SIMMONDS) Producido en el Departamento del Quindío. Poscosecha y Agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Corpoica, Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de cafeteros del Quindío, COLCIENCIAS, Fudesco, Armenia, pp. 153-158.

- Durán, L., & Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1),41-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43631105>
- El Universal (01 de abril de 2017). ¿Qué tantas variedades de plátanos conoces? <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/menu/2017/04/1/que-tantas-variedades-de-platano-conoces>
- Escobar N., Mora J., & Romero, N. J (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. *Boletín científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*. 16 (1), 75-88.
- Fagiani, M.J. & Tapia, A.C. (2007). El cultivo de banano "Prácticas de manejo" INTA, El tabacal - Salta. 92 pp.
- García Vázquez., B. (2017). Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en Pucallpa. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://docplayer.es/142839344-Universidad-nacional-de-ucayali.html>
- Gehr W. & Grobe K. (1997). Yard Trimmings Products. Use Guide. "Agriculture in Partnership with San Jose". Pp. 1-16
- Gobierno del Estado de Colima (2005). Paquete tecnológico para el cultivo del plátano, INIFAP. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro/Campo Experimental Tecoman., pp. 8-10.
- Godoy Espinoza., V. (2012). Valoración de la composición química y cinética de fermentación y degradabilidad ruminal in vitro de dietas con diferentes inclusiones de harina de banano y urea. [Tesis de Maestría, Universidad de Córdoba]. http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/12_11_19_Godoy.pdf

- González Paz., J. (2015). Tratamiento anaerobio del efluente proveniente del proceso de una industria citrícola en un reactor híbrido. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Orizaba].
- Gonzalo (7 de mayo de 2015). Anatomía de una naranja. Comprar naranjas. <https://www.naranjasdelcarmen.com/blog/el-exprimidor/2015/05/07/anatomia-de-una-naranja/>
- Grohmann K., Cameron R.G., & Buslig B.S. (1995). Fermentation of sugars in Orange peel Hydrolysaates to Ethanol by Recombinat Escherichia coli K011. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 51, 423-435.
- Grupo Altex. (2019) Productos. <https://www.grupoaltex.com/productos/>
- Gutiérrez Rico, V., & Sequeiros, R. (2017). Cosecha, post cosecha y transformación de la naranja, Guía para participantes. https://formaciontecnicabolivia.org/sites/default/files/publicaciones/guia_cosecha_postcosecha_y_transformacion_de_la_naranja.pdf
- Hafner, G., Reiser, M., & San Martin R. (2018). Principios básicos del compostaje de pulpa de café, Guía Informativa. Universität Stuttgart.
- Hernández Hernández, A. (2003). La composta, su elaboración y beneficio. [Monografía de pregrado, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"]
- Hernández Trujillo, J. & Botello Triana, J. (2017). El papel del entorno en las modificaciones de la estructura regional de la producción de limón y de naranja en México. *Análisis Económico*, XXXII(80),93-118. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41352782006>
- Hernández Zumbado., D. (1991). Guía tecnología, cultivo de cítricos. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-1856.pdf>

- Herrera, F. (1999). Tlapacoyan. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30183a.html>
- Jarillo Gasca O., (2018). Plan de Desarrollo Municipal. <https://tlapacoyanver.gob.mx/PDFs/tramites/plandedesarrollomunicipal.pdf>
- Jarre, E. (2015). Planta de compostaje de RSU y Residuos Cítricos Industriales. [Archivo PDF] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70677/fichero/06.8.+INGENIER%C3%8DA+DEL+COMPOSTAJE.pdf>
- Jiménez Coello., C (2017). Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico. [Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur] http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/9MMIH2FGXFUT53TBDJTM15FLQ7HDVN.pdf
- Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos durante el proceso de compostaje. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file#:~:text=Las%20m%C3%A1s%20importantes%20son%20bacterias,microorganismos%20existente%20en%20el%20compost.>
- León, J. 1989. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales, Tomo II, Ed. IICA, Costa Rica.
- Li, S., Lo, C., & Ho, C. (2006). Hydroxylated polymethoxyflavones and methylated flavonoids in sweet orange (*Citrus sinensis*) peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(12): 4176-4185.

- López Clemente., X. (2011). Caracterización de compostas derivadas de residuos orgánicos enfocadas a su uso como sustratos. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico nacional].
- López Mtz, J., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E., & Valdez Cepeda, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19 (4), 293-299.
- López-Clemente, X. A, Robles-Pérez, C, Velasco-Velasco, V. A, Ruiz-Luna, J, & Enríquez-del Valle, J. R, & Rodríguez-Ortiz, G. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 22(2),145-152.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10439327005>
- Los frutos cítricos y su fisiología (2011).
https://www.tecnicoagricola.es/categoria/calidad_en_citricos/page/20/
- Luna, F. (2019) Acusan a jugueras de Martínez de la Torre de contaminar el río Bobos. Hora Cero. <https://horacero.mx/2019/04/01/acusan-a-jugueras-de-martinez-de-la-torre-de-contaminar-el-rio-bobos/>
- LUNA-VEGA, A., GARCÍA-SAHAGÚN, M., PIMIENTA-BARRIOS, E & RODRÍGUEZ-GUZMÁN, E. (2019). Evaluación, Física, Química y Biológica de compostas tipo bocashi elaboradas con estiércol de bovino, ovino, cerdo y conejo más una vermicomposta. *Revista de energía Química y Física*, 6(20), 33-40
- Luna-Vega., A, García-Sahagún., M, Rodríguez-Guzmán., E & Pimienta-Barrientos., E. (2015). Calidad agronómica de composta con residuos cítricos. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(3), 354-361.
- Marielsa Gil. (22 de marzo de 2019). Agar papa dextrosa: fundamento, preparación y uso. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/agar-papa-dextrosa>

- Martínez Jiménez. A., García Salazar. J., García de los Santos. G., Mora Flores. J., Matus Gardea., J. (2020) Control de la oferta de naranja en México como mecanismos para controlar volatilidad de precios. *Fitotec. Mex* 43(2) 223-231
- Mazzeo, M., León, L., & Mejía Gutiérrez, L. (junio de 2010). Aprovechamiento Industrial de residuos de cosecha y postcosecha del plátano en el departamento de caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, (9), 128-139.
- Meier. G & Meier D. (28 de diciembre de 2012). Como conservar cítricos deteriorados por heladas. Federación del Cítrus de Entre Ríos. https://www.fecier.org.ar/public/noticias/1375_como-conservar-citricos-deteriorados-por-heladas.html
- Molina, E. (2001) Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas*. (40).
- Moreno Casco, J. (2008). *Compostaje*. Mundo prensa libros.
- Moreno-resendéz. A., Reyes Carrillo. J & Escobedo. S. (2016). Corte transversal y longitudinal de la naranja Navel o de ombligo. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-a-Corte-transversal-y-b-longitudinal-de-una-naranja-Navel-o-de-ombligo_fig32_316741650
- Padilla-Camberos, E., Lazcano-Díaz, E., Flores-Fernández, J.M., Owolabi, M.S., Allen, K., & Villanueva-Rodríguez, S. (2014). Evaluation of the inhibition of carbohydrate hydrolyzing enzymes, the antioxidant activity, and the polyphenolic content of citrus limetta peel extract. *The Scientific World Journal*.
- Pérez López, L (2012). Determinación de algunas propiedades de calidad de la composta producida a partir de esquilmos de maíz y frijol. [Tesis, Universidad de Guadalajara]. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5529/Pe rez_Lopez_Luis_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinzón-Bedoya, M & Cardona Tamayo, A. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 6, núm. 1, 2008, pp. 1-23.

- Pire, R. y Pereira A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta Metodológica. Bioagro, 15 (1).
- Pravia A., & Sztern, D. (2016). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Oficina de planeamiento y presupuesto; Unidad de desarrollo municipal.
- Prévez. L., & Sánchez-Osuna. M. (2007). Manual de producción más limpia para el sector industrial cítrico. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial.
- Quiceno, M., Giraldo, G., & Villamizar, R. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. UG Ciencia 20. 48-54
- Quiroz Valle., E. (2009). Utilización de residuos de cáscara de naranja para la preparación de un desengrasante doméstico e industrial. [Trabajo de grado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio Institucional-Universidad Internacional SEK.
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, 2014, vol. 35, no. 4, pp. 52-59.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f). Naranja. En diccionario de la lengua española. Recuperado el 13 de septiembre del 2021, de <https://dle.rae.es/naranja>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f).Plátano. En diccionario de la lengua española. Recuperado el 27 de septiembre del 2021, de <https://dle.rae.es/platano>
- Red Agroactiva (24 de marzo de 2021). Morfología de la planta de plátano. <https://redagroactiva.com/morfologia-de-la-planta-de-platano/>
- Rincón, Alicia M, Vásquez, A, Padilla, Marina, & C, Fanny. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de piel de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. Archivos

Latinoamericanos de Nutrición , 55 (3), 305-310.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013&lng=en&tlng=en.

Rizo E., (9 de agosto de 2016) Los pros y contras del uso de composta en el suelo.
<https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/60840/>

Román., P, Martínez., M & Pantoja., A. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura.

Romero, C., Chirinos, R., & López, R. (2004). Elaboración de un abono orgánico a partir de la cáscara de la semilla del árbol de Neem (*Azadirachta indica*). Revista INGENIERÍA UC, 11(1),35-40. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70711105>

Sarmiento, J. (28 de octubre de 2016). En Martínez de la Torre inicio temporada alta de cosecha del cítrico dulce. Agencia de noticias RTV. <https://www.masnoticias.mx/en-martinez-de-la-torre-inicio-temporada-alta-de-cosecha-del-citrico-dulce/>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Aumentó 2.9% producción de plátano mexicano en 2020. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumento-2-9-por-ciento-produccion-de-platano-mexicano-en-2020?idiom=es>

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Storino, F. (2017). Compostaje descentralizado de residuos orgánicos domiciliarios a pequeña escala: estudio de proceso y del producto terminado. [Tesis de doctorado, Universidad Pública de Navarra]

Suazo Abarca, S. (2007). Desarrollo de un aderezo a partir de un cítrico subutilizado regionalmente. [Trabajo de Investigación, Instituto Politécnico Nacional].

- Susan Tepetlan. P., Noa Carranza. J., & Flores Estévez. (2017). Estado del Cultivo de Plátano (*Musa sp*) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Instituto de biotecnología y Ecología aplicada, Universidad Veracruzana. (4)
- Tello P, Lily D, & Vega R, Ruby A. (2015). Metodologías para determinar la retención de humedad y la densidad en el compost. *Canales científicos* 76(1), 186-192. (Archivo PDF)
- Tenorio Dominguez, M. (2016). Flavonoides extraídos de la cáscara de naranja tanguelo (*Critus reticulata* x *Citrus paradisi*) y su aplicación como antioxidante natural en el aceite vegetal sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Scientia Agropecuaria*, 7(4), 419431. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.07>
- Tripodo MM., Lanuzza F., Micali G., Coppolino R., & Nucita F. (2004). Citrus waste recovery: a new environmentally friendly procedure to obtain animal feed. *Bioresource Technology*, 91 (2), 111-115
- TV UJAT. (19 de marzo del 2018). EMPLEO DE RESIDUOS BANANEROS EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS [Archivo de Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=anUCEigVYk8>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Figura 10. Tratamientos y sus repeticiones.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 11. Tratamiento 5, día 60.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 12. Equipo utilizado para medir pH, temperatura y humedad.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 13. Tamaño de partícula de los tratamientos durante el proceso de compostaje.



Nota. Izquierda: Tratamiento 2, Derecha: Tratamiento 5.

Fuente: Propia, 2021.

Figura 14. Tratamiento 1 después del proceso de secado.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 15. Proceso de elaboración del análisis de Porcentaje de retención de humedad.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 16. Proceso de elaboración del análisis de Porcentaje de porosidad.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 17. Preparación del medio de cultivo Agar Nutritivo.



Fuente: Propia, 2021.

Figura 18. Modificación de pH en medios de cultivo



Fuente: Propia, 2021.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

YOMARA MICHELL

MORGADO

GUERRERO

Con Número de
Control **17TE0641**

Pertenece al
Programa Educativo **INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

ELABORACIÓN DE COMPOSTA A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PROCEDENTES DE LA REGIÓN DE TLAPACOYAN, VERACRUZ.

Correspondiente al periodo:

AGOSTO 2021-ABRIL 2022

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

MBP. JACQUELIN LEÓN BÁEZ

ATENTAMENTE

YOMARA MICHELL MORGADO GUERRERO

Nombre y firma

Fecha de emisión: **13/04/2022**
c.c.p. Subdirección Académica

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de figuras

Figura 1. Hollejo cítrico	12
Figura 2. Anatomía de una naranja a través de un corte transversal.	17
Figura 3. Partes de la planta del plátano.	24
Figura 4. Fases del compost.	30
Figura 5. Sistema abierto de pilas móviles	34
Figura 6. Sistema cerrado con aireación forzada	36
Figura 7. Técnica del puño.	41
Figura 8. Comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje.	48
Figura 9. Porcentaje de porosidad de las medias de los tratamientos.	50
Figura 10. Densidad aparente de cada tratamiento.	51
Figura 11. Porcentaje de retención de humedad de las medias de cada tratamiento.	52
Figura 12. Valores de pH de cada tratamiento.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Índice de tablas

Tabla 1. Variedades comerciales de naranja.	18
Tabla 2. Método empírico para medir la humedad en suelos.	31
Tabla 3. Condiciones Óptimas en el proceso de compostaje.	32
Tabla 4. Microorganismos y macroorganismos presentes en la composta.	35
Tabla 5. Formulación de las distintas compostas en cada repetición.	38
Tabla 6. Datos recolectados de temperatura, pH y % Humedad.	41
Tabla 7. Diluciones utilizadas para los medios de cultivo.	45