



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“ELABORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS
ENRIQUECIDOS PARA SU EMPLEO EN AGRICULTURA
ECOLÓGICA EN LA PARROQUIA CALPI”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ALEX ISRAEL TORRES UQUILLAS

DIRECTORA: DRA. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO PhD.

Riobamba- Ecuador

2021

© 2021, Alex Israel Torres Uquillas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ALEX ISRAEL TORRES UQUILLAS, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El Patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 07 de enero del 2021



ALEX ISRAEL TORRES UQUILLAS
ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL
No. Teléfono: 0987815468
e-mail institucional: alex.torres@epoch.edu.ec

Alex Israel Torres Uquillas

0604197707

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**ELABORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDOS PARA SU EMPLEO EN AGRICULTURA ECOLÓGICA EN LA PARROQUIA CALPI.**”, realizado por el señor: **ALEX ISRAEL TORRES UQUILLAS**, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizado así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-02-12

Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego PhD.

DIRECTORA DEL

TRABAJO DE TITULACIÓN

2021-02-12

Dra. Janneth María Gallegos Núñez PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2021-02-12

DEDICATORIA

A mis tres fuerzas motoras de vida; Mari, Milton y Nicole que han sabido darme la dicha de poder ser parte de una hermosa familia, donde los valores inculcados y la educación brindada han sido el eje del gran ser humano en el que me voy convirtiendo poco a poco. Que sepan que son la razón y motivo de mi ardua preparación profesional y personal y ante todo son ellos siempre quienes están presentes en cada logro, éxito, anhelo, sueño, sonrisa de las cosechadas al momento y que nos faltan por vivir y disfrutar. La culminación de esta etapa se las dedico a ustedes. Al amor de mi vida en particular, mi madre. Hoy espero poder recompensar un poco de ese amor infinito, esa paciencia incansable, esas enseñanzas incalculables, y la seguridad plena y hermosa de saber que alado de mamá siempre todo va mejor. Los amo como no tienen idea, sepan que cada segundo de dicha en mi vida como lo es este momento siempre es por y para ustedes.

“La familia es la base de la sociedad y el lugar donde las personas aprenden los valores que les guían durante toda su vida”.

Alex

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida que me ha dado junto a todos los hermosos e importantes dones que me han sido otorgados, sepa que están siendo bien aprovechados. A mis padres por invertir en mi educación y ofrecerme un próspero futuro, les agradezco su apoyo incondicional en las decisiones que he tomado, en los éxitos y en los fracasos, gracias por todas las veces que han sabido estar para mí. A mis amigos por siempre anhelar mis triunfos y creer en cada proyecto propuesto los llevo en mi corazón. Agustín nunca se borrarán de mi mente las palabras que me repetiste varias ocasiones de distintas maneras, pero siempre con el mismo fin “Amiguito, estás hecho para ser grande” hoy no estás y tu pérdida aún en ocasiones me causa conflicto, aun así, si te encuentras en algún rincón de este vasto universo solo queda decirte “Gracias” por qué lo estamos logrando. Y en especial a mi persona, un ser lleno de fallos y aciertos que busca evolución día con día; por ser fuerte, determinante, apasionado, estratega, ese que nunca mira conflictos ni problemas sino opciones y oportunidades, por esa voz de aliento y de ejemplo que has sido para muchos durante este largo trayecto que no termina si no vuelve a empezar. ¡Gracias Totales!

Alex

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Comunidad de estudio CALPI y sus componentes biofísicos de interés.....	5
1.3. Economía Circular Calpi – MAQUITA.....	8

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL COMPOSTAJE.....	10
2.1. Compostaje.....	10
2.3. Sistemas de Compostaje.....	12
2.4. Parámetros de Control durante el proceso.....	14

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1. Tipo de Investigación.....	18
3.2. Diseño del Estudio.....	18
3.2.1. <i>Identificación de variables</i>	18
3.3. Localización del Estudio.....	18
3.4. Etapas de la investigación.....	19
3.4.1. <i>Relación Carbono/Nitrógeno</i>	19
3.4.2. <i>Montaje Pilas de Compostaje</i>	20
3.4.3. <i>Inóculo EMA</i>	20
3.5. Análisis de las muestras.....	21

3.5.1. Temperatura	21
3.5.2. Humedad	21
3.5.3. Materia orgánica	21
3.5.4. Ph	22
3.5.5. Conductividad eléctrica (CE)	22
3.5.6. Nitrógeno	23
3.5.7. Fósforo	23
3.5.8. Potasio	23
3.5.9. Índice de Germinación	24

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS	25
4.1. Caracterización de la materia prima	25
4.2. Parámetros de Control	26

CONCLUSIONES	36
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	37
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Descripción geomorfológica de la parroquia Calpi	5
Tabla 2-1: Factores Climáticos Parroquia Calpi	7
Tabla 3-1: Uso y cobertura del suelo de la parroquia Calpi.....	8
Tabla 4-2: Rangos de pH	16
Tabla 5-2: Relaciones C/N.....	17
Tabla 6-4: Caracterización Materias Primas	25
Tabla 7-4: IG Inicial – Final	30
Tabla 8-4: Importancia de parámetros	32
Tabla 9-4: Límites Permisibles BOE-FAO	32
Tabla 10-4: Cálculo ICAB San Francisco.....	33
Tabla 11-4: Cálculo ICAB Gaushi.....	33
Tabla 12-4: Cálculo ICAB Nitiluisa	34
Tabla 13-4: Criterios de valoración para ICAB	34
Tabla 14-4: Análisis ANOVA.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Mapa Relieve Calpi	6
Gráfico 2-2: Compostaje.....	11
Gráfico 3: Dinámica de Aireación	15
Gráfico 4-3: Mapa Político de Parroquia Calpi.....	19
Gráfico 5-4: Evolución de las temperaturas en las pilas experimentales	27
Gráfico 6-4: Evolución de materia orgánica	27
Gráfico 7-4: Evolución del Ph	28
Gráfico 8-4: Evolución de la Conductividad Eléctrica (CE).....	29
Gráfico 9-4: Nitrógeno.....	30
Gráfico 10-4: Fósforo	31
Gráfico 11-4: Potasio	31

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

ANEXO B: EVIDENCIA SOCIALIZACIÓN

ANEXO C: INSTRUCTIVO COMPOSTAJE COMUNITARIO

RESUMEN

En el objetivo del proyecto se determinó la producción de abonos orgánicos enriquecidos para su empleo en cultivos agroecológicos dentro de la parroquia Calpi, provincia de Chimborazo; tomando en consideración los parámetros de control del proceso para determinar la calidad del compost obtenido como producto final. Se establecieron tres pilas experimentales en las comunidades de: San Francisco de Cunuhuachay, Nitiluisa y Gaushi. Gracias a las visitas de campo se determinaron las materias primas a usarse (bosta vacuna, cascarilla de arroz, gallinaza) con base a su disponibilidad en cada una de las comunidades. Es así como se establecieron tres opciones de relación Carbono/Nitrógeno iniciales optando por la más cercana al estándar óptimo (C/N= 25) para las tres pilas. Esta relación C/N corresponde a la relación en peso definida para la mezcla de las materias primas, relación que fue de 3:2:1 para bosta, cascarilla y gallinaza respectivamente. El proceso tuvo una duración de 150 días desde la etapa inicial hasta empezar el proceso de maduración de las pilas. Los volteos fueron periódicos en función a su temperatura y en cada volteo se tomaron muestras representativas para los análisis de laboratorio (pH, Conductividad Eléctrica, %Materia Orgánica, Índice de Germinación, Nitrógeno, Fósforo, Potasio). Con los resultados de los parámetros de control establecidos se llevó a cabo un Índice de Calidad de Abono "ICAB" = 100% EXCELENTE para las tres pilas experimentales. El método estadístico ANOVA mostró que no existe una variabilidad significativa de los parámetros analizados en las diferentes pilas, lo que permitió la estandarización del proceso de compostaje. Se recomienda seguir un control periódico y técnico durante el proceso de compostaje para poder verificar que se lleva a cabo según los estándares establecidos durante el proceso experimental.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <AGRICULTURA>, <ABONO>, <COMPOST>, <NUTRIENTES>, <NITRÓGENO>, <FÓSFORO>, <POTASIO>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.01.04 12:51:01 -05'00'



0014-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of the project was the production of enriched organic fertilizers to be used in agroecological crops in Calpi parish, Chimborazo province; taking into account the control parameters of the process in order to determine the quality of the compost obtained as a final product. Three experimental piles were established in San Francisco de Cunuhuachay, Nitiluisa and Gaushi rural communities. From the field trip, it was possible to determine the raw materials to be used like cow manure, rice husks and chicken manure; this based on their availability in each rural community. This is how three initial Carbon/Nitrogen ratio options were established, selecting the one closest to the (C/N= 25) optimal standard for the three piles. This C/N ratio corresponds to the weight ratio defined for the raw materials mixture, the ratio was 3:2:1 for cow manure, husks and poultry manure, respectively. The process lasted 150 days from the initial stage, and started with the compost piles maturation process. The turns were periodic depending on their temperature and in each turn, it was necessary to take representative samples like pH, Electrical Conductivity, % Organic Matter, Germination Index, Nitrogen, Phosphorus and Potassium for the laboratory analysis. With the results obtained from the control parameters, a Fertilizer Quality Index "ICAB" = 100% equivalent to EXCELLENT was carried out for the three experimental piles. The ANOVA statistical method showed that there is no significant variability of the parameters analyzed in the different piles, which allowed the standardization of the composting process. It is recommended to implement a periodic and technical control during the composting process in order to verify that this process is carried out according to the standards established during the experimental process.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <AGRICULTURE>, <FERTILIZER>, <COMPOST>, <NUTRIENTS>, <NITROGEN>, <PHOSPHORUS>, <POTASSIUM>.



Firmado electrónicamente por:

**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

La desertificación es un fenómeno mundial que afecta aproximadamente a un 40% de la masa terrestre. En Ecuador se estima que entre un 27% y un 43% del territorio sufre problemas de desertificación afectando a una parte muy importante de la población (Morales, C., 2005, pp. 25-37). La desertificación disminuye la productividad de los suelos, reduce la producción de alimentos y despoja a la tierra de su cubierta vegetal -fenómenos de importancia esencial para la población de todo el mundo-, e incluso repercute negativamente en otras áreas no afectadas directamente por sus síntomas, por ejemplo, causando crecidas, salinización de los suelos, deterioro de la calidad del agua o deposición de lodo en ríos, arroyos y embalses. Produce o agrava las hambrunas, la malnutrición, la pobreza y los movimientos migratorios, y puede desencadenar crisis, conflictos e inestabilidad. Conlleva también pérdidas macroeconómicas no desdeñables (Holtz, U, 2003, p. 1). En los ecosistemas agrícolas, la calidad del suelo depende en gran medida de la cantidad, calidad y dinámica de las reservas de carbono orgánico presente en el suelo. Una reducción de materia orgánica y por lo tanto de carbono orgánico puede acentuar la degradación del suelo por erosión, compactación, pérdida de nutrientes, lavado, acidificación y/o salinización provocando una disminución en la biodiversidad del suelo (Brady y Weil, 2008, p. 965). La mayor parte de estas pérdidas ocurre en los primeros 20 años del cambio del uso de la tierra (Solomon et al., 2000, pp. 203-213). Una manera de combatir este problema es incorporando al suelo abonos orgánicos preparados en las mismas comunidades. Estos abonos son una fuente directa de materia orgánica, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y de muchos micronutrientes necesarios para nutrir los suelos. En este sentido, el compostaje se presenta como una alternativa válida para la preparación de abonos a partir de residuos orgánicos como fuente de nutrientes. El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible (Román, 2013, pp. 29-35). El compostaje ha sido empleado en todo el mundo como una técnica idónea para tratar diferentes residuos orgánicos y obtener abonos que permiten recuperar suelos degradados y pobres en nutrientes; así lo reportaron (Doon, S., 2008, pp. 458-465), (Hargreaves, J.C., 2008, pp. 1-4), (Hargreaves, J.C., 2008, pp. 1-4). En el manual de compostaje del agricultor de la FAO (Román, 2013, pp. 29-35), se presentan muchas experiencias realizadas en países de América Latina y el Caribe, sobre la producción de compost a nivel familiar y de pequeña agricultura, ya que el compost ayuda a mantener un suelo sano con una diversa comunidad de organismos que ayudan a controlar las enfermedades de los cultivos, los insectos y las malezas, forma asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas, recicla los nutrientes vegetales esenciales, mejora la estructura del suelo con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y

nutrientes del suelo y, en última instancia aumenta la producción agrícola. En Ecuador (Fundación Natura REPAMAR-CEPIS-G.T.Z., 1998) y en particular en la provincia de Chimborazo se han realizado experiencias exitosas de compostaje a partir de residuos sólidos urbanos, residuos de mercado en mezcla con poda (Jara-Samaniego 2017, pp. 12-17) y residuos de origen agroindustrial (Gavilanes-Terán, 2016, pp. 117-134), (Idrovo, 2018, pp. 338-395).

Los suelos erosionados y con pocos nutrientes constituyen un factor limitante para una agricultura sostenible en pequeñas comunidades. Análisis de suelos realizados en varias comunidades de la parroquia Calpi, reportaron bajos contenidos de materia orgánica; su aumento se logra con la incorporación al suelo de abonos orgánicos como compost, vermicompost y bokashi, en preferencia a la disposición directa de excretas animales y residuos frescos de cosecha. Conociendo las necesidades nutricionales de los suelos, estos abonos se utilizarían como base para su enriquecimiento con microorganismos benéficos y otras sustancias para lograr una buena regeneración de estos suelos. El proceso base seleccionado, sería el compostaje, un método relativamente sencillo de degradación de materia orgánica. Sin embargo, se necesita el control periódico de temperatura, humedad y oxigenación y la toma de muestras y controles a lo largo del mismo para obtener un producto de calidad (Torrentó, 2011, pp. 45-57). Una vez encontradas las mezclas y condiciones óptimas, se capacitará a las mujeres, jóvenes y adultos mayores de la comunidad. Hay que considerar que la producción de estos abonos orgánicos puede generar ingresos económicos al ser comercializados, impulsando el crecimiento económico sostenible, de manera redistributiva y solidaria. Finalmente, se impulsaría el desarrollo de las capacidades productivas y del entorno, para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir rural incorporando el tema de género, economía popular y comercio justo. Este Trabajo de Integración curricular está dentro de las líneas de investigación de la carrera de IBA, Gestión de ambiente y territorio; tratamiento de recursos y residuos y forma parte del proyecto de vinculación ESPOCH, universidad latinoamericana por el comercio justo.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Producir abonos orgánicos enriquecidos para la producción de cultivos agroecológicos en la parroquia Calpi.

Objetivos Específicos

- Obtener microorganismos de montaña
- Caracterizar los residuos orgánicos para el proceso de compostaje.
- Determinar la calidad de los abonos orgánicos obtenidos (compost).
- Socializar los resultados del proyecto para futuras capacitaciones a las comunidades.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes de la investigación

Dentro del mercado agrícola ecuatoriano existen varios tipos de fertilizantes y pesticidas de tipo inorgánico los cuales son empleados para incrementar el rendimiento de las cosechas y reducir los insectos y enfermedades de los cultivos poniendo en riesgo la estabilidad de la actividad agrícola, sin embargo, se ha dejado de lado el uso de productos naturales como estiércoles, bioles, té de estiércol, bokashi, etc., que ayudan a la proliferación de microorganismos benéficos en el suelo y la generación de medios de autodefensa de las plantas contra las plagas y enfermedades. Si bien los fertilizantes químicos aumentan la producción de alimentos, los efectos negativos en el medio ambiente son indiscutibles. Anualmente, se produce una cantidad considerable de residuos producto de la actividad agrícola desarrollada en varias zonas de Chimborazo, dejando una gran cantidad de mal llamados desechos, los cuales se convierten en un potencial foco de contaminación ambiental al no ser tratados de la manera correcta. Generalmente, estos son considerados un problema para el productor, ya que no conocen alternativas para poderles dar un uso apropiado. En algunos casos, su manejo inadecuado y la falta de conciencia ambiental terminan generando problemas de contaminación (Villalba 2011, pp. 48-49). El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato 2007, pp. 183-197). El tratamiento de los desechos orgánicos cada día reviste mayor atención dada la dimensión del problema que representa, no solo por el aumento de los volúmenes producidos o por una mayor intensificación de la producción, sino también, por la aparición de nuevas enfermedades que afectan la salud humana y animal, que tienen relación directa con el manejo inadecuado de los residuos orgánicos (Rodríguez 2002, pp. 27-49). Una alternativa a la aplicación de fertilizantes, la constituye el empleo de abonos orgánicos u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas (Lamsfus 2003, pp. 361-386). En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales (Soto 2006, pp. 178-189). En los últimos 40 años, los productores redujeron la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva (López 2019, pp. 61-85), generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Butler 2007, pp. 155-162). Es importante mencionar que los residuos

de cosecha, son una de las fuentes más importantes para su uso en el compostaje, debido a los volúmenes de producción que se generan. También, éstos cuentan con un alto contenido en materia orgánica con una elevada relación C/N, lo que facilita su uso en el proceso en mezcla con residuos ricos en nitrógeno. Otro aspecto importante del compostaje de este tipo de residuos, es que, como producto generado de parcelas de cultivo, forma parte importante de las acciones para la sostenibilidad del agroecosistema, obteniendo un insumo desde dentro de la misma parcela o lugar de producción. Es decir, de un residuo que se genera en la producción vegetal, se reincorpora, una vez procesado a través del compostaje y su aplicación al suelo (Martínez 2006, pp. 38-48). En la actualidad, en algunas comunidades de Calpi, se están obteniendo abonos orgánicos, pero no existe un seguimiento del proceso ni se ha realizado un control de calidad de los abonos obtenidos.

2. Comunidad de estudio CALPI y sus componentes biofísicos de interés

Relieve

La Parroquia de Calpi ha clasificado la dinámica del suelo según el mapa de pendientes de 2013 del Ministerio de Medio Ambiente. Dado que la pendiente es un factor importante y necesario para controlar o responder a la sensibilidad ambiental. Una buena gestión es necesaria para el uso de la tierra. (Plan de Ordenamiento Territorial PDOT Calpi, 2015, pp. 15-39). El cerro mediano es una unidad morfológica de terreno accidentado con una diferencia relativa de altura de 2575m y una pendiente de 8-13% (PDOT Calpi, 2015, pp 15-39).

Las morfologías montañosas (relieve escarpado) se deben al plegamiento de las rocas de la corteza superior en altura y forma, y aunque se ven afectadas en diversos grados respectivamente, debido a la erosión de los ríos y los procesos de relieve glaciario. Una pendiente es una superficie de terreno inclinado ubicada entre puntos altos (montañas, crestas, bordes de mesetas o picos ondulados) y puntos bajos (crestas o valles). Las secciones inclinadas pueden ser regulares, irregulares, mixtas, rectas, convexas o cóncavas (es decir, cortes pronunciados), según la petrología y los efectos corrosivos (PDOT Calpi, 2015, pp 15-39).

Tabla 1-1: Descripción geomorfológica de la parroquia Calpi

Relieve	Ha	%	Localización	Actividades
Colinas medianas	482,21	9,34	Guiltuz, Chamboloma, Bayubug	Agropecuaria
Relieve escarpado	254,61	4,93	San Francisco de Cunuhuachay	Agropecuaria

Valles interandinos	1569,88	30,42	La Moya, Nililuisa, Rumicruz ,San Vicente de Luisa, Jatari Campesino, Gaushi	Agropecuaria
Vertientes convexas	840,12	16,28	San Vicente, Asunción, Palacio Real, Bayushi	Agropecuaria
Vertientes cóncavas	1759,91	34,10	Chiquicaz, Bayubug, San José de Chanchahuan, Calpi Loma, San José de Gaushi, Calpi	Agropecuaria
Vertientes irregulares	254,49	4,93	Telempala, Nitiluisa,Rumipamba	Agropecuaria
Total	5161,22	100		

Fuente: PDOT Parroquia de Santiago de Calpi.

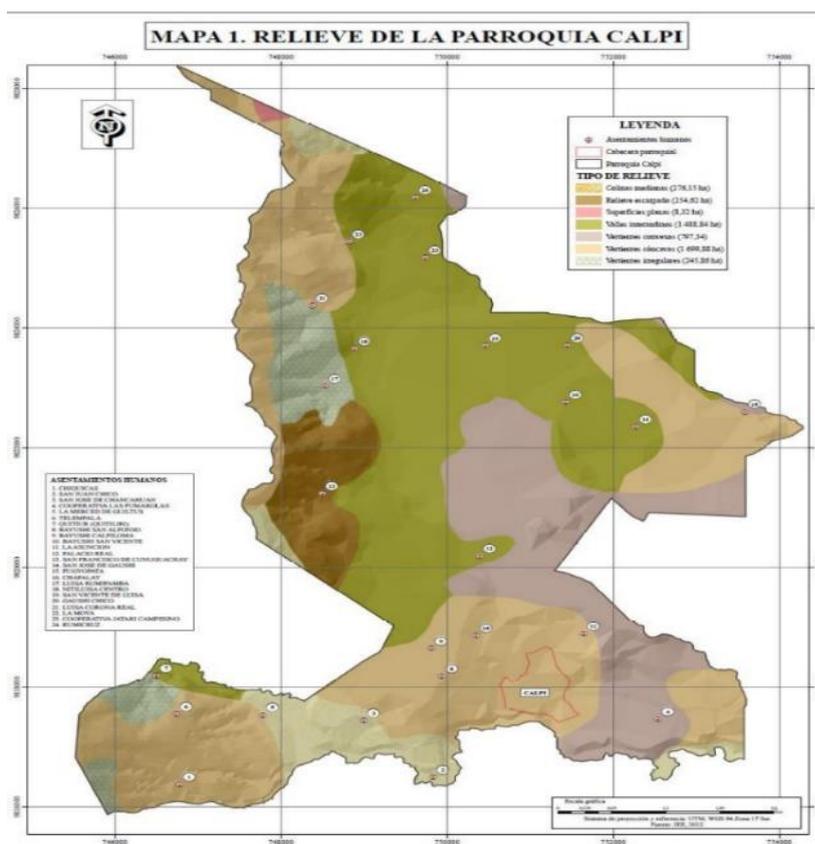


Gráfico 1-1: Mapa Relieve Calpi

Fuente: PDOT Parroquia de Santiago de Calpi 2015-2025.

Temperatura

La temperatura promedio en la Parroquia de Calpi fluctúa entre 5 y 13 °C. No se han identificado tendencias regulares durante meses, ya que los climas generalmente son muy cambiantes. Esto se debe a la contaminación, a la actividad industrial. Incluso la actividad volcánica y la deforestación provocada por el volcán Tungurahua se localizan en diferentes comunidades parroquiales. El clima en la parte central de la Quebrada Andina es generalmente frío, con precipitaciones de 3.9-129.8 mm (PDOT Calpi, 2015, pp. 20-43).

La parte central del territorio con 3684,84 ha, se caracteriza por un clima subtropical ecuatorial semihúmedo a húmedo. Este es el clima más característico de la zona interandina, a excepción de los valles protegidos y áreas de más de 3.200 metros. Representa el rango máximo sobre el nivel del mar. Las temperaturas medias anuales suelen oscilar entre 5 y 13 ° C siendo más bajas en pendientes que apenas están expuestas al sol. Las temperaturas mínimas rara vez descienden por debajo de los 5 ° C y las temperaturas máximas no superan los 13 ° C. Dependiendo de la altitud y la exposición, la humedad relativa es del 65-85% y las horas de sol son de 1.000 a 2.000 horas al año. La precipitación anual varía de 3.9 a 129.8 mm (PDOT Calpi, 2015 pp, 20-43).

Tabla 2-1: Factores Climáticos Parroquia Calpi

Variable	Descripción	
Precipitación	250-750 mm	
Temperatura	5 a 13 °C	
Piso climáticos	Descripción	Área
	Ecuatorial meso térmico semi-húmedo	3684,84
	Ecuatorial meso térmico seco	469,7
	Ecuatorial de alta montana	1007,48
Humedad	68%	

Fuente: Ministerio del Ambiente 2013, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.

Suelo

El suelo de la parroquia este compuesto de tres órdenes principales; entisol, inceptisol y morisol (interés agrícola), El Entisol predominante de acuerdo con la clasificación de la clasificación de suelos conforma el 71,7% del suelo, orden sin un desarrollo claramente definido. El entisol no tiene "propósito de diagnóstico" y es esencialmente el material básico del regolito esencialmente inalterado. Orden inceptisol al 4,5% es un suelo que comienza a mostrar un horizonte creciente ya que el suelo joven en constante desarrollo. Por esta razón, los suelos mostrados en este orden en uno o más intervalos de diagnóstico se derivan de formaciones rápidas, acompañadas de desplazamientos de material (movimientos del suelo debido a diversos factores) como lahares) o por agentes atmosféricos extremos. Un 23,8% de la parroquia corresponden a los suelos del orden Morisol y se caracterizan por la estructura granular bien abastecida de materia orgánica, color oscuro, alta saturación en bases y excelentes nutrientes (PDOT Calpi, 2015, pp. 15-28).

Cobertura de suelo

La Parroquia Calpi se caracteriza por ser un sector de actividad agrícola y pecuaria representando el 70% de la actividad económica que sustenta a las familias de las diferentes comunidades

predominando los cultivos de ciclo corto en la mayoría de su territorio. Encontrando así plantaciones principalmente de gramíneas. Encontrándose lo siguiente (PDOT Calpi, 2015, pp. 15-28):

Tabla 3-1: Uso y cobertura del suelo de la parroquia Calpi.

Descripción	Cobertura	Uso	Área	Conflicto
Son aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un 1 año	Cultivos de ciclo Corto	Agrícola	440,07	Uso adecuado
Son espacios que tienen la mitad cultivos anuales y la mitad pasto cultivado	50% de cultivos ciclo corto -50% pasto cultivado	Agropecuaria	188,63	Uso adecuado
Son espacios que tienen más de la mitad cultivos anuales y menos de la mitad pasto cultivado	70% de cultivos ciclo corto - 30% pasto cultivado	Agropecuaria	467,63	
Lugares con procesos de desgaste de la capa arable	Cultivos de ciclo corto en proceso de erosión	Agrícola	3401,98	Sobre utilizado
Sitios de arena o Cangahua	Cultivos de ciclo corto en áreas erosionadas	Agrícola	516,45	Sobre utilizado
Extensión de terreno densamente poblado de árboles	Bosque	Forestal	85,42	
Formación vegetal Constituidas principalmente por arbustos y hierbas	Vegetación arbustiva y Herbácea	Conservación	2,65	
Páramo	Pajonal	Conservación	58,39	Sobre utilizado
Total			5161,22	

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAGAP, Instituto Espacial Ecuatoriano IEE 2013 – PDOT CALPI 2015.

2.1. Economía Circular Calpi – MAQUITA

Maquita es una organización de economía social y solidaria que promueve asociatividad, producción sostenible y comercio justo, para mejorar la calidad de vida de las familias vulnerables del Ecuador, con prácticas de equidad y principios humanos y cristianos. Hace parte importante

del desarrollo de las comunidades de Calpi mediante la ejecución de estos proyectos, afianzado las buenas prácticas agrícolas, llevándolas a cabo junto al acompañamiento de las comunidades y la parte técnica que; Fundación “MAQUITA” junto al convenio “Comercio Justo ESPOCH” y Fundación “Manos Unidas” proporcionan con el único fin de preservar la producción y mejora continua de las actividades agrícolas que se vienen desarrollando en la zona y que son la base de la economía de las familias locales. Procesos como el compostaje, bokashi, bioles y el uso de microorganismos eficientes y la implementación de bio - fábricas para la producción de abonos, llegan como una alternativa para consolidar la economía circular para las comunidades.

CAPÍTULO II

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL COMPOSTAJE

3.1. Compostaje

Los residuos de poda, cosecha, postcosecha y productos defectuosos o en mal estado, por la falta de tratamientos técnicos adecuados, se convierten en contaminantes del ambiente al ser quemados, enterrados o dispuestos en terrenos baldíos. El compostaje nos ofrece el potencial de convertir de manera segura y eficiente los desechos orgánicos en insumos agrícolas por medio de procesos biooxidativos. La FAO define el compostaje como una mezcla de materia orgánica descompuesta aeróbicamente que se utiliza para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Portal de Términos de la FAO FAOTERM, 2013).

Sin embargo, aeróbicamente, todos los materiales convertidos no se consideran compost. El proceso de compostaje consta de diferentes pasos que se deben seguir para obtener abono orgánico de alta calidad. El uso de materiales que no hayan completado correctamente el proceso de compostaje puede presentar los siguientes riesgos:

Tóxico para las plantas (Fitotoxicidad): En los materiales que no se han compostado adecuadamente, el nitrógeno se encuentra en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio que se encuentra caliente y húmedo se convierte en amoníaco, creando un ambiente tóxico para el crecimiento de las plantas y produciendo olores indeseables. Del mismo modo, el compost sin terminar contiene compuestos inestables, como ácidos orgánicos, que son tóxicos para las semillas, suelo y futuros cultivos (GRAMA, 2005, p.18).

Deficiencia biológica de nitrógeno: Esto ocurre en materiales que no logran una proporción equilibrada de carbono: nitrógeno conteniendo materiales mucho más ricos en carbono que en nitrógeno (GRAMA, 2005, p.18). Cuando este material se aplica al suelo, los microorganismos consumen el C presente en el material compostable, aumentando rápidamente el consumo de N y agotando el almacenamiento de N del estrato.

Reduce los radicales libres de oxígeno: Cuando se aplica al suelo un material que aún se está descomponiendo, los microorganismos utilizan el oxígeno presente en el suelo para continuar el proceso, agotando y haciéndolo inaccesible para las plantas (Rodríguez, 2002, pp. 27-49).

Contaminación de plantas y agua: Los materiales que contienen un exceso de nitrógeno en forma de amonio tienden a perderse por infiltración o evaporación en el suelo, lo que contribuye a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Román, 2013 pp. 29-35). Asimismo, se extrae de las plantas y provoca una acumulación excesiva de nitratos, afectando negativamente

la calidad de la fruta (dulzor y corto tiempo de postcosecha) y la salud humana (especialmente hortalizas de hoja).

3.2. Evolución Proceso de Compostaje

El compostaje comprende un proceso biológico que tiene lugar en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno). Con la humedad y temperatura adecuadas, garantizando la conversión higiénica de la materia orgánica en material homogéneo el cual puede ser aprovechado por los cultivos.

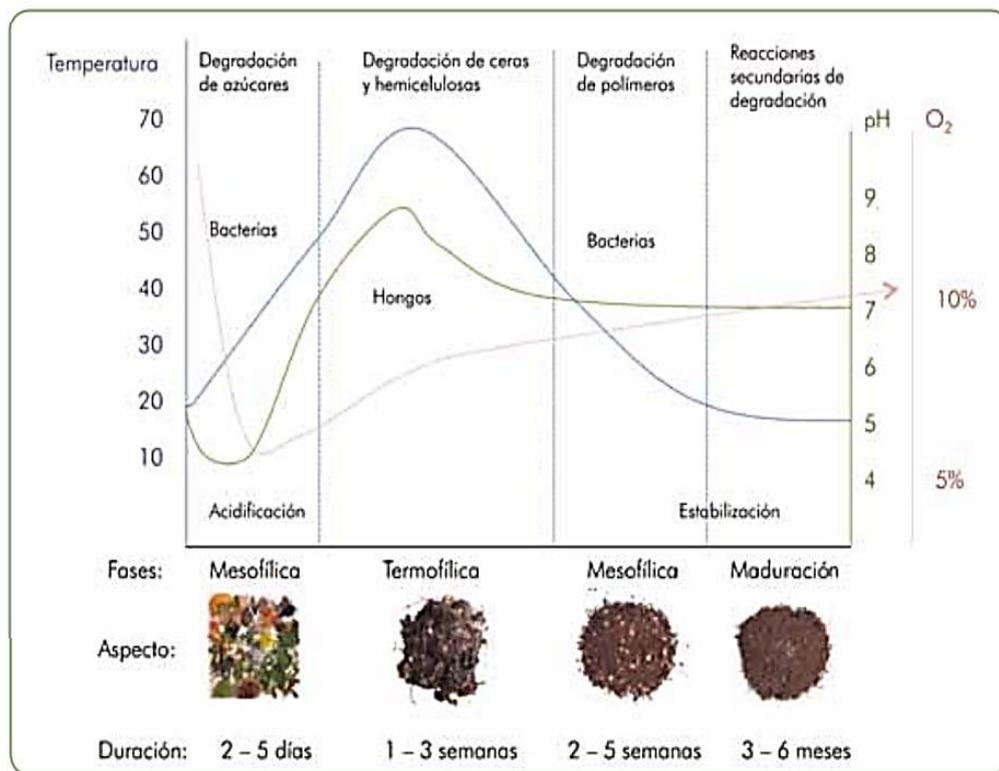


Gráfico 2-2: Compostaje

Fuente: Manual de Compostaje FAO Experiencias en Latinoamérica.

El compostaje puede entenderse como una serie de procesos. El metabolismo complejo de diversos microorganismos utiliza el nitrógeno (N), el oxígeno y el carbono (C) existentes. Se lleva a cabo por diversos microorganismos generando biomasa. Además, en este proceso, los microorganismos generan calor y producen un sustrato sólido con C y N mineralizado más estable para asimilarse por las plantas, el cuál es conocido como compost.

Al descomponer el C y el N junto a toda la materia orgánica original, los microorganismos liberan calor. Esto se puede medir por los cambios de temperatura a lo largo del tiempo del proceso de compostaje. Dependiendo de la temperatura producida durante el proceso se identifican tres fases

principales, además de la fase de madurez siendo esta variable. Las diferentes etapas de compostaje se pueden clasificar según la temperatura de la siguiente manera (FAO, 2013, pp. 25-27):

Etapas Mesófila: La materia prima comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y la temperatura se eleva a 45 °C en días (o incluso horas). Este aumento de temperatura se debe a la actividad de los microorganismos al consumir las primeras fuentes de C y N descompuestas en esta etapa generando una gran actividad enzimática que como consecuencia produce calor. La descomposición de compuestos solubles como los azúcares produce ácidos orgánicos que pueden reducir el pH (a aproximadamente 4,0 o 4,5). Esta fase dura varios días (2-8 días) (FAO, 2013, pp. 25-27).

Fase Termófila o de Higienización: Cuando el material alcanza una temperatura superior a los 45°C, los microorganismos que crecen a temperaturas medias (microorganismos mesofílicos) son reemplazados por microorganismos con capacidades térmicas más altas (bacterias termofílicas) que funcionan promoviendo la descomposición de C en estructuras más complejas como de la celulosa y lignina.

Estos microorganismos actúan convirtiendo nitrógeno en amoníaco elevando el pH del medio. A partir de 60°C, emergen bacterias de esporulación y actinomicetos implicados en la degradación de otros complejos de C como ceras y hemicelulosas. La periodicidad de esta etapa dependerá del material de partida, el clima y las condiciones del sitio entre otros factores.

Esta etapa también se conoce como etapa de esterilización porque el calor generado mata las bacterias y los contaminantes fecales (patógenos) como; *Escherichia coli* y *Salmonella*. Asimismo, a temperaturas superiores a 55 ° C se eliminan los huevos y quistes de parásitos, las esporas de hongos fitopatógenos y las semillas de malezas presentes en el material de partida, siendo uno de los pasos fundamentales para asegurar la calidad del proceso (FAO, 2013, pp. 25-27).

Fase de Enfriamiento o Mesófila secundaria: Una vez agotadas las fuentes de carbono y nitrógeno en el material de compostaje, la pila vuelve a temperaturas de 40 a 45°C. Durante este período, polímeros como la celulosa continúan descomponiéndose, debido a la presencia de algunos hongos por toda la pila. Por debajo de 40°C, los mesófilos reanudan su actividad y el pH del suelo desciende levemente, pero generalmente permanece ligeramente alcalino. Este paso de enfriamiento dura varias semanas y puede confundirse con el paso de higienización (FAO, 2013).

Fase de Maduración: Lleva varios meses a temperatura ambiente, durante los cuales tiene lugar una reacción secundaria de condensación y polimerización de los compuestos de carbono para formar ácidos húmicos y fúlvicos (FAO, 2013, pp. 25-27).

3.3. Sistemas de Compostaje

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversas tecnologías para poder llevar a cabo procesos

eficientes para la fase de descomposición. De manera general los sistemas de compostaje se pueden dividir en:

Dinámicos: provistos de algún sistema de agitación del material a lo largo del proceso.

Estáticos: durante todo el proceso, el material permanece tal cual se dispone inicialmente, y no es agitado en ninguna ocasión.

Intensivos: permiten tratar un gran volumen de residuo ocupando poca superficie.

Extensivos: requieren de grandes extensiones de terreno.

Los sistemas de compostaje más utilizados en la UE son los siguientes (Barrios et al., 2004, pp. 64-66)

Flip the stack (Pilas volteadas): sistemas dinámicos extensivo. Los materiales se disponen en filas o pilas, con una sección transversal triangular, que es volteado repetidas veces durante todo el proceso. El volteo puede darse de forma mecánica o manual lo que permite oxigenar el material y da como resultado un alto grado de mezcla. El tamaño de la pila varía según el material y el equipo de volteo. El parámetro limitante es la altura, porque si es demasiado alta, resultará en la compactación del material. La altura recomendada es de 1,2 a 1,8m y el ancho es de 2,4 a 3,6 m. La longitud de la pila está limitada solo por el tamaño o distribución de la biofábrica (Saña y Soliva, 1987, pp. 12-19).

Canales: sistema dinámico intensivo. Es un sistema de compostaje continuo en el que los residuos frescos se alimentan por un extremo del canal y el producto final se obtiene por el otro extremo. El material a compostar se deposita al inicio de unos canales alargados con secciones transversales rectangulares. Estos canales tienen un sistema de inyección de aire similar a una batería estática. Una máquina giratoria que circula sobre una pista ubicada en la parte superior de la pared del canal rota periódicamente el material para uniformarlo y avanzar por el canal. El tiempo de permanencia del material en el canal está en función del número de vueltas necesarias para llegar al extremo de finalización comprendiendo el proceso como descompuesto totalmente (Barrios et al., 2004, pp 64-66).

Túneles: sistema estático intensivo. El material se introduce en un túnel cerrado con sistema de aireación forzada. El tamaño del túnel es variable, aproximadamente 4 m de alto, 5-6 m de ancho y variable en longitud, dependiendo de la cantidad de residuos a procesar, generalmente 20 m. La ventaja de este tipo de sistema es que puede controlar mejor las condiciones del proceso y, como se trata de un sistema cerrado, puede controlar gases y olores. La desventaja es que el costo de instalación es alto. Si el sitio está cerca del centro de la ciudad, es mejor construir estos sistemas debido al control de olores y los menores requisitos de espacio.

3.4. Parámetros de Control durante el proceso.

En el compostaje, basados en la premisa de que los responsables de la transformación de la materia orgánica a un producto final llamado compost son los microorganismos, todos los factores que pueden limitar el crecimiento de estos terminan también por limitar la eficiencia del proceso en sí. Para garantizar que esta transformación se lleve a cabo en condiciones controladas (aeróbicas y termófilas), se requieren una serie de requisitos para el crecimiento microbiano eficiente (Barrena, 2006, pp. 28-35).

Temperatura

La temperatura es el resultado del tipo de proceso y, por tanto, es un indicador de su actividad. El aumento de la bioactividad genera calor que se retiene ya que los desechos se ven como una masa auto aislante, que generalmente elevan la temperatura. El aumento de temperatura durante la primera parte del proceso de compostaje indica la presencia de materiales fácilmente biodegradables y condiciones de trabajo adecuadas, lo que indica que el proceso avanza correctamente. En las moléculas orgánicas, la energía liberada cuando la molécula se descompone en moléculas más simples se almacena en enlaces. La variación de temperatura durante el proceso proporciona información directa sobre el desempeño del proceso. Mantener altas temperaturas asegura la pasteurización del material, pero niveles muy altos de temperatura pueden causar problemas que bloquean la actividad de la mayoría de los microorganismos. Por lo tanto, debe lograrse un equilibrio entre la higienización máxima y la biodegradación. La máxima diversidad microbiana se alcanza a 35-40 °C, la máxima biodegradabilidad se alcanza a 45-55 °C y la higiene se estima por encima de 55 °C (Tchobanoglous, 1994, p. 111).

La temperatura alcanzada en cada fase depende de la energía liberada, las pérdidas (convección, radiación, conducción) y la capacidad de almacenamiento térmico (estrictamente relacionada con el calor específico y la conductividad térmica del material), en particular la energía liberada cuando está bajo. La humedad y el contenido de minerales son parte del mantenimiento de la temperatura durante las etapas finales del proceso debido a su alta capacidad de retención de calor (Soliva, 2001).

Aireación

La aireación es necesaria si el proceso es aeróbico. El contenido de oxígeno del aire en el fondo de los desechos no debe ser inferior al 5% o 7%. Los microorganismos consumen oxígeno durante la descomposición del material porque es fundamental para mantener las condiciones aeróbicas, que deben ser reemplazadas.

Las funciones básicas de la aireación son las siguientes (Haug, 1993, pp. 175-184):

- Proporcionan el oxígeno necesario para la actividad microbiana aeróbica.
- Facilita la regulación del exceso de humedad debido a la evaporación

- Mantiene la temperatura correcta.

La aireación está estrechamente relacionada con la temperatura porque interfiere de diversas formas con la producción y dispersión de calor.

- Aumenta la actividad microbiana y produce una liberación de energía, aumentando así la temperatura.
- El enfriamiento se promueve transformando el aire caliente en aire frío.
- Puede reducir la humedad excesiva, ralentizar el proceso y bajar la temperatura.

El suministro de oxígeno al material compostable se realiza mediante un sistema de aireación y / o mezcla manual o mecánica. La ventilación también puede ocurrir de forma natural con ventilación pasiva si la mezcla tiene una porosidad y una estructura que promueve el intercambio de gases debido a fenómenos físicos como la difusión, evaporación y diferencias de temperatura (Román, 2013, pp. 29-35). En el caso del compostaje en pila, el llamado efecto chimenea juega un papel importante en la reducción del contenido de agua en la pila y en la actualización del aire en la pila. el aire dentro del poste se calienta y se satura de agua, ascendiendo debido a su baja densidad, creando un ligero vacío y generando aire fresco desde el exterior. Incluso con un buen sistema de ventilación forzada, existen otras ventajas muy importantes como la homogeneización de materiales, la redistribución de microorganismos, agua y nutrientes, reducción del tamaño de partícula, contacto superficial renovado, etc. porque sí. El excesivo volteo de la pila puede generar pérdidas de humedad y favorecer a un enfriamiento repentino.

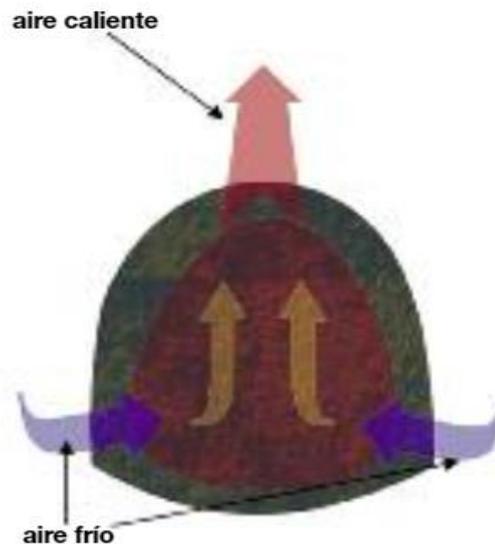


Gráfico 3: Dinámica de Aireación

Fuente: Compostaje de residuos sólidos. Aplicación de técnicas respirométricas (Barrena,2013).

pH

El pH del proceso de compostaje depende de la materia prima y varía de (4.5 a 8.5) en cada etapa del proceso. En las primeras etapas del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos

orgánicos. Durante la fase termofílica, el amonio se convierte en amoniaco, elevando el pH, alcalinizando el medio y estabilizándose finalmente en valores casi neutros. El pH determina la supervivencia microbiana, y cada grupo tiene un pH óptimo para el crecimiento y desarrollo. La mayor actividad bacteriana ocurrió a pH (6.0-7.5) y la mayor actividad fúngica ocurre a pH (5.5-8.0)

Tabla 4-2: Rangos de pH

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de Nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Manual de Compostaje FAO Experiencias en Latinoamérica, 2013.

Relación C/N

Para el correcto desarrollo del proceso de compostaje, es importante equilibrar los diferentes nutrientes, especialmente entre el nitrógeno (N) y el carbono (C), en sus concentraciones específicas. Los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje requieren nutrientes para su crecimiento. En general, los residuos proporcionaron suficientes nutrientes y oligoelementos, pero es necesario confirmar la presencia de cantidades mayores de las necesarias especialmente referido al carbono y nitrógeno. Estos dos factores deben estar en la proporción correcta para evitar el retraso del proceso en relaciones C / N altas o para evitar la pérdida de nitrógeno en relaciones C / N bajas. Dado que los microorganismos utilizan carbono (15 a 30) para (1) parte de nitrógeno, se estima que un valor de (25 a 35) es la relación C / N óptima. (Soliva, 2001, pp. 89-93).

La relación C / N es importante en las condiciones de inicio del proceso de compostaje y su velocidad de reacción, así como en el desarrollo de las etapas de degradación y maduración. Al iniciar el compostaje, una proporción adecuada de C / N puede ser la clave para la conservación del nitrógeno. Se ha comprobado que el aumento de la relación C / N utilizando acondicionadores del suelo o agentes estructurantes aumenta la retención de nitrógeno.

La relación C / N del residuo se puede ajustar mezclándolo con otro residuo con propiedades adicionales. Puede ser el mismo agente estructurante utilizado para ajustar la mezcla o un ingrediente adicional para ajustar la proporción. Sin embargo, es importante considerar la relación

C / N que está realmente disponible para el microorganismo. Esto se debe a que puede ser incorrecto agregar un material que en realidad no aumenta esta proporción. Esto sucede, por ejemplo, cuando se utilizan materiales ricos en carbono difíciles de descomponer (celulosa y lignina) para aumentar el C / N de materiales ricos en nitrógeno. Algunos autores recomiendan referirse a las proporciones C / N carbono-nitrógeno que están disponibles biológicamente (FAO,2013, pp. 55-58).

Tabla 5-2: Relaciones C/N

C: N	Causas Asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Manual de Compostaje FAO Experiencias en Latinoamérica, 2013.

CAPÍTULO III

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

Mixta, aplicada al objeto de estudio de manera descriptiva de tipo EXPERIMENTAL con inferencia deductiva transversal.

4.2. Diseño del Estudio

Tecnológico (Modalidad de Titulación: Proyectos Técnicos / Propuestas Tecnológicas).

4.2.1. Identificación de variables

- Materia Orgánica
- Temperatura
- Humedad
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Índice de germinación

4.3. Localización del Estudio

El proyecto será desarrollado en la parroquia Calpi que se encuentra ubicada a 15 minutos de la ciudad de Riobamba, la actividad principal del sector es la agricultura.

CANTÓN: Riobamba

PROVINCIA: Chimborazo

HABITANTES: 6469

EXTENSIÓN: 5353 ha

ALTITUD: 3200msnm

CLIMA: Ecuatorial mesotérmico seco

LÍMITES:

- ♣ Norte: Comunidades de San Andrés, Cantón Guano
- ♣ Sur: Río Chibunga, Comunidades Gatazo Cantón Colta

- ♣ Este: Parroquia Licán, Cantón Riobamba
- ♣ Oeste: Parroquia San Juan

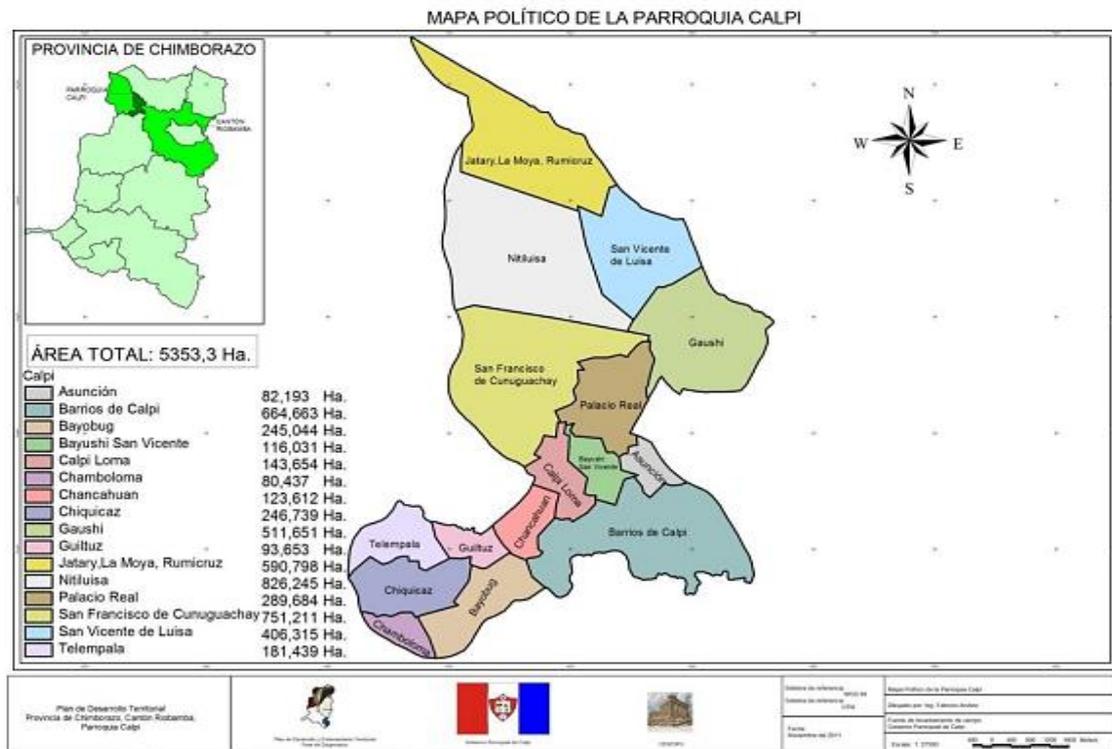


Gráfico 4-3: Mapa Político de Parroquia Calpi

Fuente: PDOT Parroquia de Santiago de Calpi 2015-2025.

Población de estudio y/o muestra

Unidades de producción: 3 unidades Cantón Riobamba: Parroquia Calpi: Comunidad San Francisco de Cunuguachay, San José de Gaushi, Nitiluisa

Análisis Estadístico

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación el análisis estadístico utilizado fue Descriptivo e Inferencial

Para la determinación de variabilidad de los factores de control en la producción de los abonos se efectuó un análisis ANOVA (comparación parámetros de los productos obtenidos entre las 3 unidades de producción).

4.4. Etapas de la investigación

4.4.1. Relación Carbono/Nitrógeno

Fue calculada con base a la disponibilidad de las materias primas de la comunidad. Se trabajó con la relación C/N de 25, 39.

Ingrediente	% H2O	Peso	% Carbono	% De nitrógeno	Relación C / N
VACA	77.15	3	38.06	2.09	
GALLINAZA	7.5	1	21.26	1.71	
CASC. ARROZ	20	2	42.59	0.92	
				Resultado:	25.38750168563

Calcular Reset

Software empleado: Universidad de Cornell, disponible en:

<http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html>

Se informó que la cascarilla estuvo almacenada durante un año.

4.4.2. Montaje Pilas de Compostaje

Formación Pilas de Compostaje

Materias Primas

- Estiércol de ganado (vaca)
- Gallinaza
- Cascarilla de arroz

Material de activación microbiana

- Melaza
- Levadura
- Té cultivo microbiano con inóculo EMA (Microorganismos Eficientes Autóctonos)

Se armaron tres pilas, una en cada comunidad.

PILA SAN FRANCISCO: 380kg: 250Kg :130Kg = 760Kg

PILA NITILUISA: 230Kg: 155Kg: 75Kg = 460Kg
PILA GAUSHI: 250Kg+29Kg Cuy Extra: 185Kg: 93Kg = 557Kg mezcla.

PILA GAUSHI: En la pila de Gaushi la cantidad de bosta de vaca se completó con bosta de cuy debido a su disponibilidad.

4.4.3. Inóculo EMA

Masificación inóculo pilas de compostaje Calpi.

- Se tomó 500g de cada una de las 3 pilas de las 3 distintas comunidades (Nitoluisa, Gaushi, San Francisco)

- Se preparó la solución madre de caldo de cultivo en 20L de agua destilada con 3L de melaza y 225,6 g de levadura disuelta.
- La muestra recogida fue macerada con la técnica de "Té de compost" en el caldo de cultivo durante 15 días bajo condiciones estériles aeróbicas a temperatura ambiente (CENTA, 2020).

4.5. Análisis de las muestras

Las muestras representativas tomadas al inicio, al final y en cada volteo fueron analizadas en los laboratorios de Biotecnología Ambiental Industrial y de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

4.5.1. Temperatura

El registro de la temperatura se realizó con un termómetro digital de sonda marca HANNA HI-935002 K-TT enterrado a 70 cm de profundidad en cinco partes de la pila.

4.5.2. Humedad

La lectura de humedad se realizó con un SOIL TESTER HIGRÓMETRO de humedad/pH por sonda en los mismos puntos en que se registró la temperatura.

4.5.3. Materia orgánica

Según la técnica propuesta se siguieron los siguientes pasos:

- Tarar los crisoles (105°C por 2 h)
- Pasar al desecador por 30 minutos, pesar el crisol vacío, anotar el peso
- Añadir 3 g de muestra y anotar el peso.
- Colocar los crisoles en la mufla TERMO SCIENTIFIC THERMOLYNE por 24 horas a 430 °C
- Retirar los crisoles y colocar en el desecador por 30 minutos
- Pesar cada crisol con la muestra calcinada

La materia orgánica (MO) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MO} = (\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol} + \text{muestra calcinada}) / (\text{Peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del crisol vacío}) \times 100$$

4.5.4. pH

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Pesar 3g de muestra
2. Adicionar 30mL de agua (proporción 1:10)
3. Agitar vigorosamente por 10 minutos
4. Dejar sedimentar y medir directamente en el líquido sobrenadante el pH ORION VERSASTAR MULTIPARAMETER.

4.5.5. Conductividad eléctrica (CE)

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Pesar 3g de muestra
2. Adicionar 30mL de agua (proporción 1:10)
3. Agitar BOECO ORBITAL SHAKER por 10 minutos.
4. Centrifugar ORTO ALRESA CENTRI DIGITOR por 4 minutos a 1000 rpm
5. Filtrar en papel filtro normal
6. Medir la Conductividad ORION VERSASTAR MULTIPARAMETER

MACRONUTRIENTES

Para determinar los macronutrientes NPK, se utilizó un SOIL KIT (3-5880) LA MOTTE,

EXTRACCIÓN

Para la extracción de la muestra realizar lo siguiente:

- Llenar el tubo de extracción redondo (0725) hasta llegar a 30ml con agua destilada.
- Añadir dos tabletas FLOC-EX – TESTABS (5504).
- Tapar el tubo y mezclar hasta que las pastillas se hayan disuelto.
- Retirar el tapón y agregar 0.5 g de muestra.
- Tapar el tubo y agitar por 1 minuto.
- Dejar reposar hasta que la muestra se asiente.
- La solución transparente obtenida utilizar para realizar los análisis potasio, fósforo y nitrógeno.

4.5.6. Nitrógeno

1. Utilizar la pipeta (30444), para transferir la solución transparente obtenida en la extracción al tubo cuadrado (0106) hasta el hombro del mismo.
2. Añadir una pastilla de NITRATE WIDE RANGE TESTAB (3703A).
3. Tapar el tubo y colocarlo en la bolsa protectora (0106-FP).
4. Mezclar invirtiendo el tubo por un tiempo de dos minutos, hasta q la pastilla colocada disuelva. Pueden quedar trozos de la pastilla en la mezcla.
5. Dejar reposar durante 5 minutos.
6. Leer en el espectrofotómetro EVOLUTION 220 UV-VISIBLE ESPECTOFOTOMETER.
7. **Nota:** *NITRATE WIDE RANGE TESTAB (3703A) es muy sensible a la luz ultravioleta, la bolsa protectora (0106-FP) protegerá la reacción que produce la luz ultravioleta, si el proceso es realizado dentro de un lugar no es necesario dicho procedimiento.*

4.5.7. Fósforo

1. Utilizar la pipeta (30444), y transferir 25 gotas de la solución transparente al tubo cuadrado de ensayo (0106).
2. Colocar agua destilada en el tubo hasta llegar al hombro del mismo.
3. Añadir una pastilla de PHOSPHORUS TESTAB (5422A).
4. Tapar y mezclar hasta que la pastilla de disuelva.
5. Esperar 5 minutos.
6. Leer en el espectrofotómetro EVOLUTION 220 UV-VISIBLE ESPECTOFOTOMETER.

4.5.8. Potasio

1. Utilizar la pipeta (30444), para transferir la solución transparente obtenida en la extracción al tubo cuadrado (0106) hasta el hombro del mismo.
2. Añadir una pastilla de POTASSIUM TESTAB (5424A).
3. Tapar y agitar hasta que la pastilla disuelva.
4. Dejar reposar por 5 minutos.
5. Leer en el espectrofotómetro EVOLUTION 220 UV-VISIBLE ESPECTOFOTOMETER.

4.5.9. Índice de Germinación

1. Se pesa 3 g de muestra y se la humedece hasta alcanzar el 60% de humedad (4,5 mL de agua)
Se deja en reposo durante 30´.
2. Se añade 13,5 mL de agua desionizada por gramo de muestra seca para diluir este extracto hasta el 10% (total 40,5 mL de agua)
3. Agitar BOECO ORBITAL SHAKER durante 30´
4. Centrifugar ORTO ALRESA CENTRI DIGITOR 21C a 4000 rpm durante 10´
5. Filtrar al vacío con papel de 0,45 micrómetros para esterilizar el extracto
6. Colocar papel filtro en las cajas Petri (10 cajas por tratamiento)
7. Colocar 8 semillas de rábano
8. Añadir 1mL (o 2 mL) de extracto acuoso 8Muestra mojando el papel en su totalidad
9. Como tratamiento testigo o blanco se en vez del extracto se añade agua desionizada (10 cajas Petri)
10. Incubar BIOTECH INCUBATOR las cajas Petri a 28°C por 48 horas, distribuyendo las placas en grupos de 5 y envolviéndolas con papel aluminio
11. Sacar las cajas y desactivar el crecimiento de las semillas añadiendo una solución acuosa al 50% de etanol (este paso se puede obviar)
12. Se cuenta el número de semillas germinadas. PGR porcentaje de germinación relativo
13. $PGR = (N\# \text{ semillas germinadas en el extracto} / N\# \text{ de semillas germinadas en el testigo o blanco}) \times 100$
14. Con un pie de rey HANNA CALIBRADOR se mide la longitud de la elongación de las raíces por caja. CRR crecimiento de radícula relativo
15. $CRR = (\text{Elongación de radícula en el extracto} / \text{Elongación de radícula en el testigo o blanco}) \times 100$
16. Los resultados se expresan como índice de germinación IG
17. $IG = PGR \times CRR / 100$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de la materia prima

En la Tabla 5, se presenta los resultados de la caracterización de los residuos empleados para elaborar el compost.

Tabla 6-4: Caracterización Materias Primas

MATERIAS PRIMAS	%HUMEDAD	%MO	%N	%P	%K
Bosta Ganado	77,15	69,81	2,56	1,19	0,15
Cascarilla de Arroz	5	27,42	0,61	0,67	1,24
Gallinaza	7,76	39,15	1,46	1,20	0,14

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

La caracterización de residuos de tipo agrícola – ganadero mostró un contenido aceptable de materia orgánica. La mezcla de estos residuos cuenta con una relación de humedad entre materias primas propicia para llevar a cabo un proceso de compostaje eficiente, como lo reporta (Morochó, 2002, pp. 31-56) en experiencias anteriores al realizar la caracterización química de estas mismas materias primas donde indica que la mayoría de la humedad es dotada por la bosta de ganado con porcentaje entre (70-80%) la cuál es compensada por la baja humedad de las materias estructurantes como la cascarilla de arroz que solo alcanza humedades entre el (5-10%) la que también ayudó a retener la humedad en las pilas experimentales. (Rodríguez, 2007, pp. 215-230) indica que se obtiene una excelente textura y por lo tanto oxigenación, al compostar residuos sólidos orgánicos de ganado junto a materiales estructurantes (cascarilla de arroz, pelo de ganado, hojastra seca, etc.) los cuales ayudan a obtener una mayor retención de humedad. Los residuos agrícolas-ganaderos son fuentes importantes para la fijación de macronutrientes en procesos de compostaje esto lo comprobó (López, 2006, pp. 293-299) al encontrar que la concentración de nitrógeno de materias primas orgánicas como la bosta de ganado y la gallinaza son fuentes ricas en concentraciones de nitrógeno, así como de fósforo y potasio en cantidades menores, siendo propicias para llevar a cabo procesos de compostaje con una alta tasa de fijación de estos macronutrientes (N, P, K).

4.2. Parámetros de Control

Temperatura

El gráfico 5, en el que se encuentra el perfil de las temperaturas de las tres pilas, permitió evidenciar las etapas fundamentales del proceso. En los primeros días se pudo observar el rápido ascenso de la temperatura debido a la gran actividad microbiana ligada principalmente a la descomposición de azúcares, proteínas y aminoácidos (Krogmann, et al., 2010, pp. 533-568, Jiang An, et al., 2012, pp. 1754-1760). Las temperaturas más altas superaron los 60°C consiguiéndose la higienización del proceso. Según la FAO, 2013, las temperaturas entre 60-70°C son suficientes para conseguir la esterilización de la pila ante agentes patógenos que podrían haber estado presentes en los materiales iniciales.

Cuando la temperatura de las tres pilas descendió por debajo de los 40°C, se procedió a realizar el primer volteo, con lo que la temperatura subió hasta alcanzar valores cercanos a 60°C. Al respecto, Kalamdhad y Kasmi, (2009) indican que los volteos tienen la ventaja de exponer el material fresco a la colonización microbiana y al mejorar la homogenización del sustrato, los microorganismos transforman material que no se había alcanzado a degradar previamente (Getahun et al. 2012, pp. 79-84).

Aproximadamente a los 40 días y cuando las temperaturas de las pilas bordearon los 30°C, se planificó realizar un nuevo volteo. Sin embargo, sólo se lo realizó en la comunidad de Gaushi y, como se puede apreciar en el gráfico, la temperatura subió hasta cerca de los 40°C. La falta de un volteo oportuno en las pilas de las comunidades de San Francisco y Nitiluisa hizo que las temperaturas sigan descendiendo provocando la ralentización del proceso. En estas comunidades el segundo volteo se realizó el día 59, con lo que las curvas de temperatura presentaron diferencias con respecto a la de la comunidad de Gaushi. Esta observación permitió comprender la importancia de un volteo oportuno.

Alrededor del día 79, se decidió agregar una nueva porción de microorganismos a las pilas de San Francisco y Nitiluisa con el fin de reactivarlas, esto se manifestó con el alza moderada de la temperatura.

El perfil de temperatura de las pilas sigue el comportamiento típico de la temperatura del proceso de compostaje, con fase secuenciales mesofílica (< 45°), termofílica (>45°), enfriamiento (o segunda mesofílica) y maduración (temperatura ambiente) (Chiumenti, et al., 2005, p. 96). En esta última etapa ocurre la mineralización de los nutrientes presentes en las pilas (Soliva, 2001, pp. 89-97). Durante los 150 días de compostaje las pilas alcanzaron temperaturas superiores al ambiente, lo que indica que las pilas mantienen una actividad enzimática propia de un sistema vivo (Grama, 2005, p 18).

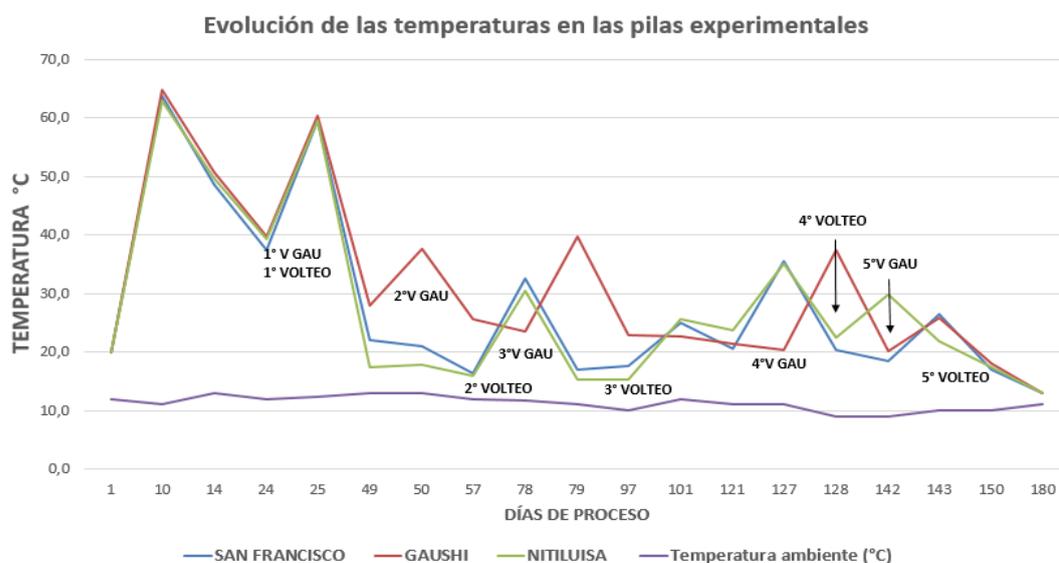


Gráfico 5-4: Evolución de las temperaturas en las pilas experimentales

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

Evolución de la Materia Orgánica (MO)

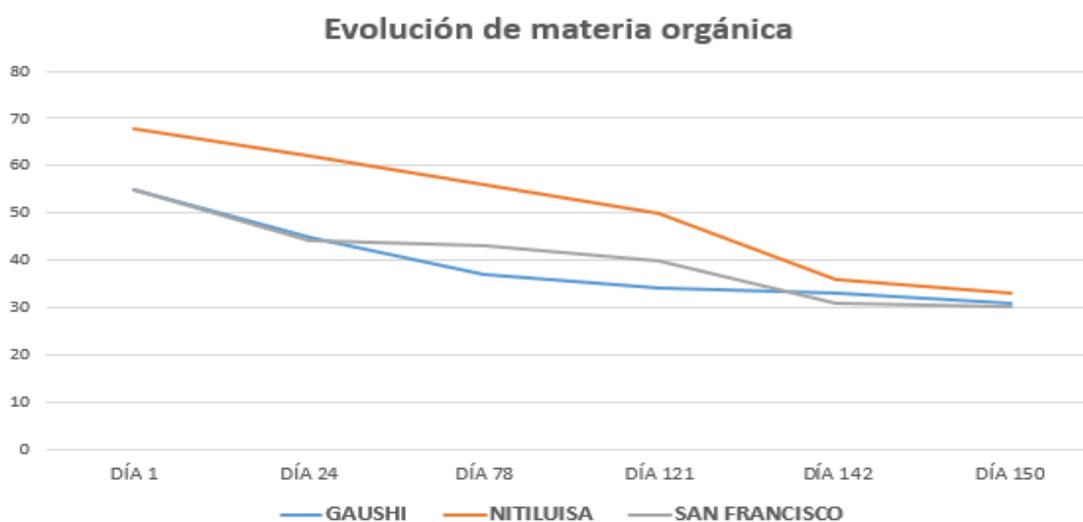


Gráfico 6-4: Evolución de materia orgánica

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

La Gráfica 6-4 muestra los análisis de los porcentajes de materia orgánica durante los 150 días de compostaje. Se trabajó con 6 muestras de acuerdo al número de volteos realizados. Los valores iniciales (Gaushi 55%, Nitiluisa 55%, San Francisco 68%) y finales de (Gaushi 31%, Nitiluisa 33%, San Francisco 30%) evidenciaron la paulatina transformación reducción de la materia orgánica debido a la mineralización de dichos compuestos, hecho que fue corroborado por (Tejada, 2009, pp. 109-117) en sus estudios previos sobre compostaje para restauración de suelos donde

porcentajes de materia orgánica entre (65-70% iniciales) reducían a la mitad al terminar los procesos, donde se comprobó que parte de la materia orgánica compostada se mantuvo y otra fracción sufrió procesos de mineralización (Barrio, 2004, pp. 64-66). Al compostar residuos de origen orgánico de la ciudad de Cataluña se observó una evolución similar de la materia orgánica que se redujo para generar compuestos más sencillos asimilables por las plantas obteniendo enmiendas ricas en materia orgánica, húmica y macronutrientes de carácter mineral. En el Manual de Compostaje, Experiencias Latinoamérica de FAO (2013) se estableció que los porcentajes de materia finales en las pilas de compostaje entre 3 a 6 meses deben tener valores de al menos 20%. Al tener en cuenta estos valores referenciales se considera que la evolución de cada una de las tres pilas se llevó a cabo de manera eficiente cumpliendo con las expectativas obtenidas en estudios anteriores, generando así un compost rico en materia orgánica.

pH

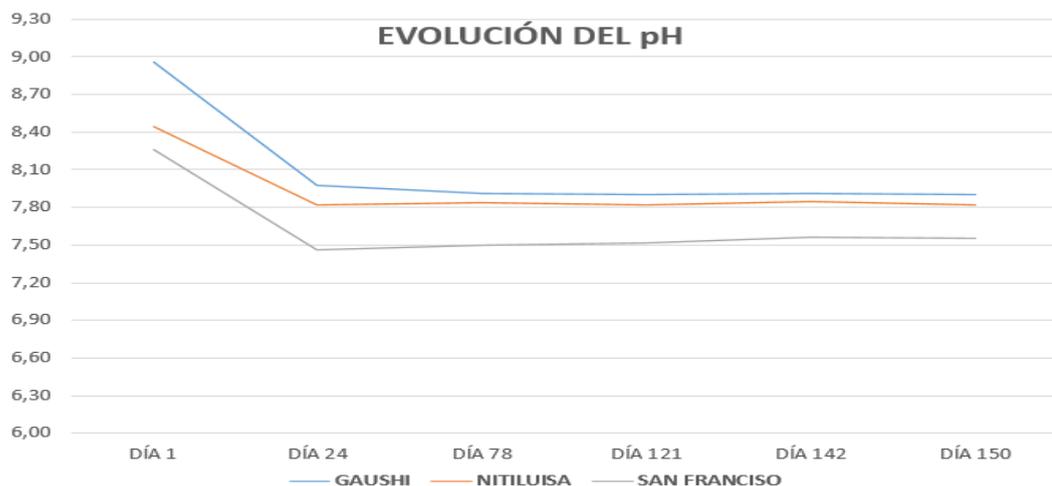


Gráfico 7-4: Evolución del Ph

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

En el gráfico 7-4 se puede apreciar una baja progresiva de Ph en los primeros 25 días. Al respecto, (Soliva, 2001, pp. 94-101) indica que la baja de Ph en los primeros días del proceso se debe a la intensa actividad de descomposición llevada a cabo por microorganismos, generalmente *Actinomycetes*, que son los encargados de oxidar los compuestos más simples ricos en C y N como los azúcares que son transformados a ácidos orgánicos, lo que termina por bajar el Ph en las pilas. El Ph en las tres pilas se mantuvo entre 7 y 8. Estos valores evidenciaron la estabilidad en los contenidos tanto de ácidos orgánicos como de sales de NPK. Por otro lado Cerrato, et al., 2007, pp. (183-197) en trabajos sobre la fijación y mineralización de los macronutrientes, afirmó que el Ph vuelve a ascender debido al intercambio amonio – amoníaco principalmente, manteniéndose esta tendencia durante el mayor tiempo hasta la maduración del compost. El Manual de Compostaje Experiencias

Latinoamérica de FAO 2013 establece que el rango ideal es de 6,5 a 8,5 lo que permite un correcto desarrollo y asimilación por parte de las plantas cuando la enmienda es aplicada para la recuperación de suelos pobres.

Conductividad Eléctrica (CE)

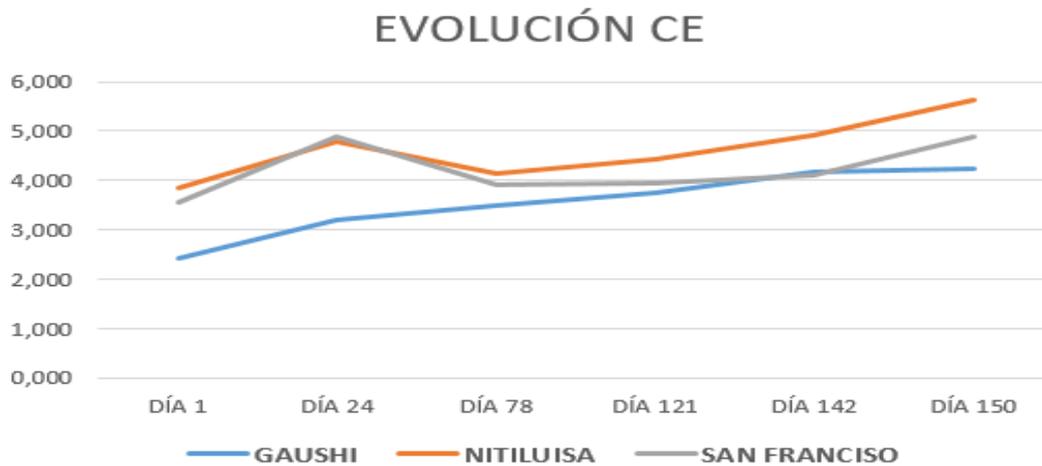


Gráfico 8-4: Evolución de la Conductividad Eléctrica (CE).

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

Se observó el aumento de la CE (Gráfico 8) durante el proceso, terminando en un rango entre 4 y 6 dS/m lo cual se explica por el aumento en la cantidad de sales que se van produciendo a lo largo del proceso como lo indica (Morocho, 2002, pp. 31-56) en experiencias anteriores al realizar la caracterización química de tres abonos orgánicos de gallinaza, estiércol vacuno y vermi-compost; estas sales orgánicas se encuentren biodisponibles en las enmiendas. (López, 2001, pp. 293-299) sostiene dicho argumento basado en que la correcta mineralización mostrará esta subida de CE que sin embargo no deberá superar los 8,00 dS/m para ser considerado como apta su aplicación como enmienda orgánica y no afectar la producción agrícola por salinización.

Índice de Germinación (IG)

Tabla 7-4: IG Inicial – Final

PROMEDIOS	Blanco	NITILUISA I	SAN FRANCISCO I	GAUSHI I
N semillas Inicial	2,4	1,6	1,4	1,6
N semillas Final	1,4	1,7	1,8	1,8
Elongación Inicial	8,98	2,50	2,61	2,35
Elongación Final	6,00	4,76	4,17	4,62
PGR Inicial		66,67	58,33	66,67
PGR Final		121,43	128,57	128,57
CRR Inicial		27,79	29,09	26,17
CRR Final		79,32	69,53	77,04
IG INICIAL		18,53	16,97	17,45
IG FINAL		96,32	89,40	99,06

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

Los resultados mostrados en la Tabla 7 indicaron una marcada diferencia entre los porcentajes iniciales y finales. Una muestra fresca genera valores bajos de IG debido a que los compuestos aún no están biodisponibles para las plantas (Martínez, 2006, pp. 38-48). Al final del proceso, los porcentajes aumentaron significativamente demostrando la biodisponibilidad de nutrientes en el compost, así como su nula o baja fitotoxicidad. Esta observación concuerda con lo manifestado por (Sobrero, 2004) en su experiencia de compostaje de residuos orgánicos rurales.

Macronutrientes NPK

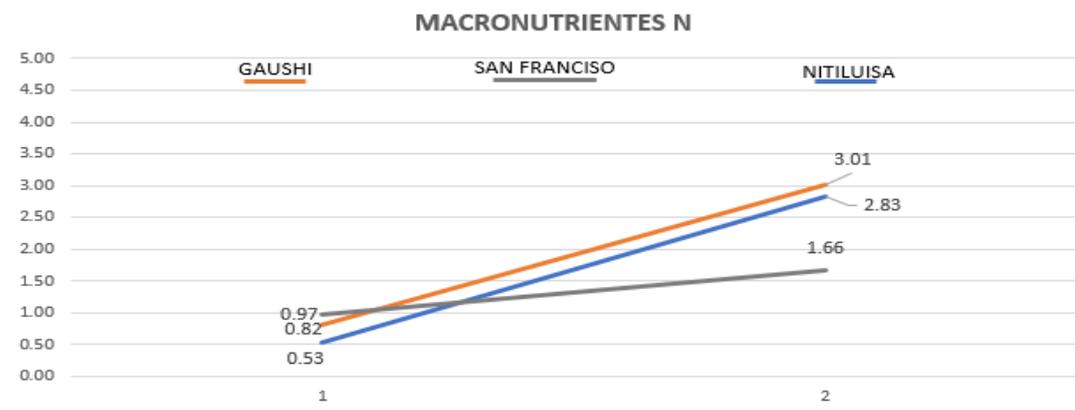


Gráfico 9-4: Nitrógeno

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

En este gráfico 9-4 se puede destacar el aumento en la concentración de nitrógeno total en las tres pilas durante el desarrollo del proceso. El BOE UE Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes indica que contenidos de nitrógeno superior al 1% pueden ser declarados como enmiendas orgánicas nitrogenadas, debido a su excelente mineralización. La pila de San Francisco

mostró un porcentaje inferior debido la falta de seguimiento, ya que sufrió un lavado por lluvia con la posible pérdida de nitrógeno que no se pudo recuperar aún con la reactivación. (Cerrato 2007, pp. 183-197) en su experiencia de compostaje, menciona que estas pérdidas son producto de una volatilización y probable lavado del nitrógeno en la etapa de fijación

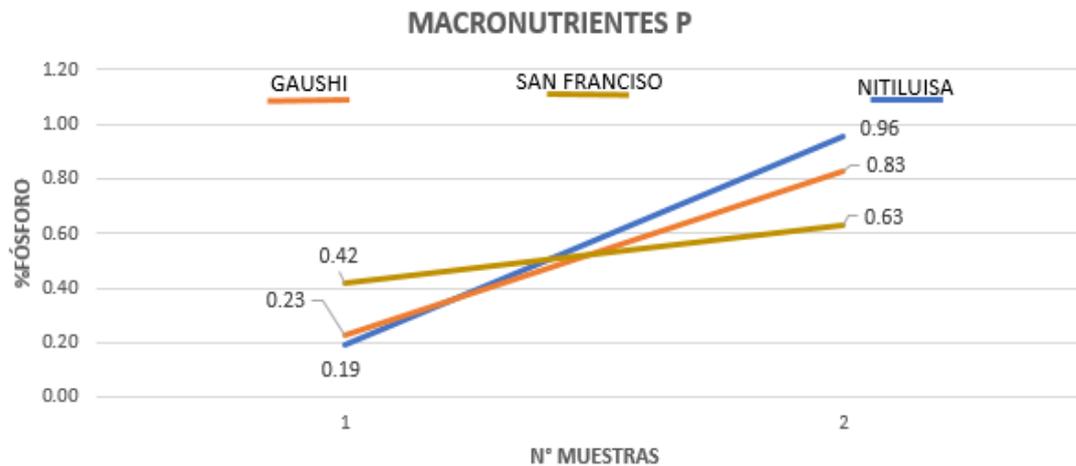


Gráfico 10-4: Fósforo

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

El Gráfico 10-4 mostró una leve presencia de P al inicio del proceso (día 1) que sin embargo aumentó considerablemente al final del proceso (día 150), esto gracias a los procesos de mineralización a lo largo del compostaje. (Martínez, 2006, pp. 38-48) en estudios similares señala que los porcentajes de fósforo obtenidos se deben a la composición propia de las materias primas que fueron empleadas en el proceso de compostaje, por lo que según (Morochó, 2002, pp. 31-56) es imprescindible que se realice una caracterización inicial.

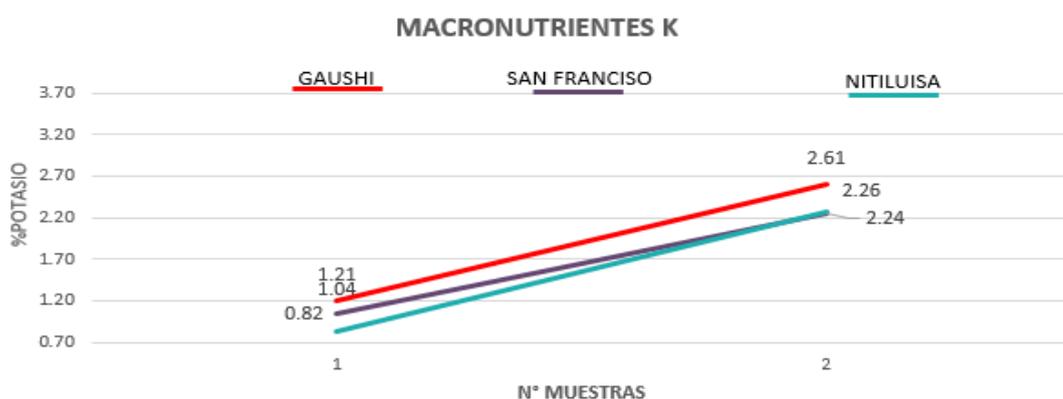


Gráfico 11-4: Potasio

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

La presencia significativa de potasio (Gráfico 11) tanto en las muestras iniciales como en las finales posiblemente se debieron a la presencia de la cascarilla de arroz. (López, 2001, pp. 293-299) en sus investigaciones sobre materias compostables indica que, al emplear materiales estructurantes de este tipo, no solo mejora la textura del compost si no que se genera una fuente rica en potasio, por lo que la fijación de este macronutriente es buena. Esta observación concuerda con lo manifestado por (Barrena, 2006, pp. 28-35) quien encontró mayor porcentaje de potasio en mezclas con presencia de dichos materiales. El Manual de Compostaje Experiencias Latinoamérica de FAO 2013, considera que compost con porcentajes de macronutrientes NPK superiores al 1% son considerados de buena calidad.

Ponderación de parámetros y Aplicación de la Formula general

A cada parámetro analizado, se les asigna un valor de importancia o ponderación, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8-4: Importancia de parámetros

Parámetro	Importancia
Materia Orgánica	30
Temperatura	20
pH	10
NPK	20
Índice de Germinación	20

Elaborado por: Alex Torres, 2021.

Nota: La importancia dotada a cada parámetro es un valor subjetivo elegido por el investigador en base a la experiencia del proceso y la bibliografía empleada (Burbano, 2018).

Tabla 9-4: Límites Permisibles BOE-FAO

Parámetro	Límites según norma
Materia Orgánica	>20
Temperatura	≤20
pH	6.5 – 8.5

NPK	>1%
Índice de Germinación	≥80%

Elaborado por: Alex Torres, 2021/ UE Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes y Manual de Compostaje FAO.

Cálculo ICAB Abono Comunidades

Para calcular el ICAB del producto compost se tomó en cuenta la ponderación de los parámetros ligada a los límites bajo norma, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 10-4: Cálculo ICAB San Francisco

Parámetros	Unidad	Resultados obtenidos en laboratorio	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Materia Orgánica	%	30	100	30	3000
Temperatura	°C	16,9	100	20	2000
pH	log	8	100	10	1000
NPK	%	N= %1,66 P= %0.63 K= %2.24 Promedio= %1.51	100	20	2000
Índice de Germinación	%	89,40	100	20	2000
Sumatoria				100 ICAB	10000/100 100%

Elaborado por: Alex Torres,2021.

Tabla 11-4: Cálculo ICAB Gaushi

Parámetros	Unidad	Resultados obtenidos en laboratorio	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Materia Orgánica	%	31	100	30	3000
Temperatura	°C	18	100	20	2000
pH	Log	8	100	10	1000
NP	%	N= %3.01 P= %0.83 K= %2.61 Promedio= %2.15	100	20	2000

Índice de Germinación	%	99,06	100	20	2000
Sumatoria				100 ICAB	10000/100 100%

Elaborado por: Alex Torres,2021.

Tabla 12-4: Cálculo ICAB Nitiluisa

Parámetros	Unidad	Resultados obtenidos en laboratorio	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Materia Orgánica	%	33	100	30	3000
Temperatura	°C	20,4	100	20	2000
pH	Log	8	100	10	1000
NPK	%	N=%2.83 P= %0.96 K= %2.26 Promedio= %2.01	100	20	2000
Índice de Germinación	%	96,32	100	20	2000
Sumatoria				100 ICAB	10000/100 100%

Elaborado por: Alex Torres,2021.

Rango de clasificación del ICAB

Tabla 13-4: Criterios de valoración para ICAB

ICAB	CRITERIO GENERAL
85 – 100	APLICABLE A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS
70 – 84	ACEPTABLE
50 – 69	REGULAR
30 – 49	NO APLICABLE (PROCESO INCOMPLETO)
0 – 29	NO APLICABLE (MATERIA ORGÁNICA FRESCA)

Fuente: (López, 2019).

En base a los cálculos de ICAB obtenido se puede observar los diferentes criterios de valoración establecidos (Tabla 12) y así considerar los siguientes ICAB para cada una de las pilas experimentales:

SAN FRANCISCO:100% “EXCELENTE/ ENMIENDA APLICABLE A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS”.

GAUSHI:100% “EXCELENTE/ ENMIENDA APLICABLE A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS”.

NITILUISA:100% “EXCELENTE / ENMIENDA APLICABLE A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS”.

Variabilidad de Datos ANÁLISIS ANOVA

Para determinar la variabilidad de los datos del proceso se utilizó el método estadístico de análisis de varianza ANOVA y de esta manera poder analizar si existe significancia entre los resultados.

Tabla 14-4: Análisis ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2	64,67112407	0,3068917 01	0,7370793 92	3,178799292
Dentro de los grupos	51	210,7294655			
Total	53				

Elaborado por: Alex Torres,2021

El resultado ANOVA arroja un valor estadístico o de variación entre los tres grupos de donde $F=0.30$. Para saber si los resultados tienen una varianza significativa entre los tratamientos de las tres pilas (o sea, si la probabilidad "P" tiene un valor menor a 0.05), el valor de la "F" necesita ser al menos 3.178 (o sea, el valor crítico para F). Entonces, como el valor de nuestra "F" es de 0.78 y es mucho menor que el valor crítico para F (3.1787) se comprobó que existe mínima relación de diferencia significativa entre las 3 pilas a excepción del periodo en que estas se inactivaron hasta volver a mostrarse estables. La probabilidad demuestra que la tendencia en los tratamientos aplicados para cada pila es significativamente variable cuando no se aplican las medidas necesarias que el proceso requiere como lo son los volteos, por lo que podemos asegurar que, si el proceso es aplicado como en la comunidad de Gaushi, las pilas llevarán un control ESTANDAR al seguir el protocolo de compostaje establecido.

CONCLUSIONES

- Partiendo de los residuos orgánicos disponibles en las comunidades, se elaboraron abonos orgánicos de buena calidad. Así lo determinaron los parámetros analizados y comparados con lo indicado en varias normativas nacionales e internacionales. Por sus características, estos abonos mejorarían la producción de cultivos agroecológicos en la parroquia Calpi.
- Se obtuvo un inóculo EMA autóctono en cada una de las comunidades, el cual permitió tener una carga microbiana estable para el proceso de compostaje, libre de estrés microbiano y adaptados a las condiciones ambientales propias del lugar.
- Se caracterizaron las materias primas disponibles en las comunidades. Esta información ayuda a establecer nuevas mezclas de compostaje con relaciones C/N adecuadas.
- Se realizó una socialización virtual con los representantes de la Fundación Maquita y Manos unidas para la presentación de la experiencia, procesos y resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

- Disminuir la aplicación de abonos no terminados o inmaduros para evitar problemas al suelo.
- Dotar de los materiales necesarios en cada estación de compostaje para realizar el control periódico de las pilas (termómetro, sensor pH-Humedad), así como del material de mantenimiento y montada de pilas (plástico, palas, mezcladoras, valdes, balanza).
- Concientizar y capacitar a los habitantes de las comunidades de Calpi para que se empoderen de las buenas prácticas agrícolas y sean un apoyo al proyecto. De esta manera, podrán obtener abonos de calidad a escala industrial.
- Realizar el seguimiento técnico del proceso, con jefes de área asignados a cada biofábrica (personas de la comunidad).

BIBLIOGRAFÍA

ARGENTINAREV Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, vol. 2, pp. 1-10. ISSN 1853-8665. 4.

BARRENA, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. Disertación de Doctorado.315p. (28-35).

BARRIOS S, Fernández R, Vázquez F y Font X. (2004). Composting activity in Catalonia *P* 45:64–66. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

BOE Real Decreto 506 sobre productos fertilizantes. (2013). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/06/28/506>

BRADY, N., Weil, R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. 14th Edition. Prentice Hall, p. 965

BURBANO, D (2018). Asignatura Calidad del Agua. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

BUTLER, D. M.; Ranells, N. M.; Franklin, D. H.; Poore, M. H. y Green, J. T, (2007) Ground cover impacts on nitrogen export from matured riparian pasture. *Journal of Environmental Quality*, vol. 36, pp. 155-162. ISSN 1537-2537. 8.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL CENTA. (2020) Guía Técnica 4 Microorganismos

CERRATO, M. E.; Leblanc, H. A. y Kameko, C, (2007) Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricomposta producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical*, vol. 3, no. 2, pp. 183-197. ISSN 1659-2751. 3.

CHIUMENTI A., Chiumenti R., Diaz L.F., Savage G., Eggerth L. y Goldstein N. (2005). Modern composting technologies. *Biocycle. Journal of Composting Organics Recycling*. Singapore, 96 pp.

DOON, S. (2014). *Improved soil fertility from compost amendment increases root growth and reinforcement of surface soil on slopes*. The James Hutton Institute. England, 458–465.

ECHANIZ, Santiago; & Vignatti, Alicia. (2009) “Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del embalse casa de piedra”. *Bioscriba*, vol 2. (Argentina) pp. 41-51.

FAO (Food and Agriculture Organization, US). 2013. *Manual de compostaje del agricultor, experiencias en Latinoamérica*. 112 p.

FUNDACIÓN NATURA REPAMAR-CEPIS-G.T.Z. (1998). *Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador*. [Fecha de consulta: 02/03/2020]. Accesible en: <http://www.bvsde.opsoms.org/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>

GAVILANES-TERÁN, I., Jara-Samaniego, J., Idrovo-Novillo, J., (...), Moral, R., Paredes, C. (2016). *Windrow composting as horticultural waste management strategy - A case study in Ecuador*. *Waste Management*. 48, pp. 127-134

GETAHUN T., Nigusie A., Entele T., Gerven T. V. y Van der Bruggen B. (2012). Effect of turning frequencies on composting biodegradable municipal solid waste quality. *Resour. Conserv. Recy.* 65, 79-84.

GRAMA (Grupo de Accion para el Medio Ambiente, ES). 2005. *Manual del Buen Compostador*. 18 p.

HARGREAVES, J.C., Adl, M.S., Warman, P.R. (2008). *A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture*. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 123: 1-4.

HAUG, R.T. and Haug, H.T. (1993) *Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 175-184

HOLTZ, U. (2003). *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y su dimensión política* (CNULD), p. 1

IDROVO-NOVILLO, J., Gavilanes-Terán, I., Bustamante, M. A, Paredes, C. (2018). *Composting as a method to recycle renewable plant resources back to the ornamental plant industry: Agronomic and economic assessment of composts*. *Process Safety and Environmental Protection*. 116, pp. 388-395

JARA-SAMANIEGO, J., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., (...), Brito, H., Moral, R. (2017). *Development of organic fertilizers from food market waste and urban gardening by composting in Ecuador*. 2017. PLoS ONE. 12(7), e0181621, pp. 12-17

JIANG T., Schuchardt F., Li G., Guo R. y Zhao Y. (2011). Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. *J. Environ. Sci.* 23, 1754-1760.

KALAMDHAD A. S. y Kazmi A.A. (2009). Effects of turning frequency on compost stability and some chemical characteristics in a rotary drum composter. *Chemosphere* 74, 1327-1334.

KROGMANN U., Körner I., Diaz L y Christensen T., (2010) *Solid Waste Technology & Management*, United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd., pp. 533-568.

LAMSFUS., C, 2003 *Implicaciones eco fisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada: La eco fisiología vegetal: una ciencia de síntesis*. 1a ed. España: Paraninfo. pp. 361-386. ISBN 84-9732-267-3. 5.

LÓPEZ M. (2019). *Caracterización Físicoquímica y bacteriológica de aguas de la laguna de Colta de la zona central del Ecuador*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico, 2019. pp.61-85. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29298/2/TESISMAYRALOPEZ20190121.pdf>

LÓPEZ, M. J. D. A.; Díaz, E. E.; Martínez, R. y Valdez, R. D. C, (2001) *Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz*. *Terra*. vol. 19, pp. 293-299. ISSN0187-5779. 7.

MARTÍNEZ, F. X. F, (2006) *Gestión y tratamiento de residuos agrícolas*. *Revista equipamiento y servicios municipales*, pp. 38-48. ISSN 1131-6381.

MORALES, C., Parada, S., United Nations., & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. (2005). *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, pp. 25-37

MOROCHO, Z (2002). Caracterización química de tres abonos orgánicos: gallinaza, estiércol vacuno y vermi-compost. Repositorio Universidad de Cuenca MAG-4, pp. 31-56

PEREZ M, Barreros E. (2017). Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25395>

PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CALPI (2005-2025). http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660821800001_Calpi%20ultimo%2030-10-2015_21-08-14.pdf, pp. 15-39

PORTAL DE TÉRMINOS DE LA FAO, FAOTERM. (2021) <http://www.fao.org/faoterm/es/c/79398/>

RODRÍGUEZ, G. (2007). Effect of rice bran mulching on growth and yield of cherry tomato. *Cien. Inv. Agr.* 34(3):225-230.

RODRÍGUEZ, L. M, (2002) Influencia del cambio climático global sobre la producción agropecuaria. *Agr.*43(1): 27-49

ROMÁN, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina.* [Fecha de consulta: 01/03/2020]. Accesible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>, pp. 29-35

SAÑA, J., Soliva, M., Cucurull, D., Lumbreras, F. (1987): El compostatge: procés, sistemes i aplicacions. *Quaderns d'ecologia aplicada*, núm. 11. Diputació de Barcelona, Barcelona, Spain, pp. 12-149

SOBRERO, M.C.; Ronco, A. (2004). INDICE DE GERMINACION COMO INDICADOR DE MADUREZ EN COMPOST DE RESIDUOS DE INCUBACION. *Avicultura RTA*, vol 10, no. 37.

SOLIVA, M. (2001) Compostaje y gestión de residuos orgánicos. *Estudios y Monografías*, 31, Servie de Medio Ambiente de la diputación de Barcelona, España.: 111 p. ISBN

SOLOMON, D., Lehmann, J, Zech, W. (2000). *Land use effects on soil organic matter properties of chromic luvisols in semiarid northern Tanzania: carbon, nitrogen, lignin and carbohydrates.* Agric. Ecosyst. Environ. 78, pp. 203–213.

SOTO, M. (2006) Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. Joinville-Santa Catarina: En: 17a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical. pp. 178-189. 6.

TCHOBANOGLIOUS G, Theisen H, Vigil SS. Gestión integral de residuos sólidos. Vol. II. Madrid: McGraw-Hill; 1994, pp. 63-75.

TÉCNICA: FERTILIDAD Y CALIDAD DEL SUELO. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Chile. 19.

TEJADA, M., Hernández, M.T., García, C. (2009). *Soil restoration using composted plant residues: effects on soil properties.* Soil Till. Res., 102: 109-117.

TORRENTÓ, M. (2011). *Materia orgánica y compostaje. Control de la calidad y del proceso.* Jornada, pp. 45-57

VILLALBA, D. K.; Holguín, V. A.; Acuña, J. A. y Varón R. P, (2011) Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café musáceas. Revista Colombiana de Ciencia Animal, vol. 4, no. 1, pp. 48-49. ISSN 2027-429

ANEXOS

ANEXO A: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN MONTAJE DE LAS PILAS

- Se formaron tres pilas en las comunidades de: San Francisco Cunuhuachay, Nitiluisa y Gaushi.



23



24



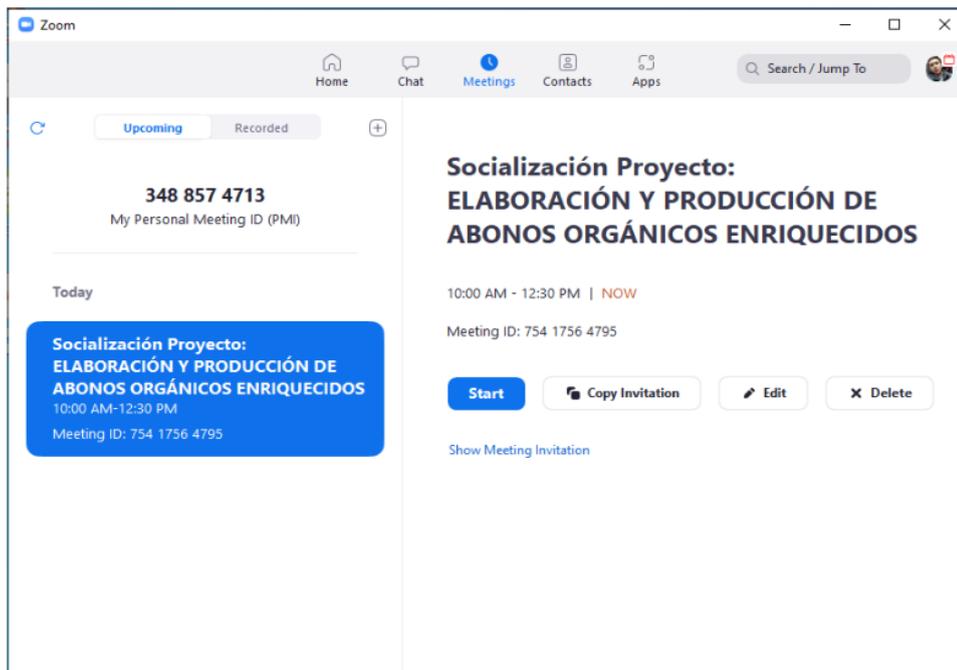
26



27

ANEXO B: EVIDENCIA SOCIALIZACIÓN

SOCIALIZACIÓN



ANEXO C: INSTRUCTIVO COMPOSTAJE COMUNITARIO





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y
BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Alex Israel Torres Uquillas</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.01 09:10:12 -05'00'



0014-DBRA-UTP-2022