



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“Evaluación de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA
AGRÓNOMA

AUTOR

María Fernanda Rumipamba Curicama

TUTOR

Ing. Agr. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán Mg.

Cevallos - Ecuador

Año 2022

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La suscrita María Fernanda Rumipamba Curicama, portadora de cédula identidad número: 1805190988, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “Evaluación de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

Nombre y firma del postulante.



María Fernanda Rumipamba Curicama

C. I. 1805190988

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “Evaluación de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autora, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él”.



MARÍA FERNANDA RUMIPAMBA CURICAMA

“Evaluación de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General”

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**ALBERTO
CRISTOBAL**

.....GUTIERREZ, ALBAN.....

Ing. Agr. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

.....

...12/09/2022.....

Ing. Mg. Marco Pérez Salinas

PRESIDENTE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JORGE ENRIQUE
DOBRONSKI ARCOS**

.....

Ing. Jorge Dobronski

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**ISABEL
CRISTINA
LOPEZ**

.....

BQF. Cristina López

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo primeramente a Dios por haberme brindado vida, sabiduría y fuerzas para terminar toda mi etapa universitaria y superar los obstáculos.

Dedicado con todo mi amor para mis padres María Curicama y Luis Rumipamba por su lucha y su amor, los grandes esfuerzos y sacrificios que hicieron para que yo pueda iniciar y culminar mi etapa estudiantil, por ser mi razón más grande para ser mejor ser humano, sus consejos su apoyo y sus palabras para no rendirme.

A mis hermanos Jenny, Jessica, Belén, Kevin, Isaac que fueron mis compañeros y mi motivación para tomar decisiones correctas y seguir adelante.

A mi gran amor mi Jazmín Elizabeth, ese ser que me ayudo con su luz a tomar fuerzas cruzar las dificultades y salir adelante y así cumplir mis objetivos, por ser mi apoyo infinito y mi calma en todo momento.

A Jefferson una gran ser humano, me ayudo a ser persistente y no rendirme ante los problemas, por creer en mí y soñar junto a mí, por haber sido mi compañero fiel, mi consejero y mi soporte en muchos momentos de desespero durante toda esta etapa.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco con todo mi corazón a Dios por darme sabiduría, vida y unos padres incondicionales para acompañarme en este viaje.

Gracias a mi madre y a mi padre por nunca haberme dejado sola, por esforzarse día y noche para brindarme un futuro mejor y darme mis estudios, gracias a su confianza que me motivo para esforzarme día tras día y así ser su orgullo.

Agradezco a mis hermanos y mi familia por complementarme la vida y motivarme a la superación personal.

Gracias a mis amigas Anita Belén y Dianita por alentarme y darme ánimos para no quedarme atrás, por ser mis amigas, creer en mí y desearme lo mejor.

Gracias a la Universidad Técnica de Ambato, a mi Facultad de Ciencias Agropecuarias y todos sus docentes que con paciencia y empeño impartieron sus conocimientos para formarme como profesional y como ser humano.

A mi tutor el Ing. Alberto Gutiérrez por haber tenido la bondad y paciencia de corregir mis errores y ser un pilar durante el desarrollo de este trabajo investigativo.

Gracias a la vida por darme la oportunidad de estar aquí, de aprender, de superarme y sentir esta satisfacción de hacer las cosas bien y estar orgullosa de mí misma.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes investigativos	2
1.3. Categorías fundamentales	3
1.3.1. Residuos orgánicos y su potencialidad como abonos orgánicos	3
1.3.2. Características de los residuos para elaboración de abono orgánico	5
1.3.3. Métodos de descomposición de la materia orgánica	7
1.3.3.1. Compostaje.....	7
1.4 Hipótesis y objetivos.....	11
1.4.4 Hipótesis.....	11
1.4.5 Objetivos	11
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13
2.1. Ubicación del experimento	13
2.2. Características del lugar	13
2.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	14
2.3.1. Materiales	14
2.3.2. Equipos.....	15
2.4. Factores de estudio	15
2.5. Tratamientos.....	15
2.6. Diseño experimental.....	16
2.7. Manejo del experimento.....	16
2.7.1. Recolección de muestras	16
2.7.2. Preparación del área de trabajo	17
2.7.3. Delimitación del área de trabajo.....	17
2.7.4. Proceso de evaluación de las plántulas.....	17
2.8. Variables respuestas	18
2.8.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos	18
2.9. Procesamiento de la información	19
2.9.1. Análisis estadístico.....	19

2.9.2. Tipos de variables	19
CAPÍTULO III	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1. Análisis y discusión de resultados	21
3.1.1. Desarrollar un proceso tecnológico para la obtención de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas aplicados en la germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General.....	21
3.1.2. Determinar la composición química en macro y micronutrientes del sustrato orgánico a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General.....	22
3.1.3. Establecer la relación Carbono/Nitrógeno como parámetros de calidad para evaluar la eficacia de los sustratos orgánicos.....	26
CAPÍTULO VI	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
4.1. Conclusiones	32
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	37
Anexo 1. Recolección y Pretratamiento de las muestras.....	37
Anexo 2. Determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos.....	40
Anexo 3. Delimitación de la parcela.....	41
Anexo 4. Resultados de la determinación del contenido de grasa de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua	43
Anexo 5. Concentración de nutrimentos en macronutrientes y elementos secundarios de sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General.....	44
Anexo 6. Determinación de la composición química en elementos secundarios de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General.....	45
Anexo 7. Valores de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	46
Anexo 8. Datos obtenidos durante el desarrollo de las plántulas	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos	16
Tabla 2. Concentración de nutrimentos en macronutrientes y elementos secundarios de sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General.....	22
Tabla 3. Determinar la composición química en elementos secundarios de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General	25
Tabla 4. ADEVA para número la relación C/N como parámetro de calidad para evaluar la eficiencia de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General	26
Tabla 5. Prueba de Tukey al 5 % para número la relación C/N como parámetro de calidad para evaluar la eficiencia de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillasde lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General	27
Tabla 6. Valores de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) para sustratos a partir de biorresiduos agrícolas	28
Tabla 7. Días a emergencia, altura de planta, grosor de tallo evaluados en plántulas de lechuga establecidos en diferentes sustratos	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivos de desechos orgánicos.....	13
Figura 2. Relación C/N para los diferentes sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) variedad General	29

RESUMEN

Se realizó una evaluación agronómica de la factibilidad de la producción de semilleros de hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General, implantados en diferentes sustratos obtenidos a partir del compost como proceso tecnológico para su producción, el trabajo se desarrolló bajo condiciones de cubierta plástica. Para la implementación del proceso de compostaje para la obtención de tres sustratos a partir de bódesechos agrícolas aplicados en la eficiencia de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad General, se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, con un total de 9 unidades experimentales. Se concluyó que el sustrato que mejores resultados presentó fue aquel obtenido a partir de subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), con plántulas de alturas promedio de 3.03 mm, grosor del tallo de 4.52 mm y días de emergencia de 4.00, demostrando así que los sistemas de compostaje para la obtención de sustratos son una alternativa viable para la producción de hortalizas. Se resalta el hecho de que los sustratos obtenidos expresaron una relación C/N en el T₃ fue de 21.62 y difirió de todos los tratamientos, seguida del T₂ con 18.08, que fue estadísticamente diferente al resto de tratamientos. El valor más bajo estuvo en el T₁ con un valor de 15.42. Esto indica la influencia que ejerce la relación C/N inicial sobre el proceso de compostaje y la acción de los microorganismos en el sustrato. Las semillas preparadas con el mejor tratamiento germinaron más rápidamente, presentando un tamaño de plántula mayor, además de su crecimiento más vigoroso, y sus raíces desplegaron de manera más potente.

PALABRAS CLAVE: biofertilizante, lechuga, relación carbono/nitrógeno, compostaje

SUMMARY

An agronomic evaluation of the feasibility of the production of vegetable seedbeds such as lettuce (*Lactuca sativa*) General variety was carried out, implanted in different substrates obtained from compost as a technological process for its production, the work was developed under greenhouse conditions. The composting phase was carried out on wooden crates, obtaining a total volume of 0.012 m³ per treatment, of which a volume of 0.009 m³ was used. The experimental design used contemplated a completely randomized block design and the ADEVA analysis of variance was applied, evaluating the characteristics of the substrates obtained with each biowaste and their effect on the dependent variables. Variables of germination vigor, plant development and quality of the substrates used were evaluated from bioresidues from the agricultural production of potatoes, corn and tree tomatoes in the province of Tungurahua. The substrates that allowed the best development of the plants in the lettuce crops were the mixture of potato residues plus a commercial substrate based on coconut fiber, with a vigorous plant development. The fact that the obtained substrates showed a C/N ratio close to or equal to the 20-25 range is highlighted, which predicts the fact that the influence exerted by the initial C/N ratio on the composting process and the action of the microorganisms obtained in the substrate. The seeds prepared with the best treatment germinated more quickly, presenting a larger seedling size, in addition to their growth being more vigorous, and their roots deployed more vigorously.

KEY WORDS: bio fertilizer, lettuce, carbon/nitrogen ratio, composting.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción

En el Ecuador el sector agropecuario es de vital importancia para su economía considerando un aporte de 7.7% en el Producto Interno Bruto (PIB) para el año 2019, y además este desempeña un papel estratégico dentro del concepto global de seguridad alimentaria, pues promueve el 95% de los bienes alimenticios que se consumen internamente en el país (Villacrés, *et al.*, 2017).

Se define a la Soberanía Alimentaria como: “el derecho de pueblos y naciones de obtener alimentos sanos y culturalmente apropiados producidos por métodos ecológicos y sustentables, así como la libertad de establecer sistemas alimentarios y agrícolas propios.” (Walldmueller y Avalos, 2015).

Ecuador incluye la soberanía alimentaria en la Constitución como resultado de la acumulación de resistencias sociales que son constituidas por varios movimientos sociales y campesinos que van a promover la centralidad de la pequeña agricultura, bajo principios de sustentabilidad y de economía solidaria (Henderson, 2017).

La Soberanía Alimentaria constituye la base de cualquier desarrollo y cabe mencionar que no existe sociedad sin una población saludable y bien alimentada para que prospere (Peñaherrera, 2011).

Estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), indican que la lechuga es uno de los principales productos cosechados en España, ya que exporta a más de 53 países superando las 900.000 toneladas anuales (Blanco, *et al.*, 2019). Razón por la cual el presente trabajo realizó estudios de factibilidad para la germinación de semillas de lechuga variedad General utilizando sustratos elaborados con materiales residuales o bódesechos de postcosecha de las tres especies agrícolas con mayor importancia de la provincia de Tungurahua como son la papa, el maíz y el tomate de árbol, y evaluar la influencia del sustrato obtenido en la composición nutricional de la

lechuga.

Se define como sustrato todo aquel material sólido natural de naturaleza orgánico o mineral que es obtenido de forma sintética o de residuos de alguna otra actividad y que se usa en forma pura o mezclada y que sirve para ofrecer anclaje al sistema radical, dar soporte a la planta y que puede intervenir o no en su nutrición (Montúfar, 2021).

1.2. Antecedentes investigativos

La industria agrícola en el Ecuador ha crecido de manera importante debido a la reactivación de la economía campesina y a la agroindustria exportadora, y por su puesto al aumento del consumo debido a cambios en los hábitos alimenticios (Álvarez, *et al.*, 2014). En el año 2000 se registró una producción de 9.770 t, llevada a cabo por los pequeños agricultores con 58% y 63% de unidades productivas con menos de 1 ha, en monocultivo y asociado, respectivamente. La FAO (2019) para el año 2017 registró un aumento a 17.301 t producidas, considerando que el valor de la canasta familiar básica en la región Sierra fue de 722.44 dólares y la de la Costa 695.52 dólares, dicho gasto en vegetales correspondería a USD 14.00 en la zona costera (Pertierra y Quispe, 2020).

La agricultura familiar campesina (AFC) utiliza áreas de producción de entre 500a 2000 m², mientras que para los pequeños productores son de 0.25 ha a 1.0 ha y para los medianos 1 a 3 ha. Si a nivel de Latinoamérica el 80% de las explotaciones agrícolas se encuentran en manos de la AFC, en Ecuador esta cifra sube a 84.5% (Iermanó, 2015). Los pequeños productores y la agricultura familiar campesina están dedicados a la producción y plantación de hortalizas. En Ecuador el 83% de esta producción se destina al consumo interno. El proceso de producción de lechuga se lleva a cabo de forma tradicional a campoabierto, pero también bajo cultivo protegido en suelo y en sistemas hidropónicos (Pertierra y Quispe, 2020).

En la actualidad debido al alto costo de los sustratos importados por problemas globales, aparece la necesidad de disponer de un material producido localmente estable, de alta calidad e inocuidad probada, obtenidos a partir de subproductos agroindustriales de la

localidad. Esto además de ser un importante ahorro de divisas, evitaría los problemas de diseminación de plagas y enfermedades de una región (Roldán y Soto 2005).

Hoy en día la diversidad de materiales existentes se ha convertido en un beneficio para la agricultura, ya que estos se los utiliza como complemento de materia orgánica en los suelos ya sea de forma fresca o después de haber pasado por un proceso de descomposición., como abonos orgánicos (Muñoz, *et al.* 2015). Dependiendo de la actividad que los produce, estos materiales pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano (Durán y Henríquez 2007).

La provincia de Tungurahua tiene una producción de 13.87% de la producción nacional de papa; así como del cultivo de maíz cuya producción en el 2017 fue de 5000 Tm y también del cultivo de tomate de árbol con una producción del 59.62% del total nacional (López Villacis 2021), en donde se generan una gran cantidad de residuos o desechos agrícolas provenientes de los procesos de postcosecha de estos productos, desechos que por lo general no reciben el tratamiento ni aprovechamiento adecuado, debido a la falta de conocimiento de los agricultores se procede a la eliminación de los mismos. En la actualidad y gracias al avance tecnológico, se cuenta con el apoyo de procesos de transformación para el aprovechamiento de estos subproductos agrícolas, del cual se puede obtener sustratos ricos en nutrientes que pueden ser utilizados como biofertilizantes, de esta manera se lograría un ahorro en el consumo de materia prima; esta actividad es de gran interés económico y social para el desarrollo de nuestro país (Valdivia Hincho y Medina Muñoz 2020).

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. Residuos orgánicos y su potencialidad como abonos orgánicos

El excesivo tratamiento del suelo con productos y fertilizantes sintéticos en la agricultura ha repercutido en el deterioro de este recurso y su desequilibrio ecológico por la reducción de la fracción orgánica ante el intenso uso agrícola que contamina la tierra, los alimentos y a los agricultores, afectando tanto la calidad de los productos, como la salud de quienes los cosechan y consumen (Vaño y Izquierdo, 2015).

Lo que busca la agricultura en estos tiempos son alternativas que puedan mejorar las condiciones del suelo, en las que sobresale la acometida orgánica en algunos sectores productivos y de interés. Esta estrategia se orienta a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para regenerar su estructura y promover un rendimiento más eficiente de sus cultivos (Peñaherrera, 2011).

El trabajo parte del aprovechamiento y reciclaje de residuos orgánicos y aplicación de métodos de transformación como puede ser el compostaje Cruzado y Sandoval (2019). Así también, se pretende impactar en la mejora de la condición del suelo aumentando en la concentración de materia orgánica y nutrientes; la reposición de la deficiencia de minerales en el suelo, como también la relación de la materia orgánica y el nitrógeno presente en el suelo que incrementa su capacidad productiva, esto en definitiva contribuye al desarrollo económico y social de los productores (Álvarez- Palomino, *et al.*, 2018).

Los avances de la agroecología surgen como nuevas alternativas de alto rendimiento y total aprovechamiento, estos pueden ser restos de cosechas, harinas, estiércol de animales, rocas, desechos orgánicos y se encuentran disponibles en la naturaleza, este modelo agrícola difiere del patrón tradicional no orgánico, donde se utilizan fertilizantes sintéticos, pesticidas y reguladores del crecimiento para la adecuación de terrenos, siembra y manejo de cultivos (García, *et al.*, 2007).

Los desechos utilizados racionalmente como fuentes de nutrientes mediante su transformación en abonos orgánicos utilizando tecnologías como el compostaje y bocashi, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a potencializar las propiedades físicas, químicas y orgánicas del suelo, lo que a su vez, permite la asociación de las plantas con algunos microorganismos benéficos propios del suelo que hacen factible la toma de nutrientes de baja disponibilidad o poca movilidad y aumentan la tolerancia de la planta a condiciones de estrés abiótico en el suelo (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

Desechos a partir de actividades domésticas, empresariales o industriales en la actualidad toman el nombre de residuos e incluye el material que puede ser utilizado nuevamente

para generar nuevos productos que son aprovechados en otros sectores (Castells, 2012). Los desechos por su naturaleza se clasifican como sólidos, líquidos o gaseosos. Además, otra clasificación incluye el término orgánicos que son todos aquellos que tiene su origen en los seres vivos, animales o vegetales, e inorgánicos a los residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre (Durán Henríquez, 2007).

La diversidad y heterogeneidad en la composición química de los materiales y sus interrelaciones con las actividades generadoras están incluidas en esta clasificación García (2007). La cantidad mundial anual de residuos sólidos orgánicos en las actividades agropecuarias y agroindustriales oscila alrededor de 76 millones de toneladas, que no reciben un manejo adecuado de disposición final, generando contaminación y estragos ambientales. Por lo tanto, obliga a implantar procesos de reciclaje y transformación de tal manera que atenúen la contaminación, y que sean aprovechados en las mismas actividades agrícolas que las originan (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

1.3.2. Características de los residuos para elaboración de abono orgánico.

Los abonos orgánicos provienen de animales y vegetales, de manera individual o mezclada, los mismos que son sometidos a procesos de descomposición o fermentación de acuerdo con el tipo de abono que se quiera preparar Negro (2000). El abono orgánico se utiliza tanto como fertilizante, así como también sustratos de crecimiento, ya que permite la nutrición a través de los macro elementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micro elementos, (hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, molibdeno y cloro), especies que mejoran la calidad del suelo, además de inmovilizar los elementos tóxicos como el aluminio y promueven la actividad de los microorganismos, impactando de manera positiva en el desarrollo sostenible de la producción agrícola (Labrador, 2008).

En su mayoría los abonos orgánicos están fabricados a base de estiércol de animales, por su potencial nutricional elevado, lo que permite aumentar el rendimiento de productos de cosecha, controlar las enfermedades que diezman la producción de plantas; además, la adecuada disposición de estiércol posibilita reducir la emisión de gases de efecto invernadero, que representan entre un 20 % y 35 % del total de las

emisiones mundiales (Ferré Alcántara, *et al.*, 2018).

La elaboración de los abonos orgánicos se puede hacer con una variedad de materias primas, incluyendo residuos agrícolas, forestales, alimentarios o industriales, biosólidos (lodos de depuradora tratados), residuos de hojas y jardines, estiércol, árbol de madera o residuos sólidos separados o mezclados en el lugar. La calidad de un abono orgánico se aprecia según su composición y de la capacidad para incorporar nutrientes al suelo (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

1.3.2.1. Características físicas

Las propiedades físicas para estudiar son diferentes y dependen del ámbito de estudio y de las necesidades de aplicación. El transporte y el manejo del sustrato están condicionados por la relación peso, volumen y, por lo tanto, por su densidad aparente y la cantidad de agua absorbida (Quintero (2011)). Las propiedades físicas de mayor relevancia dependen de la distribución de tamaño de partículas, porosidad y retención de agua, así como también el contenido de humedad óptimo del abono, que oscila entre el 30 % y 35 %, si se encuentran valores por debajo pueden afectar la actividad microbiológica y, por ende, la tasa de mineralización, o por el contrario, si la tasa de humedad se incrementa, genera pérdida de nitrógeno por desnitrificación (López-Baltazar, *et al.*, 2013).

Otro factor como el tamaño de las partículas que conforman el abono debe ser de fácil aplicación y de distribución homogénea (entre 5 y 20 cm), debe estar libre de materiales extraños y con una adecuada microbiología del suelo, que afecten de manera integral el proceso de nutrición del suelo por la presencia de amoníaco y ácidos orgánicos volátiles, elementos que contribuyen al efecto invernadero, los cuales también afectan la salud humana (Montes, *et al.*, 2018).

1.3.2.2. Características químicas

Las propiedades químicas caracterizan la transferencia de materia entre el sustrato y la solución de este, lo que corresponde a las reacciones de disolución e hidrólisis de los

constituyentes minerales, reacciones de intercambio de iones y reacciones de biodegradación de la materia orgánica Quintero (2011). Los constituyentes orgánicos son los componentes que más favorecen a la actividad química de los sustratos, debido a la formación y presencia de sustancias húmicas, como producto final más importante de la descomposición de esta materia orgánica (Pineda-Pineda, *et al.*, 2008).

Las características químicas se basan principalmente en la relación carbono-nitrógeno (C/N), relación que debe ser equilibrada; por cuanto, cuando hay mayor cantidad de carbono, el proceso tiende a enfriarse y se torna más lento, y al contrario cuando hay un exceso de nitrógeno el proceso tiende a calentarse y libera mayor cantidad de amoníaco,consecuentemente la producción de malos olores (Mullo, 2012).

Plantas y cultivos pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir aparentes desórdenes fisiológicos, siempre y cuando todos los nutrientes se proporcionen de tal forma que se aproveche eficientemente. Sin embargo, el crecimiento y desarrollo de la planta se ven reducidos de manera apreciable en condiciones de acidez o alcalinidad extremas, los efectos que se aprecian por el parámetro pH son entre otros la asimilabilidad de nutrientes, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y la actividad biológica (de Agroecología, 2016).

El pH va a depender de la materia prima y de la fase del proceso de compostaje, cuyo valor debe oscilar entre 5.8 a 7.2 para evitar que el proceso se alcalinice o acidifique y termine por deteriorarse el abono. Por último, hay que tener en cuenta la composición de las materias para conocer sus niveles de aporte de elementos mayores y menores al suelo; entre otros N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, B, Se y Zn (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

1.3.2.3. Características biológicas

Los abonos orgánicos asisten en la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay un aumento en la actividad radicular y de los microorganismos aerobios, mejorando su propagación. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el desarrollo de las plantas (Durán y Henríquez, 2007).

1.3.3. Métodos de descomposición de la materia orgánica

Los procesos de producción de abonos orgánicos más conocidos son: el bocashi, el compost, las tierras fermentadas, el vermicompost, y los extractos vegetales. Otros como los abonos verdes y rastrojos, simplemente se incorporan al suelo, en el mismo sentido, los abonos orgánicos pueden ser utilizados como sustrato para semilleros (Muñoz, *et al.*, 2015).

1.3.3.1. Compostaje

El proceso biológico aerobio de descomposición de material orgánico se denomina compostaje, que mediante condiciones controladas y procesos de humificación da como resultado el compost Romero (2004). Los residuos orgánicos en el proceso de compostaje son degradados con la intervención de microorganismos propios del ambiente, y generan un nuevo compuesto orgánico revalorizado, con propiedades fisicoquímicas beneficiosas para el crecimiento de las plantas Roldán y Soto (2005). El compostaje se caracteriza típicamente por una fase de alta temperatura la cual no debe superar los 65°C a 70°C), que desinfecta el producto y permite una alta descomposición, la cual continúa con una fase de disminución de temperatura que permite la estabilización del producto (llegar a temperatura ambiente) mientras se descompone todavía a una velocidad más lenta (Quintero, *et al.*, 2011).

Este método reduce la cantidad de residuos sólidos que se destinan a vertederos o a la incineración, de tal manera que se evitan problemas como la contaminación de suelos y las emisiones provenientes de la descomposición (López-Baltazar, *et al.*, 2013). También, se incorporan materia orgánica y, con ello, nutrientes al suelo mejorando su calidad y la de los cultivos a través de la agregación y proliferación de microorganismos beneficiosos. En contraste, se pueden presentar residuos de partículas no orgánicas a falta de una adecuada clasificación y tamizaje de residuos, lo que incluye la necesidad de disponer de un terreno apropiado y de gran capacidad para contener la cantidad de material a compostar (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

1.3.3.2. Bocashi

En japonés significa “materia orgánica fermentada” y es producto de un proceso anaerobio de fermentación que acelera la degradación de la materia orgánica, sea esta animal y vegetal, proceso que también eleva la temperatura permitiendo la eliminación de elementos nocivos. Este proceso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas, lo cual renueva a las plantas con nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo y nutren a la planta con la estimulación microbiana del suelo y, así mismo, aportan a la sostenibilidad de los agroecosistemas (Ferré Alcántara, *et al.*, 2018).

Las ventajas de este proceso se reflejan en la disminución del volumen de desechos inicial de los procesos agrícolas y agroindustriales, que producen un producto agronómico útil y potencial para un medio agropecuario de supervivencia, esto mejora la calidad del suelo mediante el establecimiento y reproducción de microorganismos benéficos en los terrenos de siembra, protege la flora, fauna y biodiversidad (Muñoz, *et al.*, 2015). Al contrario, se requiere el empleo de otras sustancias diferentes a las propias de la materia orgánica, existe poca demanda de los productos a nivel de las producciones y en ocasiones pueden ser fuentes de patógenos, cuando los materiales no se tratan adecuadamente (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018).

1.3.3.3. Vermicompostaje

El vermicompostaje es un proceso que se basa en la práctica de alimentación detritívoro de algunas especies de lombrices, organismos capaces de repoblar una gran variedad de sustratos orgánicos Villegas-Cornelio (2017). Este es un bioproceso utilizado como una alternativa viable para el tratamiento de residuos orgánicos Villegas-Cornelio (2017). Las lombrices de tierra convierten y aseguran los residuos orgánicos en un material rico en nutrientes, llamado humus de lombriz, en ella las lombrices producen una acción de carácter físico como bioquímico (Ferré Alcántara, *et al.*, 2018). La acción física incluye aireación, mezcla y molienda de los residuos orgánicos, en tanto que los microbios son

responsables de la degradación y estabilización bioquímica (Ferré Alcántara, *et al.*, 2018).

La concentración en el contenido de macronutrientes y micronutrientes en la vermicompostaje es generalmente mayor que en el compost tradicional, contiene niveles altos de los principales macro y micronutrientes en forma más solubles como son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, esto al compararlo con otros procesos como el compostaje, esta propiedad mejora la productividad del suelo física, química y biológicamente, teniendo como resultado mayor rendimiento en el crecimiento de los cultivos Villegas-Cornelio (2017). Al contrario, las mejoras en el crecimiento de plantas y el aumento de los rendimientos no podrían explicarse completamente por la disponibilidad de los nutrientes. Lo que sugiere que los productos del vermicompost contienen sustancias estabilizadoras del crecimiento o compuestos como los ácidos húmicos que son responsables del crecimiento de las plantas (López, 2021).

1.3.4 Biódesechos de origen vegetal

Desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas son los constituyentes de los abonos orgánicos (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018). Aportan al suelo materiales nutritivos e influyen favorablemente en la estructura del suelo, transforman la población de microorganismos y favorecen la formación de humus que incrementa la capacidad de intercambio catiónico (Romero, *et al.*, 2004). Sin embargo, a pesar de su origen químico, la agricultura comercial no puede excluir de los abonos minerales, ya que poseen muchas ventajas, principalmente las de satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas cultivadas a un costo menor. De tal manera que, los mayores resultados se consiguen usando estas dos clases de abonos (López-Baltazar, *et al.*, 2013). La presente investigación está dirigida a elaborar un abono, formulado a base de subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) (Bustamante, *et al.*, 2016).

1.3.4.1 Biódesechos del cultivo de papa

Los cultivos de papa después de la cosecha generan desechos o subproductos de origen

agrícola, la cual constituye una de las fuentes renovables que posee un gran potencial energético, constituye una de las principales materias primas que pueden ser utilizadas para la producción de bioproductos y combustibles, contribuyendo enormemente en la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (López, 2021). Además, permite generar grandes beneficios económicos que ayuden a compensar la baja en la productividad del sector agrícola (Bustamante, *et al.*, 2016).

1.3.4.2 Bódesechos del cultivo de maíz

El maíz en nuestro país es considerado como uno de los principales granos en la actualidad, se cultivan a gran a escala y además sostiene parte de su economía; pertenece al género de las *Zeas*, con nombre científico *Zea mays*, cuya familia es la de las gramíneas, es considerado como un cereal, es una planta gramínea americana, posee tallos largos y macizos, en su parte terminal se desarrollan las espigas, además se forman sus respectivas mazorcas (López, 2021).

Los bódesechos o residuos de la cosecha del maíz se puede utilizar para la obtención de biofertilizantes, mediante procesos eficientes y ambientalmente limpios, este tipo de residuo agrícola es considerado como una gran fuente renovable; con el aprovechamiento del gran potencial de estos residuos se logrará disminuir la incineración de estos residuos agrícolas en el campo y por ende la contaminación del medio ambiente (Ojeda-Quintana, *et al.*, 2020).

1.3.4.3 Bódesechos del cultivo de tomate de árbol

En Ecuador los sectores con mayor producción de tomate de árbol son: Imbabura, Tungurahua y Pichincha encontrándose en el décimo puesto de cultivos interandinos con buenos rendimientos por hectárea (López Villacis 2021). Ecuador produce anualmente

2.3. MATERIALES Y EQUIPOS

2.3.1. Materiales

- **Recolección de muestras**

Guantes

Fundas plásticas negras

Tijeras de podar

Machetes

Azadones

- **Elaboración del Compostaje**

Madera

Clavos

Metro

Cierra

Sustratos

Palas

- **Recolección de muestras para llevar al laboratorio**

Fundas plásticas negras

Guantes

Pala

- **Mezcla del sustrato más desechos para germinación**

Mezcladora industrial

Fundas plásticas

Pala guantes

- **Siembra de semillas**

Muestra del sustrato comercial más desechos orgánicos

Bandejas de germinación

Palas

- **Determinación de la calidad de las plántulas**

Lupa

Cinta métrica

2.3.2. Equipos

Balanza analítica METTLER TOLEDO XPE204

Estufa METTLER TOLEDO HX204

Molino

2.4. Factores de estudio

El presente trabajo de titulación utilizó una investigación de tipo experimental, donde se obtuvieron datos a través de la experimentación, realizando una investigación de laboratorio en donde se realizó la determinación de parámetros físicos y químicos de sustratos orgánicos obtenidos a partir del tratamiento tecnológico de los bióndesechos de cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*), respectivamente.

2.5. Tratamientos

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 3 tratamientos y tres repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales: Tratamiento 1 (T_1): mezcla de desechos de papa (*Solanum tuberosum*) con una mezcla de sustrato comercial a partir de cáscara de coco triturado de la marca AGROWNOMY (Turba GROW Trays) en una proporción 60:40 en volumen; Tratamiento 2 (T_2): mezcla de desechos de maíz (*Zea mays*) con una mezcla de sustrato comercial a partir de cáscara de coco triturado de la marca AGROWNOMY (Turba GROW Trays) en una proporción 60:40 en volumen y Tratamiento 3 (T_3): mezcla de desechos de tomate de árbol (*Solanumbetaceum*) con sustrato comercial de la marca AGROWNOMY (Turba GROW Trays) con una proporción 60:40 .

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Código del Tratamiento	Sustrato	Repetición		
		R1	R2	R3
T ₁	Desechos papa + sustrato comercial	T1-1	4T1	7T1
T ₂	Desechos maíz + sustrato comercial	2T2	5T2	8T2
T ₃	Desechos tomate de árbol + sustrato comercial	3T3	6T3	9T3

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Diseño experimental

El propósito de este estudio fue determinar la calidad de los sustratos orgánicos obtenidos a partir de bioresiduos de la producción agrícola de la papa, maíz y tomate de árbol en la provincia de Tungurahua.

Para los tratamientos utilizados se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar y se aplicó el análisis de varianza; posteriormente, se efectuó una prueba de medias aplicando Tukey al 5%, evaluando las características de los sustratos obtenidos con cada biorresiduo y su afectación a las variables dependientes.

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Recolección de muestras

- La muestra se tomó de 10 plantas por cada 100 plantas en el monocultivo por parcela y se colocó en una funda de basura de color negro, respectivamente rotuladas, para posteriormente ser transportadas al laboratorio.
- Se procede a pesar la muestra de cada planta en una balanza digital portátil y luego se registró el peso para luego calcular la cantidad de biomasa.
- Muestras que presenten deterioro microbiológico o daño causado plagas o insectos no son recolectadas.

- Las muestras recolectadas fueron sometidas a un tratamiento previo de molienda en donde cada biorresiduo agrícola fue transformado a un producto sólido pulverulento utilizando molinos de martillo y piedra y posteriormente fueron secados en estufa.

2.7.2. Preparación del área de trabajo

- Sobre una superficie plana, se construyó una capa base de material absorbente (cascarillas o aserrín) para evitar olores, proliferación de insectos y exceso de agua.

2.7.3. Delimitación del área de trabajo

- Se estableció los bloques a experimentar en el cultivo en base al diseño experimental utilizando.
- La fase de compostaje se realizó sobre cajones de madera cuyas longitudes fueron 0.30 m de largo; 0.20 m de ancho y 0.20 m de alto, obteniendo un volumen por total de 0.012 m³ por tratamiento, del cual se utiliza un volumen de 0.009 m³.
- Se mezclaron y homogenizaron bioresiduos agrícolas con sustrato comercial a base de cáscara de coco triturado de la marca AGROWNOMY (Turba GROW Trays) en una proporción 60:40 en volumen para cada tratamiento.
- Se cubrieron cada uno de los tratamientos con plástico transparente, para aumentar la temperatura y mantener la humedad interna, además de la protección de las lluvias.
- Se llevaron a cabo volteos con la ayuda de una pala de jardinero cada 5 días, para ayudar a la aireación, y al final tener un compost homogéneo.
- Los tratamientos que contienen los bioresiduos individuales sin mezcla como el tratamiento T₀ también se cubrieron con plástico y sin el paso de volteos.

2.7.4. Proceso de evaluación de las plántulas

- La siembra se realizó el mismo día para el cultivo en estudio y en todos los sustratos.
- Antes de tapar las semillas se procedió a mezclar el sustrato más las muestras y se incorporó 30 l de agua por tratamiento para obtener una humedad adecuada.
- Los tratamientos utilizados fueron colocados en bandejas de 128 celdas, en forma

de pirámide invertida, con un volumen por celda de 3 cm³.

- Una vez tapadas las semillas con el compost se tomó los datos de fecha de siembra, colocamos las bandejas en un lugar apartado y fresco, durante este tiempo no agregamos agua ni las exponemos al sol.
- Luego de una semana emergen las primeras plántulas, a partir de los cual se trasladan las bandejas a un lugar cálido y con abundante luz para su desarrollo.

2.8. Variables respuestas

2.8.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos

Para la determinación la calidad del compost obtenido en el proceso experimental se midieron parámetros como el pH, humedad, elementos menores, carbono orgánico, nitrógeno; según la metodología experimental indicada a continuación:

2.8.1.1. Potencial de Hidrógeno

El pH se determinó con un potenciómetro sobre aproximadamente 50 g de pasta saturada del material y luego de una hora de reposo; seguidamente, la pasta saturada se filtró y se recogió el líquido en el cual se midieron además la conductividad eléctrica, las unidades utilizadas fueron mS*cm⁻¹.

2.8.1.2. Humedad

Se utilizó el método gravimétrico por volatilización indirecta, en donde se procede a programar la balanza de acuerdo con el tipo de muestra, las muestras para esta investigación fueron tipo harina, de esta muestra se toma 3 g y se pesa, posteriormente se registra su valor. Se registra la pérdida de peso debido a la evaporación de la humedad en donde la muestra se calienta a 105°C, para luego de unos 5 minutos registrar la pérdida de humedad.

2.8.1.3. Elementos menores calcio, magnesio, zinc, manganeso y potasio

Elementos menores fueron determinados luego de la digestión total del sustrato, proceso mediante el cual se mineralizan la totalidad de componentes orgánicos. Estos elementos

serán seguidamente determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica.

2.8.1.4. Carbono orgánico total

Para la determinación del porcentaje de materia orgánica (MO) se aplicó la técnica de oxidación con K₂Cr₂O₇.

2.8.1.5. Nitrógeno Total

El Nitrógeno se determinó mediante el método estandarizado micro Kjeldahl AOAC 984.13.

2.8.1.6. Fósforo Total

Este elemento fue determinado mediante un método colorimétrico según el método AOAC 915.11.

2.8.1.7. Materia orgánica

Para la determinación del porcentaje de materia orgánica (MO) se aplicó la técnica de oxidación con dicromato de potasio.

2.8.1.8. Relación Carbono/Nitrógeno

Los resultados de materia orgánica y contenido de nitrógeno total fueron utilizados para determinar la Relación C/N, con la finalidad de estimar la calidad del sustrato, aplicando la siguiente fórmula:

CO: carbono orgánico

NT: nitrógeno total

$$Relación\ C/N = \frac{CO}{NT}$$

2.9. Procesamiento de la información

2.9.1. Análisis estadístico

Para determinar la diferencia significativa que existió entre los diferentes tratamientos se utilizó la prueba de Tukey, donde se estableció un nivel de confianza del 95% y de probabilidad de error menor o igual a 0,05. Se usó el programa estadístico Minitab.

2.9.2. Tipos de variables

Variable independiente

- Sustratos orgánicos a partir de bódesechos de cultivos:
Papa (*Solanum tuberosum*)
Maíz (*Zea mays*)
Tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

Variable respuesta

- Altura del tallo. Medida al punto de inserción en el tallo de la última hoja verdadera.
- Diámetro de tallo. Medidas en la base de 10 plantas por tratamiento.
- Calidad de la raíz. Se observa con una lupa la cantidad de pelos radiculares.
- Días a emergencia. Corresponden a los días que tardaron en emerger al menos el 50% de las semillas colocadas en las bandejas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

La factibilidad para la germinación de semillas de lechuga variedad General depende de las características de los sustratos a emplear, obtenidos a partir de subproductos agrícolas, en donde múltiples investigaciones efectuadas en los últimos años han demostrado las ventajas de utilizar estos subproductos de nulo o escaso valor comercial, favoreciendo así una demanda creciente de materiales de desecho y revalorizando a la vez dichos productos como son los casos de subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

3.1.1. Desarrollar un proceso tecnológico para la obtención de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas aplicados en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Se considera la obtención del compost a partir de la transformación de manera segura de los residuos agrícolas en productos de calidad nutricional para ser aplicados al suelo como abonos o sustratos en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General como principal proceso tecnológico, para lo cual se han considerado los parámetros que afectan su crecimiento y producción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad del sustrato, temperatura, pH y la relación carbono nitrógeno (C/N).

La composición del compost obtenido cambia de acuerdo con el tipo de bioresiduos utilizado debido a factores como actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen. Su calidad fue determinada a través de propiedades físicas, agroquímicas, biológicas, y del contenido nutricional para proveer nutrientes a un cultivo.

Para mejorar las condiciones físicas y químicas de los sustratos fue necesario mezclarlos con otros materiales para mejorar las propiedades de cada componente y analizar la

incidencia de todas las variables internas y externas que intervienen en el proceso y garantizar un producto de alta calidad nutricional.

3.1.2. Determinar la composición química en macro y micronutrientes del sustrato orgánico a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Para caracterizar los componentes iniciales y las propiedades del sustrato obtenido se tomaron un total de 9 muestras de los tratamientos desarrollados, de los cuales se obtuvo submuestras de 100 gramos por cada uno de los tratamientos y se evaluaron parámetros fisicoquímicos, los cuales están presentados en las Tablas 2 y 3.

Los sustratos obtenidos en base del proceso de compostaje fueron preparados en un área desinfectada, manteniendo la proporción en la distribución de cada materia prima componente de los sustratos en mezcla. El volteo y homogenización de la mezcla del sustrato fue realizada de manera manual.

Los parámetros que caracterizan la naturaleza del sustrato determinados fueron: nitrógeno total, fósforo total, potasio, materia orgánica y la relación carbono-nitrógeno (C/N), además de la conductividad eléctrica y el pH.

La Tabla 2 muestra los valores obtenidos de los diferentes nutrimentos presentes en los sustratos a partir de los subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

De acuerdo con la tabla 2, el contenido total de macronutrientes o elementos mayores presentes en los sustratos utilizados para la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General de manera general fue de 0.83% de N para el T1, 0.01% de P para los tratamientos T1 y T2, y 2.02% de K para el T3, todos estos como valores máximos de cada uno de los parámetros representados.

Tabla 2. Concentración promedio de nutrimentos en macronutrientes y elementos secundarios de sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Identificación del tratamiento	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Carbono orgánico %	Nitrógeno Total %	P %	K %	Materia Orgánica %
T ₁	6.50	2.13	12.83	0.83	0.010	0.95	22.12
T ₂	6.43	2.40	14.47	0.80	0.007	0.20	24.94
T ₃	7.10	1.87	15.13	0.70	0.006	2.02	26.09

Fuente: Informe de resultados Laboratorio de resultados Total Chem.

Fuente: Elaboración propia

Los valores de potasio muestran que el sustrato a partir de tomate de árbol contiene mayor cantidad de este elemento 2.02%, seguido por el sustrato de papa con 0.95%, y con un valor muy inferior a estos sustratos está el de maíz 0.20%. También, el porcentaje de fósforo presente en el sustrato de papa fue mayor que el de sustrato de maíz y éste mayor al de tomate de árbol con valores de 0.01%, 0.0072%, 0.0067%, respectivamente.

En lo referente al contenido de materia orgánica los sustratos a partir de residuos agrícolas de tomate de árbol con 26.09%, fueron mayor al de maíz con 24.94% y papa con 22.12%. Se muestran los valores de conductividad eléctrica de los tratamientos realizados con los bioresiduos agrícolas cuyos valores se encuentran en un rango de 2.40 mS/cm para el sustrato a partir del maíz, 2.13 mS/cm para el sustrato a partir de desechos de papa hasta 1.87 mS/cm para el sustrato elaborado a partir del tomate de árbol. Estos valores pueden deberse a las condiciones protegidas en las que se llevó a cabo el proceso de obtención del sustrato. De acuerdo con la literatura, los sustratos por compost producidos en lugares cubiertos, como también el método utilizado en este ensayo, muestran niveles más altos de sales, comparativamente con aquellos expuestos a la lluvia en donde puede ocurrir el lavado y la subsiguiente pérdida de lixiviados, esto concretamente en materiales que son originalmente altos en sales Quintero (2011). Para esta variable los rangos sugeridos de conductividad eléctrica van de 0.75 mS/cm a 3.49 mS/cm (Mullo, 2012).

Siempre que los nutrientes se encuentren distribuidos de manera uniforme y de forma asimilable las plantas pueden sobrevivir sin presentar desordenes fisiológicos visibles, así el sustrato presente un intervalo amplio del pH. El rango de pH de los tratamientos realizados se encuentra en un rango entre 7.10 para T₃, 6.50 para T₁ hasta 6.43 y para T₂, rango cercano al valor de referencia que oscila entre 5.20 y 6.30 (Álvarez-Palomino, *et al.*, 2018), el crecimiento y desarrollo de la planta se ven reducidos de manera apreciable en condiciones de acidez o alcalinidad extremas, el pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la actividad biológica (Blanco, *et al.*, 2019).

Hay que tener en cuenta la composición de las materias para conocer sus niveles de aporte menores al suelo, entre otros: Ca, Mg, Mn y Zn. Algunos de los componentes que reúnen estas características y son base para la elaboración de los abonos orgánicos por su función se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Promedio de valores de la determinación de la composición química en elementos secundarios de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Identificación tipo de sustrato	Calcio (Ca) %	Magnesio (Mg) %	Manganeso (Mn) mg/kg	Zinc (Zn) mg/kg
T ₁	1.60	0.54	85.00	21.67
T ₂	0.81	0.19	92.00	31.33
T ₃	1.45	0.44	119.33	19.33

Fuente: Informe de resultados Laboratorio de resultados Total Chem.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra los contenidos totales de microelementos para los diferentes sustratos evaluados. En el caso del Ca hubo diferencias importantes entre los materiales, siendo mayor en los sustratos de papa con un valor promedio de 1.60% y menor en el sustrato de tomate de árbol y maíz con valores de 1.45 y 0.81, respectivamente. En el caso del Mg, las concentraciones entre los sustratos fueron menores, con valores ascendentes de concentración de 0.19 para el maíz, 0.44 para el tomate de árbol y 0.54 para el sustrato obtenido de los biorresiduos de la papa.

El Mn en el tratamiento T₃ obtuvo sus valores más elevados los que alcanzaron niveles que evidencian altos contenidos de este compuesto, valores que se encuentran desde 119.33 mg/kg para el tomate de árbol, 92.00 mg/kg para el sustrato a partir de maíz y 85.00 mg/kg para el de papa.

En esta investigación los sustratos evaluados, mostraron valores entre 31.33 mg/kg para el T₂, en particular el tratamiento con biorresiduos de maíz, 21.67 mg/kg para T₁ y 19.33 mg/kg para el T₃ para el caso del Zn, investigaciones similares, producto de varios ensayos, reportan para abonos orgánicos entre 19.3, 21.7, 27.9 mg/ kg para sustratos de

tomate de árbol, papa y maíz, respectivamente (López, 2012). También, otros estudios relacionan la liberación de grandes cantidades de Zn con valores bajos de pH del material; sin embargo, como se observa en la tabla 2, todos los materiales presentaron valores de pH cercanos a 7, por lo que es posible que este elemento se mantengan en forma no soluble y acomplejada dentro del sustrato (Pertierra y Quispe, 2020).

3.1.3. Establecer la relación Carbono/Nitrógeno como parámetro de calidad para evaluar la eficacia de los sustratos orgánicos.

Como se observa en la tabla 4 el valor de F calculado 109,39 es mayor que el crítico para un nivel de confianza del 95%, existiendo diferencias significativas entre las medias obtenidas de las distintas formas de obtención de los sustratos utilizados para la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General. Al existir diferencias significativas entre los tratamientos, para conocer cuál de los tratamientos ha tenido mayor variabilidad se realizó la prueba de Tukey al 5%, tabla 5.

Tabla 4. Análisis de Variancia para la relación C/N

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	57.98	2	28,99	109,39	0,00
Bloques	0.06	2	0,03	0,1132	0,89
Error	1.06	4	0,265		
Total	59.10	8			
CV	2.80%				

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar debido a que se necesitó conocer la variabilidad que existe entre los tratamientos, el factor de bloques (repeticiones) y el error aleatorio de las 9 unidades experimentales. En este caso hay una interacción directa entre la relación de C/N (variable respuesta) y los tratamientos.

En lo referente a los resultados de las pruebas de significación Tukey (5%) al que se sometieron los datos de la relación C/N, indican que existen diferencias significativas

entre los tratamientos.

Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para la relación C/N

Tratamiento	Medias (%)	Rango
Sustrato 3	21,62	a
Sustrato 2	18,08	b
Sustrato 1	15,42	c

Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Resulta fundamental en el análisis de un material compostado la relación C/N, considerada por Rodríguez, *et al.*, (2018), un indicador del origen, grado de madurez y estabilidad de la materia orgánica. El parámetro relación C/N se usa comúnmente como un índice del origen, del grado de madurez y de la estabilidad de la materia orgánica, puesto que su valor depende del material y decrece a medida que se descompone la materia orgánica.

En la tabla 6 se aprecia el mayor porcentaje de la relación Carbono/ Nitrógeno en el sustrato a partir de tomate de árbol 21.6%, con diferencias del resto de los tratamientos, seguido el de maíz 18.1%, que no difirió del sustrato a partir de papa 15.4%. Esta relación frecuentemente indica el grado de madurez y de la estabilidad de la materia orgánica, puesto que su valor depende del material y decrece a medida que se descompone la materia orgánica. Se observa que puede variar entre 5 y 30 para un material compostado y es considerado como indicador de madurez y estabilidad (López, 2012).

Los sustratos orgánicos preparados a partir de biorresiduos agrícolas, considera que cuanto más bajo sea el índice de C/N más mineralizado está el material; se han propuesto algunos intervalos para dicha relación, para turba, por ejemplo: menor a 20 buena; de 20 - 25 aceptable; 25 - 30 deficiente; mayor a 30 mala (Montúfar Villacís, 2021). Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, y es un índice de un material orgánico maduro y estable (López-Baltazar, *et al.*, 2013).

Tabla 6. Promedio de valores de la relación Carbono/Nitrógeno

Cultivo	Tipos de sustrato	C/N
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	T ₁	15.42 ± 0.62
	T ₂	18.08 ± 0.26
	T ₃	21.62 ± 0.33

Fuente: Informe de resultados Laboratorio de resultados Total Chem, 2022

Se resalta el hecho de que los sustratos obtenidos mostraron una relación C/N cercana o igual al rango 20 - 25, que predice el hecho de que la influencia que ejerce la relación C/N inicial sobre el proceso de compostaje y los microorganismos obtenida en el sustrato a partir del T₁ es el mejor y brinda mejores resultados. El tipo de material de partida y las condiciones del hábitat a su vez, inciden en la composta y en el tipo de microorganismos que gobiernan el sustrato que se obtenga. De ahí la necesidad de añadir material rico en nitrógeno en los casos donde la relación C/N no resulte favorable, ventaja que ofrece combinar los diferentes biorresiduos empleados como materia prima con otros componentes como la turba de coco comercial utilizado. Durante el proceso del compostaje los microorganismos utilizan el carbono como fuente de energía para activar sus procesos metabólicos y el nitrógeno se convierte en el material básico para la síntesis celular, por ello la relación C/N es uno de los parámetros más importantes para el balance nutricional del compost.

La evaluación del grado de desarrollo de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General resulta fundamental al momento de evaluar la calidad del compost obtenido a partir de subproductos de la agroindustria local principalmente subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Las evaluaciones se realizaron de acuerdo con el grado de desarrollo del cultivo, en este caso al día 12 se apreciaron plantas más desarrolladas, con mejor sistema radicular y con sus dos primeras hojas verdaderas de una tonalidad verde clara.

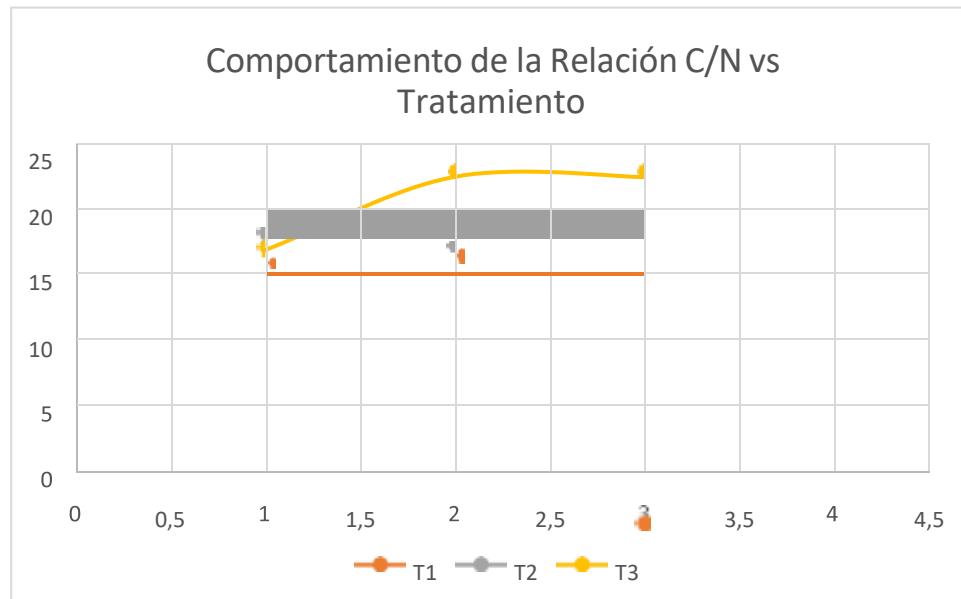


Figura 2. Relación C/N para los diferentes sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Fuente: Elaboración propia

Según los datos presentados en la tabla 7, la altura del tallo se determinó tomando 10 plantas de cada tratamiento y se procedió a medir con una cinta métrica la altura del tallo, donde el tratamiento T₃ que incorporó bódesechos de tomate de árbol más sustrato presentó un rango de 1.84 cm, se tomaron las medidas desde el cuello de la raíz hasta el final de la yema terminal. Para el tratamiento T₁ (desechos de papa + sustrato comercial) la altura del tallo se presentó en un rango de 3.03 cm, finalmente para el T₂ (bódesechos de maíz + sustrato comercial) la altura del tallo está en un rango de 2.40 cm; sus procesos metabólicos y el nitrógeno se convierte en el material básico para la síntesis celular, por ello la relación C/N es uno de los parámetros más importantes para el balance nutricional del compost.

Para el diámetro o grosor del tallo, este parámetro se midió con un Vernier, se procedió a colocarlo en el cuello de la raíz y se registró su valor en milímetros. Se tomaron 10 plantas por tratamiento, obteniendo valores para el T₁ con un promedio de 4.20 mm, para el T₂ un promedio de 4.01 mm y para el T₃ el valor promedio fue de 3.74 mm.

Se observó con una lupa la cantidad de pelos radiculares de cada plántula y su sanidad, es decir el color de la raíz, grosor de la raíz, textura de la raíz para establecer su calidad,

el número de individuos analizados fue de 10 plantas por cada tratamiento. El T₁ presentó raíces totalmente blancas, con gran cantidad de pelos absorbentes con un valor de 27.43 pelos absorbentes, bien desarrollados y con una textura gruesa; en el mismo sentido, T₂ presentó raíces de color ligeramente amarillentas, con una cantidad de 18.73 de pelos absorbentes, algunas plantas no presentaron raíces desarrolladas y en T₃ se pudo apreciar raíces de color amarillas, muy finas y ligeramente podridas, que no estuvieron ancladas de buena manera a la planta y la cantidad de pelos absorbentes fue muy poca, presentando una cantidad de 13.6 pelos absorbentes por planta.

Tabla 7. Promedio de los valores de las características de germinación de las semillas de lechuga a partir de la aplicación de los diferentes tratamientos.

Cultivo	Sustrato	Grosor del planta (cm)	Grosor del tallo (mm)	Días a la emergencia	Número pelos absorbentes
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	T1	3.03 ± 0.06	4.20 ± 0.48	4.00 ± 0.00	27,43
	T2	2.40 ± 0.26	4.01 ± 0.26	5.00 ± 0.00	18,73
	T3	1.84 ± 0.33	3.74 ± 0.40	7.00 ± 0.00	10,60

Elaboración propia

Para analizar el tiempo de desarrollo de la planta, estas fueron colocadas en bandejas y por lo general tardan en desarrollarse por completo de entre 7 a 10 días, se pudo observar que las plantas en el T₁ germinaron con normalidad y al sexto día empezaron desarrollar su segundo par de hojas, con plantas de color muy verde con grosor de la hoja adecuado y raíces muy bien estructuradas. En el T₂ las plantas no se desarrollaban totalmente, con el 50% de las plantas que no desplegaron su segundo par de hojas, se mantuvieron con la misma altura inicial y sus raíces no se desarrollaron. También en el T₃ la mayoría de las plantas empezaron a amarillarse, los bordes de sus hojas comenzaron a secarse y poco a poco las plantas murieron.

Una vez que las plántulas estaban colocadas en el invernadero, estas fueron regadas todos los días con la misma cantidad de agua a todos los tratamientos de la especie en estudio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante la implementación del proceso de compostaje para la obtención de tres sustratos a partir de biodesechos agrícolas aplicadas en la eficiencia de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad General, se determinó que el sustrato que mejores resultados presentó fue aquel obtenido a partir de subproductos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), con plántulas de altura promedio de 3.03 mm, grosor del tallo de 4.52 mm y con 4 días a la emergencia, demostrando así que los sistemas de compostaje para la obtención de sustratos son una alternativa viable para la producción de hortalizas.
- A partir de la caracterización de macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio) y micronutrientes (Cobre, Zinc y Manganeso) presentes en los sustratos de biorresiduos de papa, maíz y tomate de árbol se tiene un punto de vista más cercano a la calidad del sustrato que se aplica para la eficiencia de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad General.
- Los indicadores del grado de desarrollo de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General se presentaron en el sustrato obtenido a partir de subproductos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) correspondiente al tratamiento T1, principalmente por presentar una relación C/N adecuada, con una relación de 16.1 para el sustrato a partir de la papa, 18.4 para el sustrato obtenido de los bioresiduos del maíz y 22.0 para el del tomate de árbol; resaltando el grado de madurez y estabilidad de los sustratos obtenidos por este método.
- Sustratos obtenidos de los subproductos de la cosecha de papa, maíz y tomate de árbol presentan características con bajo aporte nutricional que limita el desarrollo de las plantas en todo su potencial; siendo necesario por lo tanto un complemento

nutricional mezclando otros sustratos comerciales, en este caso de la marca AGROWNOMY (Turba GROW Trays) en una proporción 60:40 en volumen.

4.2 Recomendaciones

- El efecto de los sustratos obtenidos a partir de bódesechos de cultivos como la papa, maíz, y tomate de árbol podrían ser evaluados en diferentes cultivos, de tal manera que se mejore la estructura y textura de suelo como una práctica de mejoramiento y conservación del suelo.
- De acuerdo con la aplicación del proceso de compostaje para la obtención de abonos orgánicos, se recomienda aplicar otros procesos tecnológicos como el bocashi o el vermicompostaje en la producción de hortalizas.
- Para la obtención de abonos orgánicos, se pueden utilizar residuos agrícolas y agroindustriales fáciles de encontrar y procesar como estiércol de animales como el cuy, residuos muy comunes en nuestro medio, los mismos que pueden potenciar su eficiencia con la mezcla de cascarilla de arroz, café, aserrín con adición de melaza.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Palomino, Laura, Javier Enrique Vargas-Bayona, y Leidy K García-Díaz
2018 Abono orgánico. *Spei Domus* 14(28-29):1-10.
- Álvarez, Tatiana, Elizabeth Bravo, y Elías Armendaris
2014 Soberanía alimentaria y acceso a semillas hortícolas en el Ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 20(2):45-57.
- Blanco, Carlos, et al.
2019 Aspectos técnicos de cultivo, riego y nutrición en lechuga, tomate y melón para la Zona Central de Chile.
- Bustamante, G., et al.
2016 Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales* 7(38):5-23.
- Castells, Xavier Elías
2012 Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora: Ediciones Díaz de Santos.
- Cruzado Segura, Jaime Francisco, y Edinson Enrique Sandoval Tapia
2019 Planta de reciclaje orgánico y compostaje educativo para mitigar la mala disposición de residuos orgánicos en el botadero de Reque. de *Agroecología, Cuerpo Académico*
2016 Producción de chile Anaheim (*Capsicum annuum* l.) cultivado en sustratos bajo condiciones de invernadero, Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Durán, Lolita, y Carlos Henríquez
2007 Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Fernando, Kevin, y Herrera Renjifo
2021 Obtención de lípidos a partir de biomasa cultivada en agua residual de origen porcino.
- Ferré Alcántara, Carolina Daney, Darwin Palomino Quispe, y Ana Ramos Breña 2018
Efecto de los abonos orgánicos en el incremento de la producción del

cultivo de ajonjolí en el distrito de Chosica–Facultad de Agropecuaria y Nutrición–Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle-durante el año 2013.

García, Hugo R, et al.

2007 Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera.

Henderson, Thomas Paul

2017 State–peasant movement relations and the politics of food sovereignty in Mexico and Ecuador. *The Journal of Peasant Studies* 44(1):33-55.

Iermanó, María José

2015 Sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad, Universidad Nacional de La Plata.

Labrador, Juana

2008 Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. SEAE-Sociedad Española de Agricultura Ecológica:1-47.

López-Baltazar, Javier, et al.

2013 Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 4(SPE6):1139-1150.

López Villacis, Isabel Cristina

2021 Evaluación de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) como recurso energético renovable en la provincia de Tungurahua, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas.

Lopez Wong, Wendy

2012 Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol.

Montes, Federico Martínez, Juan Pablo Pardo Vázquez, y Héctor Riveros Rosas

2018 Bioquímica de laguna y piña: Manual Moderno.

Montúfar Villacís, Klever Arturo

- 2021 Evaluación de diferentes sustratos comerciales sobre la viabilidad de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.).
- Mullo Guaminga, Inés
2012 Manejo y Procesamiento de la Gallinaza.
- Muñoz, Juan, Javier Andres Muñoz, y Consuelo Montes
2015 Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 13(1):73-82.
- Negro, MJ, et al.
2000 Producción y gestión del compost.
- Ojeda-Quintana, Lázaro J, et al.
2020 Evaluación de diferentes sustratos enriquecidos con microorganismos para la producción de compost en áreas naturales. Temas Agrarios:129-140.
- Peñaherrera, Diego
2011 Manejo integrado del cultivo de maíz de altura: Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo 4.
- Pertierra Lazo, Rosa, y Jimmy Quispe Gonzabay
2020 Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida 31(1):118-130.
- Pineda-Pineda, J, et al.
2008 Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. Revista Chapingo. Serie horticultura 14(2):131-137.
- Quintero, María Fernanda, Carlos Alberto González, y José Miguel Guzmán
2011 Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. Flórez R., VJ (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. pp:79-108.
- Roldán, Gustavo Quesada, y Carlos Méndez Soto
2005 Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía mesoamericana 16(2):171-183.
- Romero, Carlos, Rafaela Chirinos, y Richard López
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.

Valdivia Hinocho, Laura, y Rita Aracely Medina Muñoz

2020 Análisis del aprovechamiento de los residuos sólidos municipales para la fabricación de productos fertilizantes naturales en la ciudad de Arequipa.

Vañó, Carmen Chocano, y D Carlos García Izquierdo

2015 Sostenibilidad de sistemas agrarios en ambientes semiáridos: Uso controlado de enmiendas orgánicas de calidad, Universidad Politécnica de Cartagena.

Villacrés, Felipe Carrera, et al.

2017 Situación de la agricultura familiar y el extractivismo en el Ecuador caso de estudio en las parroquias rurales del cantón Muisne. Dominio de las Ciencias 3(3):689-713.

Villegas-Cornelio, Víctor Manuel, y José Ramón Laines Canepa

2017 Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas 8(2):393-406.

Waldmueller, Johannes M, y Laura Rodríguez Avalos

2015 La soberanía alimentaria más allá de la técnica: Una aproximación global hacia su monitoreo intercultural. Comentario Internacional. Revista del Centro Andino de Estudios Internacionales (15):253-286.

ANEXOS

Anexo 1. Recolección y pretratamiento de las muestras







Anexo 2. Determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos




Anexo 3. Delimitación de la parcela





Anexo 4. Resultados de la determinación del contenido de grasa de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.



DATOS DEL CLIENTE

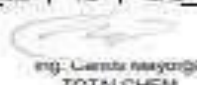

Cliente: María Fernanda Cárdenas
Dirección: Pichincha/bcon: San Jorge **Teléfono:** 992797020

Provincia: Tungurahua **Cantón:** Ambato

INFORMACION DE LA MUESTRA

Tipo de Muestra: abonos orgánicos **Fecha de ensayo:** del 07 de diciembre al 21 de diciembre
Fecha de toma de muestra: 7/12/2021 **Dirección de la muestra:** Ambato
Fecha de Observaciones: 7/12/2021 Muestra tomada por el cliente

		RESULTADOS										
ID. Cliente	Id. Lab	pH agua	CE =	C	N	C:N	P2O5	K 2O	CaO	MgO	Mn	Zn
		1:2.5	1:2.5	%	%	%	ppm	%	%	%	ppm	ppm
		Bioquímica		Walkley y Black	Kjeldahl	calculado	tit-va	AA	AA	AA	AA	AA
T1-1desechos papa agronomía	53.1	6.3	2.1	12.9	0.8	15.4	190	1.24	2.60	1.10	85	25
T1-2desechos papa agronomía	53.2	6.5	2.3	12.1	0.8	16.1	165	0.91	1.90	0.80	90	19
T1-3desechos papa agronomía	53.3	6.7	2.0	13.5	0.9	15.2	114	1.30	2.20	0.77	80	21
T2-1desechos maíz agronomía	53.4	6.5	1.9	14.3	0.8	18.6	140	0.15	1.40	0.24	101	34
T2-2desechos maíz agronomía	53.5	6.5	2.9	14.4	0.8	18.0	154	0.28	0.90	0.30	98	29
T2-3desechos maíz agronomía	53.6	6.3	2.4	14.7	0.8	17.5	148	0.31	1.10	0.40	77	31
T3-1desechos tomate agronomía	53.7	6.8	1.9	15.0	0.7	23.1	90	2.18	1.90	0.77	140	18
T3-2desechos tomate agronomía	53.8	7.3	1.8	15.4	0.7	20.8	120	3.90	2.50	0.60	98	19
T3-3desechos tomate agronomía	53.9	7.1	1.9	15.0	0.7	23.1	110	1.90	1.70	0.84	100	21
Suero comercial agronomía	53.10	5.8	0.8	65.0	0.221	294.1	70	0.46	0.50	0.06	18	15
T de papa	53.11	5.48	1.7	42.3	1.5	26.2	250	0.45	1.2	0.07	49	22
T de maíz	53.12	6.89	1.4	41.3	1.3	31.7	180	0.36	1.4	0.08	36	17
T de arbol	53.13	7.94	1.6	45.0	1.2	37.5	190	0.51	1.3	0.09	47	19

eng. Carolina Mayorga
TOTALCHEM

TotalChem se responsabiliza únicamente de los análisis mas no de la toma de muestra
 Estos análisis, reportes y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien es la

Fuente: Informe de resultados TotalChem 7/06/2022

Anexo 5. Concentración de nutrimentos en macronutrientes y elementos secundarios de sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Identificación	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Carbono orgánico %	Nitrógeno Total %	P %	K %	Materia Orgánica %
T1-R1	6,3	2,1	12,9	0,8	0,008	1,0	22,2
T1-R2	6,5	2,3	12,1	0,8	0,007	0,8	20,9
T1-R3	6,7	2,0	13,5	0,9	0,005	1,1	23,3
T2-R1	6,5	1,9	14,3	0,8	0,006	0,1	24,7
T2-R2	6,5	2,9	14,4	0,8	0,007	0,2	24,8
T2-R3	6,3	2,4	14,7	0,8	0,006	0,3	25,3
T3-R1	6,9	1,9	15,0	0,7	0,004	1,7	25,9
T3-R2	7,3	1,8	15,4	0,7	0,005	2,7	26,5
T3-R3	7,1	1,9	15,0	0,7	0,005	1,6	25,9

Fuente: Informe deresultados Total Chem 7/06/2022

Elaborado: María Fernanda Rumipamba Curicama, 2022

Anexo 6. Determinar la composición química en elementos secundarios de los sustratos orgánicos empleados en germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Identificación	Calcio (Ca) %	Magnesio (Mg) %	Manganeso (Mn) mg/kg	Cinc (Zn) mg/kg
T1-R1	1,9	0,7	85	25
T1-R2	1,4	0,5	90	19
T1-R3	1,6	0,5	80	21
T2-R1	1,0	0,1	101	34
T2-R2	0,6	0,2	98	29
T2-R3	0,8	0,2	77	31
T3-R1	1,4	0,5	140	18
T3-R2	1,8	0,4	98	19
T3-R3	1,2	0,5	120	21

Fuente: Informe de resultados TotalChem 7/06/2022

Elaborado: María Fernanda Rumipamba Curicama, 2022

Anexo 7. Valores de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) para sustratos a partir de bioresiduos agrícolas.

Identificación Tipos de sustrato	C/N
T1-R1	16,1
T1-R2	15,1
T1-R3	15,0
T2-R1	17,9
T2-R2	18,0
T2-R3	18,4
T3-R1	21,4
T3-R2	22,0
T3-R3	21,4

Fuente: Informe de resultados TotalChem 7/06/2022

Elaborado: María Fernanda Rumipamba Curicama, 2022

Anexo 8 . Datos obtenidos durante el desarrollo de las plántulas.

Tratamientos	Altura de la planta										Promedio
	Número de muestras										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1R1	3,2	2,5	3,5	3,5	2,8	3,1	3,02	3,01	2,9	3	
T1R2	2,5	3,1	3	3	3,01	2,9	2,8	2,9	3,01	3,2	
T1R3	3,3	3,2	3	3,4	2,7	3,4	2,8	3,2	2,9	3,3	3,03833333
T2R1	2,9	2,3	2,7	1,9	2,5	2,3	2,8	2,4	2,3	1,9	
T2R1	2,7	2,4	2,8	1,9	2,8	2,9	3	2,4	2,4	2,1	
T2R3	2,1	2,3	2,4	2,3	2,2	2,3	2,4	2,7	1,9	2,2	2,40666667
T3R1	2,1	1,7	2	1,8	1,8	2,1	1,8	2,2	1,8	1,6	
T3R2	1,8	1,9	2,2	1,5	2,1	2	1,6	1,9	1,86	1,9	
T3R3	2,2	1,8	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,5	2,1	2	1,842

Tratamientos	Grosor del tallo										Promedio
	Número de muestras										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1R1	4,5	4,28	4,4	4,6	4,3	4,2	4,1	4,2	4	4,1	
T1R2	4	4,3	4,2	4,1	4,1	4,3	4,3	4,3	4,2	4,1	
T1R3	4	4,2	4,1	4,4	4,20	4,1	4,3	4,1	4	4,1	4,20266667
T2R1	3,9	4,1	4,3	3,9	4,1	4,1	3,8	4,1	3,9	3,8	
T2R1	4,1	4,1	4,2	4,3	3,9	4	3,8	4	4	3,9	
T2R3	4,1	3,8	3,9	4	3,9	4,1	4,2	3,9	4,1	4,1	4,01333333
T3R1	3,7	3,5	3,7	3,7	3,7	3,9	3,8	3,8	3,9	3,6	
T3R2	3,8	3,8	3,7	3,8	3,8	3,8	3,7	3,9	3,8	3,7	
T3R3	3,7	3,8	3,8	3,8	3,7	3,6	3,8	3,7	3,5	3,7	3,74

Tratamientos	Número de pelos absorbentes										Promedio
	Número de muestras										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1R1	25	23	29	27	28	29	27	28	27	28	27,43333333
T1R2	27	26	28	29	27	25	28	28	29	29	
T1R3	28	29	29	28	27	29	26	24	28	28	
T2R1	20	19	19	18	18	19	19	17	17	17	18,73333333
T2R1	19	19	18	16	15	17	18	19	19	19	
T2R3	17	19	19	20	21	20	22	23	20	19	
T3R1	12	12	11	11	10	10	10	12	15	13	13,63333333
T3R2	12	10	10	13	10	8	7	9	8	6	
T3R3	10	10	11	14	7	7	9	9	7	9	

Tratamientos	Días de emergencia										Promedio	
	Número de muestras											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T1R1			4	4	4	4	4	4	4	4	5	4,01241379
T1R2			4	4	4	4	5	4	4	4	4	
T1R3			4	5	4	4	4	4	4	4	4	
T2R1			5	5	5	5	5	5	5	5	6	5,26666667
T2R1			5	5	6	6	6	5	5	6	6	
T2R3			5	5	5	5	5	5	5	6	5	
T3R1			7	7	8	9	7	7	7	8	8	7,46666667
T3R2			7	7	7	7	7	8	7	8	8	
T3R3			7	8	8	7	7	7	7	8	8	