



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

IMPLEMENTACIÓN DE UNA LETRINA ABONERA EN SECO
PARA LA COMUNIDAD EL EDÉN, CANTÓN MORONA - 2023

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto técnico.

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

ALEXIS ESTUARDO LEMA HERRERA.

PATRICIA ALEXANDRA FERNÁNDEZ QUINDE.

Macas – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

IMPLEMENTACIÓN DE UNA LETRINA ABONERA EN SECO
PARA LA COMUNIDAD EL EDÉN, CANTÓN MORONA - 2023

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico.

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: ALEXIS ESTUARDO LEMA HERRERA.

PATRICIA ALEXANDRA FERNÁNDEZ QUINDE.

DIRECTORA: ING. RASHELL CAZORLA.

Macas – Ecuador

2023

© 2023, Alexis Estuardo Lema Herrera & Patricia Alexandra Fernández Quinde.

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.

Nosotros, Alexis Estuardo Lema Herrera y Patricia Alexandra Fernández Quinde, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 20 de diciembre de 2023.



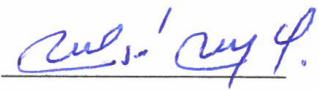
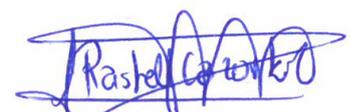
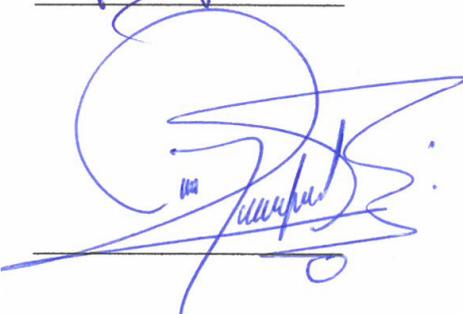
Alexis Estuardo Lema Herrera
1401246465



Patricia Alexandra Fernández Quinde
1400717565

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UNA LETRINA ABONERA EN SECO PARA LA COMUNIDAD EL EDÉN, CANTÓN MORONA - 2023**, realizado por el señor y la señorita: **ALEXIS ESTUARDO LEMA HERRERA** y **PATRICIA ALEXANDRA FERNÁNDEZ QUINDE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Carlos Santiago Curay Yaulema PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-20
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-20
Ing. Rogelio Estalin Ureta Valdez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-20

DEDICATORIA

Queridos lectores y defensores del medio ambiente:

Es con una profunda emoción y sincero agradecimiento que dedico esta tesis, un testimonio palpable de esfuerzo y colaboración, a todos aquellos que han sido faros resplandecientes en nuestro apasionante viaje hacia el vasto mundo de la ingeniería ambiental y aunque las palabras aquí impresas llevan mi firma, el mérito es un fruto compartido, por lo que este trabajo va por y para mi familia, por ser la base de mi fortaleza y a mis maestros, cuyas lecciones han moldeado mi camino. Cada uno de ustedes ha contribuido a esta historia de logros, y este trabajo es un tributo a nuestra colaboración silenciosa pero poderosa.

Que esta tesis sea un modesto tributo a todos ustedes, quienes me han apoyado y alentado a lo largo de mi experiencia estudiantil. Sus contribuciones, aunque a veces silenciosas, han sido esenciales y valiosas.

Alexis.

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor, apoyo incondicional y constante aliento han sido el faro que iluminó cada paso de este camino. A mis padres, por su sacrificio y dedicación para brindarme las oportunidades que hoy se materializan en este logro. A mis hijos, por ser mi fuerza y fuente inagotable de inspiración.

A todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de este proyecto, les extiendo mi sincero agradecimiento. Su apoyo ha sido invaluable y fundamental en este trayecto. Esta tesis es el fruto del esfuerzo colectivo de quienes siempre estuvieron a mi lado. ¡Gracias por ser parte de este logro!

Patricia.

AGRADECIMIENTO

En este punto culminante de mi viaje académico, no puedo dejar de expresar mi agradecimiento a aquellos que han sido la red que sostuvo cada paso de esta travesía. Con sincera gratitud, dedico un reconocimiento especial a mi valiente madre y queridas hermanas. Su amor incondicional y los innumerables sacrificios que han compartido han sido la fuerza propulsora que me ha permitido superar obstáculos y persistir en los momentos más desafiantes, cada página de esta tesis lleva impresa su huella, un tributo conmovedor a la dedicación y al inspirador ejemplo de resiliencia que han proporcionado a lo largo de nuestras luchas compartidas, de igual manera agradezco a mi familia que tuvo influencia en este recorrido, ya que su respaldo ha sido un pilar fundamental en cada reto. A mis maestros, quienes no solo compartieron conocimientos, sino que también encendieron la chispa de la curiosidad en mi mente, que su dedicación nunca deje de ser una marca imborrable en el desarrollo académico y personal. A mis amigos y pareja, quienes han compartido alegría en los momentos de descanso y han brindado consuelo en las noches de estudio, su compañía y apoyo ha convertido los desafíos en oportunidades de motivación.

Alexis

Mi gratitud se extiende a mi familia por su amor, comprensión y apoyo constante durante todas las etapas de este proceso. A mi padre, Luis Fernández, tu apoyo incondicional y tu fe en mis capacidades han sido un alivio en los momentos de duda. Gracias papá, por tu sabiduría, experiencia y consejos, la culminación de este proyecto fue gracias a ti. A mi madre, Carmen Quinde, por ser mi soporte y apoyo detrás de cada logro en mi vida, tu dedicación, tus valores y ejemplo han sido mi guía en la búsqueda incansable del conocimiento y la excelencia. A mis hijos, Cristian Alejandro y Josué Alexander por su paciencia y comprensión durante el tiempo que estuve inmersa en este proyecto, su amor, sus sonrisas y abrazos fueron mi fortaleza, gracias por brindarme un recordatorio constante del propósito y significado de cada esfuerzo, su presencia ha sido luz en mí caminar. Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo y contribución de todos ustedes. Gracias por formar parte de este importante capítulo en mi vida académica.

Patricia

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO I.....	17
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación	17
1.3 Objetivos	17
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	17
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
CAPÍTULO II.....	19
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Referencias Teóricas	19
2.1.1 <i>Compost</i>	19
2.1.2 <i>Fertilizante</i>	19
2.1.3 <i>Heces</i>	19
2.1.4 <i>Orín</i>	19
2.1.5 <i>Parámetros</i>	19
2.1.6 <i>Parásitos Patógenos</i>	19
2.1.7 <i>Saneamiento rural</i>	19
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 <i>Coliformes Fecales</i>	19

2.2.2	NPK	20
2.2.2.1	Nitrógeno	20
2.2.2.2	Fósforo	20
2.2.2.3	Potasio.....	20
2.2.2.4	Olor	20
2.2.2.5	Color.....	20
2.2.2.6	PH.....	20
2.2.2.7	Compostaje.....	20
 CAPÍTULO III		22
3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1	Descripción del enfoque	22
3.2	Nivel de investigación	22
3.3	Manipulación de variables	22
3.4	Intervención (trabajo de campo)	23
3.5	Alcance	23
3.6	Tipo de estudio	23
3.7	Método	23
3.9	Consideraciones dimensionamiento	24
3.10	Análisis de uso de la letrina	25
3.11	Fase de construcción	26
<i>3.11.1</i>	<i>Cotización de materiales</i>	<i>27</i>
<i>3.11.2</i>	<i>Adquisiciones materiales</i>	<i>28</i>
<i>3.11.3</i>	<i>Construcción de la letrina</i>	<i>28</i>
3.12	Metodología para la socialización	29
3.13	Entrega y socialización del proyecto	31
3.14	Técnicas e instrumentos de investigación	31
<i>3.14.1</i>	<i>Suelo</i>	<i>31</i>
<i>3.14.2</i>	<i>Heces</i>	<i>31</i>
 CAPÍTULO IV		32
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Parámetros físicos	32

4.1.1.	<i>Resultados de pH</i>	32
4.1.2.	<i>Resultados de color y olor</i>	32
4.1.3.	<i>Parámetros químicos</i>	33
4.1.3.1.	<i>Resultados de N y P</i>	33
4.1.4.	<i>Parámetros biológicos</i>	34
4.1.4.1.	<i>Resultados de coliformes fecales y parásitos.</i>	34
4.1.5.	<i>Resultados de la caracterización del suelo al pre y post empleo de orín como fertilizante.</i>	36
4.1.6.	<i>Resultados de los valores de nitrógeno</i>	36
4.1.7.	<i>Resultados de los valores de fósforo</i>	37
4.1.8.	<i>Resultados del dimensionamiento de la letrina</i>	37
4.1.9.1.	<i>Costo de material para la construcción</i>	40
4.1.9.2.	<i>Costo de mano de obra</i>	41
4.1.9.3.	<i>Costos totales para la construcción de la letrina</i>	41
4.2	Resultados de la socialización de la letrina	42
 CAPITULO V		43
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1.	Conclusiones	43
5.2.	Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Cronograma para el dimensionamiento de la letrina.	24
Tabla 3-2. Estimación de usuarios de la letrina.....	25
Tabla 3-3. Datos para el dimensionamiento.....	25
Tabla 3-4. Cronograma de actividades para la implementación de la letrina.	27
Tabla 3-5. Cronograma de actividades para la construcción de la letrina.....	28
Tabla 3-6. Cronograma de actividades para la socialización.	29
Tabla 4-7. Análisis de pH en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.....	31
Tabla 4-8. Análisis de pH de la ceniza.....	31
Tabla 4-9. Análisis del color y olor en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.....	31
Tabla 4-10. Análisis del contenido de nitrógeno y fósforo en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.....	33
Tabla 4-11. Análisis de los parámetros biológicos en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.....	33
Tabla 4-12. Análisis del contenido de nitrógeno y fósforo en el suelo pre y post empleo del orín como fertilizante.....	35
Tabla 4-13. Costos materiales de construcción de la letrina abonera en seco.....	39
Tabla 4-14. Costo total de la mano de obra.....	40
Tabla 4-15. Costo total de los materiales y mano de obra.....	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de la comunidad El Edén.....	23
Ilustración 3-2. Elaboración de las diapositivas.	30
Ilustración 4-3. Recuento de coliformes mediante placas Petrifilm.....	34
Ilustración 4-4. Vista lateral de letrina abonera en seco.....	37
Ilustración 4-5. Vista frontal de letrina abonera en seco.....	38
Ilustración 4-6. Vista superior de la letrina abonera en seco.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1. Resultados de la variación del pH en la muestra de heces.	32
Figura 4-2. Resultados de la variación de N y P en la muestra de heces.	34
Figura 4-3. Resultados de la variación de coliformes en la muestra de heces	35
Figura 4-4. Resultados de la variación de N en la muestra de suelo.....	36
Figura 4-5. Resultados de la variación de P en la muestra de suelo	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CUADRO GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE HECES CON CENIZA.

ANEXO B: IMÁGENES DE LA LETRINA Y CÁMARA.

ANEXO C: CÁMARA DE DEPÓSITO.

ANEXO D: CONSTRUCCIÓN.

ANEXO E: SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO.

ANEXO F: ENPLICACIÓN A LA COMUNIDAD.

ANEXO G: ENTREGA DE LA OBRA.

ANEXO H: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS COPROLÓGICOS

ANEXO I: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE NP EN LAS MUESTRAS DE HECES CON CENIZA

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS NP EN LAS MUESTRAS DE SUELO CON ORÍN

RESUMEN

En la comunidad El Edén existen problemas de saneamiento debido a la falta de sistemas adecuados para el manejo de desechos humanos. Las familias usan pozos sépticos o realizan sus deposiciones al aire libre, lo que afecta la salud y medioambiente. Por ello, se implementó una alternativa que consiste en la separación de la orina y heces usando ceniza. Se desarrollaron prototipos a escala para tomar muestras que se enviaron a laboratorios para realizar análisis de las heces y el suelo con orín, mismos que indicaron que las muestras de heces con ceniza tuvieron cambios en pH, color y olor, debido a que se produjeron diferentes reacciones y compuestos en el periodo de tiempo evaluado, además, se redujo la presencia de patógenos como coliformes y la eliminación eventual de parásitos presentes en las muestras, se evidenció la disminución de nitrógeno y fósforo gracias a la ceniza usada como absorbente y regulador. El análisis del suelo con orín mostró un aumento en los niveles de nitrógeno y fósforo, si bien la orina puede ser una fuente de nutrientes para las plantas, es importante utilizarla con moderación y con las diluciones adecuadas para evitar posibles efectos negativos. El dimensionamiento de la letrina se realizó considerando el volumen de deposiciones esperadas en seis meses con un estimado de 26 usuarios por mes, el resultado es una letrina de 2,20 m de altura, una cámara de 1,30m de ancho y 0,78m de altura, el tubo de ventilación con una salida de 0,40cm por encima del techo de la letrina y las gradas tienen una separación de 1,25m desde el borde de la cámara y una altura de 0,78m. La fase de construcción se ejecutó lo siguiente: planificación, ubicación y construcción resultando un costo total de: \$702,38 incluidos materiales de construcción y mano de obra.

Palabras clave: <IMPLEMENTACIÓN>, <LETRINA>, <DESECHOS HUMANOS>, <SANEAMIENTO AMBIENTAL >, <ANÁLISIS>.



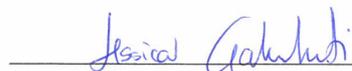
24-01-2024

0170-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

There are sanitation problems in El Edén community due to the lack of adequate human waste management systems. The families use septic tanks or make their stools in the open air, which affects their health and the environment. Therefore, an alternative was implemented that consists of separating urine and feces using ash. Scale prototypes were developed to take samples that were sent to laboratories for analysis of the feces and soil with urine, which indicated that the feces samples with ash had changes in pH, color and odor, because different reactions and compounds were produced in the period of time evaluated, in addition, the presence of pathogens such as coliforms was reduced and the eventual elimination of parasites present in the samples, the decrease of nitrogen and phosphorus was evidenced thanks to the ash used as an absorbent and regulator. The analysis of the soil with urine showed an increase in nitrogen and phosphorus levels. Although urine can be a source of nutrients for plants, it is important to use it in moderation and with adequate dilutions to avoid possible negative effects. The latrine was sized considering the expected volume of depositions in six months with an estimated 26 users per month, resulting in a latrine 2.20 m high, a chamber 1.30 m wide and 0.78 m high, the ventilation pipe with an outlet of 0.40 cm above the latrine roof, and the steps 1.25 m from the edge of the chamber and 0.78 m high. The construction phase was executed as follows: planning, location and construction resulting in a total cost of \$702.38 including construction materials and labor.

Keywords: <IMPLEMENTATION>, <LATRINE>, <HUMAN WASTE>, <ENVIRONMENTAL SANITATION>, <ANALYSIS>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI 1756468482

INTRODUCCIÓN

El saneamiento rural en los países de escasos recursos sigue enfrentándose a los viejos desafíos de la falta de priorización y normas técnicas inadecuadas, así lo afirma (Kanda, Ncube y Voyi 2023), el saneamiento básico constituye un desafío que involucra varios organismos nacionales, regionales, cantonales y parroquiales que en conjunto pueden crear estrategias que contribuyan a generar intervenciones sostenibles (Organización Panamericana de la Salud 2010). El inadecuado manejo de excretas conjuntamente con la falta de acceso a servicios básicos como el agua potable y los sistemas de alcantarillado convencionales en áreas rurales ha derivado en un riesgo para la salud relacionado con un sinnúmero de enfermedades gastrointestinales.

Un impacto radical sobre el modelo convencional de saneamiento se da en la década de 1950 en Vietnam, aquí se diseñó la primera letrina vietnamita que consistía en la separación de excretas de la orina y que bajo un adecuado tratamiento se transformaba en composta orgánica libre de patógenos que podía ser aprovechada en los cultivos (Vignau et al. 2010). Actualmente contamos con sistema tradicional de saneamiento que implica el uso del agua que deriva en graves situaciones de salud y ambiente en sectores alejados de la urbe ya que su modelo no ofrece una solución para revertir los problemas generados por la escasez de servicios básicos (Huaquisto, Belizario y Tudela 2022), es por ello que implementar un sistema ecológico basado en la separación de residuos humanos es la clave para proporcionar un prototipo amigable con el medio ambiente complementados con ensayos de laboratorio para verificar la factibilidad de abono producido.

La Organización de las Naciones Unidas (1) en su Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible manifiesta que: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible incluyendo un adecuado saneamiento” es uno de los propósitos para el año 2030, aquí se presentan datos a nivel mundial en donde una de cada tres personas no tiene acceso al agua potable saludable y dos de cada cinco personas no cuentan una instalación básica para el aseo de manos y más de 673 millones de personas aún hacen sus deposiciones al aire libre. Según (Jouravlev 2004), América Latina y el Caribe presenta un débil y discontinuo control sanitario de calidad y tiene un uso extendido de sistemas de tratamiento in situ como letrinas y fosas sépticas inclusive en áreas urbanas de las ciudades.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La morbilidad y mortalidad en los países de América Latina son generados por la deficiente disposición de aguas servidas y excretas; únicamente el 49% de la población cuenta con servicio de alcantarillado, el 38% dispone los residuos humanos a través de letrinas y el 13% realizan las deposiciones al aire libre (Montes 2013). Los parásitos y microorganismos patógenos que se encuentran en las heces humanas son responsables de diversas enfermedades en los países subdesarrollados (Effebi et al. 2019), la diarrea y las enfermedades parasitarias son los principales factores que contribuyen con la carga mundial de morbilidad ya que la transmisión se da por medio del agua y los cultivos contaminados por materia fecal mediante el contacto directo con estas fuentes contaminadas (Schönning y Stenström 2016).

En Ecuador, según datos proporcionados por INEC (2019) sobre el saneamiento básico por componentes, a nivel nacional la población con un tipo de servicio higiénico adecuado equivale al 96,5% y el 91,2% cuenta con exclusividad, es decir, presentan servicio higiénico exclusivo, por otra parte, el 6,4% de la población tiene saneamiento básico limitado y finalmente el sector rural cuenta con un 6,4% de la población que realiza sus necesidades biológicas al aire libre y un 5,4% tiene acceso limitado al saneamiento básico, esto se convierte en una problemática al tener sistemas actuales de saneamiento que contribuyen a la contaminación de aguas superficiales, subterráneas, al suelo y deteriora la salud de las personas.

La comunidad El Edén no tiene una red de alcantarillado para la evacuación de las aguas servidas por lo que de manera provisional más del 95% de las familias cuenta con pozos sépticos y la población restante realiza sus necesidades biológicas en el entorno natural, sitios que con frecuencia son adyacentes a sus viviendas. Los moradores al estar acostumbrados a este estilo de vida no tienen el conocimiento de los efectos adversos de estos hábitos que comprometen a la salud humana y al ambiente.

1.2 Justificación.

El proyecto contempla la implementación de una letrina abonera en seco que consiste en separación de orina de las excretas, incluyendo también el tratamiento de las heces humanas a través del uso de ceniza como material deshidratante que por medio de análisis de laboratorio se comprobará su viabilidad y la aplicación segura como abono sin comprometer la salud de los moradores, además, la orina podrá ser utilizada como fertilizante convirtiéndose así en una fuente de macronutrientes y acondicionadores del suelo, finalmente, para complementar este trabajo de titulación se impartirán capacitaciones sobre el uso y manejo adecuado de las letrinas dirigida a las familias de la comunidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Implementar una letrina abonera en seco para la comunidad El Edén, cantón Morona - 2023

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las heces humanas.
- Caracterizar el suelo al pre y post empleo de orín como fertilizante.
- Dimensionar la letrina abonera en seco en 2D mediante el uso del software AutoCAD.
- Socializar la propuesta de la letrina abonera en seco a la comunidad El Edén.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Referencias Teóricas

2.1.1 *Compost*

El compost es un abono orgánico que se obtiene a través de un tratamiento controlado de los desechos orgánicos, es un producto estable, con olor agradable y diversas propiedades beneficiosas para el suelo y las plantas (Vargas 2014).

2.1.2 *Fertilizante*

Las excretas humanas son transformadas en insumos que son utilizados como fertilizante natural en el suelo incrementando el rendimiento en todo tipo de cultivos y agricultura (Maldonado y Salazar 2020).

2.1.3 *Heces*

Materia orgánica provenientes del ser humano, que contienen cargas patogénicas (Segura 2018) que pueden ser tratadas e inhibidas (Mindreau et al. 2016) con material secante.

Letrinas aboneras en seco

Es un tipo de letrina en donde en un periodo de tiempo se genera abono orgánico a partir de heces humanas y material secante que alcaliniza las excretas (Antúnez 2019).

2.1.4 *Orín*

La orina es empleada como fertilizante que al ser aplicada cubre el requerimiento de nitrógeno en el suelo o los cultivos (Reyes 2019).

2.1.5 *Parámetros*

Los parámetros son elementos que nos ayudan a obtener información, en el análisis de sólidos es fundamental controlar los procesos físicos, químicos y biológicos (Gutierrez y Faris 2010) que requieren de un laboratorio para cuantificar las características de los abonos.

2.1.6 *Parásitos Patógenos*

La presencia de estos microorganismos se da por efecto directo o indirecto de los cambios en el ambiente, en poblaciones no controladas y por la disposición inadecuada de excretas humanas y animales (Ríos-Tobón et al. 2011) que ocasionan enfermedades gastrointestinales.

2.1.7 *Saneamiento rural*

En sector rural sufre del desabastecimiento de agua lo que contribuye a malas prácticas de saneamiento (Anastasopoulou et al. 2018) y una inadecuada recolección de aguas servidas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Coliformes Fecales*

Los coliformes totales y los coliformes fecales pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, incluidos los estreptococos fecales, son indicadores reconocidos para descubrir la contaminación fecal en el entorno que se esté analizando (Pathak y Gopal 2008), su detección y recuento

permitirá establecer medidas de control para poder evitar enfermedades gastrointestinales en las personas.

2.2.2 NPK

El nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K) son unos de los macronutrientes más esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, los abonos a base de NPK mejoran la disponibilidad de estos minerales y maximizan la productividad de los cultivos (Pawar et al. 2020).

2.2.3 Nitrógeno

Es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas y la salud del ecosistema. La medición y análisis de los niveles de nitrógeno en el suelo proporcionan información sobre la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, además se utiliza como indicador del suelo en el contexto agrícola y ambiental por lo que monitoreo de los niveles de nitrógeno ayuda a optimizar la gestión agrícola, prevenir la contaminación y promover prácticas sostenibles de manejo del suelo (Grohskopf et al. 2020).

2.2.4 Fósforo

El análisis de los niveles de fósforo en el suelo permite evaluar su fertilidad, determinar las necesidades de fertilización y desarrollar estrategias de gestión adecuadas (Crane 1978). El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.2.5 Potasio

Es un nutriente fundamental para el crecimiento y el desarrollo de las plantas e interviene en los procesos básicos para la formación correcta de la planta estimulando la estructura del suelo (Aramrak et al. 2021). El análisis del contenido de potasio en el suelo también permite evaluar la disponibilidad del elemento para las plantas, determinar las necesidades de fertilización y adaptar las prácticas de control.

2.2.6 Olor

Es una sensación detectada a través del sentido del olfato y que reacciona sobre los receptores sensoriales generando una respuesta y determinación del tipo de olor en cuanto a la intensidad, carácter, detectabilidad, tono, etc. (Buonicore y Wayne 1992).

2.2.7 Color

Es un parámetro de valoración física afectado por varios factores como la iluminación, pigmentos, tamaño y brillo de la muestra analizada” (Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014)

2.2.8 pH

En la agricultura convencional e hidropónica, el pH como un indicador químico es un factor crucial para el crecimiento de las plantas debido a su impacto en varios aspectos fundamentales del entorno radicular y la disponibilidad de nutrientes. Algunas especies vegetales se adaptan bien al crecimiento en rangos de pH más ácidos o más básicos (Ntwana, Agenbag y Langenhoven 2013).

2.2.9 Compostaje

Es una técnica controlada de descomposición biológica en la cual la materia orgánica se transforma en un producto final estable, similar al humus. Este proceso es llevado a cabo por microorganismos, los cuales utilizan los residuos orgánicos degradable como su fuente de alimento y energía (Chefetz et al. 1998).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del enfoque

La metodología empleada comprendió un enfoque mixto; la parte cuantitativa se basó en la recolección de datos para definir los criterios de diseño de la letrina, los resultados de análisis de laboratorio que integraron los análisis coprológicos, análisis de base seca y conteo de coliformes totales en muestras de las heces frescas y con material secante (ceniza) también se realizaron análisis de NP con excepción del potasio (K) para el suelo con orín para su respectiva caracterización pre y post empleo de orina como fertilizante en el periodo de tiempo establecido, también la valoración de costos de los materiales, su transporte y mano de obra para la implementación de la letrina abonera en seco, la parte cualitativa del estudio se empleó para proporcionar una perspectiva enriquecedora y comprensiva del comportamiento y los cambios percibidos durante todo la fase de análisis de laboratorio. La inclusión de este enfoque cualitativo profundiza y contextualiza los resultados cuantitativos derivados de las pruebas de laboratorio y contribuye a una comprensión completa de los fenómenos observados.

3.2 Nivel de investigación

El estudio fue de carácter correlacional y descriptivo, para el primero se integra la caracterización del suelo con orín para determinar la variación de los porcentajes de nitrógeno (N) y fósforo (P), ya que estos son unos de los principales indicadores y constituyentes fundamentales del suelo en términos de fertilidad para promover para el crecimiento óptimo de las plantas, además, se realizó el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos en las heces deshidratadas con cenizas para conocer el comportamiento y las características de las variables de la muestra en el periodo de tiempo establecido, en el segundo caso, en el proyecto interviene la socialización del sistema a la comunidad para dar a conocer el funcionamiento y mantenimiento de la letrina y a su vez brindar una alternativa de saneamiento para la comunidad por medio de tratamiento de la heces con ceniza que puede ser utilizado como abono o fertilizante.

3.3 Manipulación de variables

El trabajo de investigación ha sido de carácter experimental debido a que se trabajó a partir de la adecuación de un prototipo a escala añadiendo proporciones iguales de muestra (heces y ceniza), conservándose a una temperatura ambiente, sin interferencia de la humedad y simulando un espacio anaeróbico para promover una deshidratación eficiente, sin embargo, cabe recalcar que para la recolección de las muestras se abrieron los prototipos por lo que existió la presencia de oxígeno en el estudio, todo esto considerando un lapso de tiempo donde se controló estas variables para evitar el malogro del estudio. Los resultados obtenidos fueron fundamentales una vez construida la letrina, ya que se estaría asegurando así un proceso eficiente en esta.

3.4 Intervención (trabajo de campo)

El corto periodo de tiempo destinado a este trabajo será transversal ya que se realizará a finales de febrero y complementándose con el periodo académico que comprende aproximadamente 4 meses.

3.5 Alcance

El proyecto presenta análisis que fueron realizados bajo estrictos controles de calidad y confiabilidad en laboratorios especializados, además, integra el criterio y conocimiento científico de los investigadores. El sistema está basado en diseños de bajo coste para que pueda ser implementado en la comunidad que tiene recursos limitados y que busca llevar una alternativa de saneamiento por la escasez de servicios básicos de la localidad.

3.6 Tipo de estudio

El proyecto se basó en la metodología documental y de campo, en el primer caso se utilizó esta técnica para recopilar y seleccionar información correspondiente a la comunidad (número de habitantes, servicios básicos, ubicación, etc.) con el propósito de indagar e interpretar la problemática que vivían los habitantes de la comunidad El Edén, además, por medio de revisiones bibliográficas se interpretó los resultados obtenidos en los análisis de heces tratadas con ceniza y los resultados obtenidos para el nivel de NP en el suelo con orín se definió los criterios de diseño para la letrina así como su funcionamiento y mantenimiento, por otra parte, la investigación de campo se realizó mediante la visita al sector y mediante entrevistas a cada una de las viviendas se estableció el origen de la problemática de saneamiento de la localidad.

3.7 Método

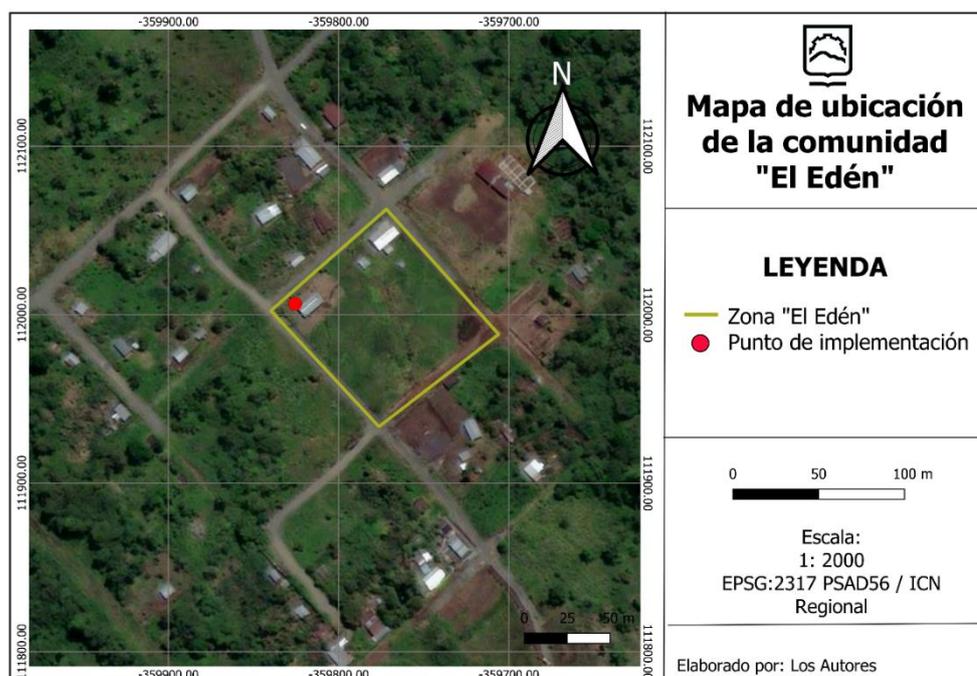


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de la comunidad El Edén.

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

La presente investigación se realizará en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, en la comunidad El Edén perteneciente a la parroquia San Isidro, durante el periodo marzo 2023 - julio 2023.

Esta zona geomorfológica presenta aproximadamente una altura de 1080 msnm predominando la elevación piemontano (600 a 1300 msnm), además, la pendiente va desde 0-5% considerándose una unidad de planicie con una superficie total de 7,59 Km². En cuanto a los parámetros físicos y químicos del suelo, en el PDOT de San Isidro se observan niveles bajos de Fósforo, Calcio, Magnesio, Manganeso, Boro y Zinc y contenidos altos en materias orgánicas y nutrientes como el Nitrógeno, Hierro y Cobre. Por último, del estudio realizado se determina que los suelos presentan un pH ácido con un valor medio de 5,05.

Para la ejecución de la letrina abonera en seco se decidió partir de la creación de prototipos a escala con el fin de facilitar la toma de muestras y con ayuda de los laboratorios L&V (Quito), Saqmic (Riobamba), Orion (Macas), y el laboratorio de química en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago se realizó la parte experimental, donde los resultados se registraron en un cuadro general (**Ver ANEXO A**), los mismos que demostraron la viabilidad del proyecto.

3.8 Dimensionamiento

El cronograma de actividades para la elaboración del diseño se realizó con la finalidad de efectuar de forma práctica el desarrollo del proyecto, asegurando una ejecución ordenada y oportuna de todas las actividades involucradas para el cumplimiento del dimensionamiento de la letrina.

Tabla 3-1. Cronograma para el dimensionamiento de la letrina.

Actividades	Mayo 2023		
	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Adquisición del programa AUTOCAD	X		
Capacitación sobre el uso de la herramienta AUTOCAD	X		
Cálculos para el dimensionamiento		X	
Elaboración del diseño.		X	X

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

3.9 CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Una vez culminada la fase experimental, con previa investigación y considerando criterios de diseño planteados en estudios realizados por la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR), el Centro de Investigaciones Urbano Globales (GURC) de la Universidad de Manchester Inglaterra en sus publicaciones respecto al saneamiento básico se consideró lo siguiente:

- Este tipo de letrinas se diseñan para áreas donde la instalación de letrinas convencionales no es posible debido a la presencia de suelos rocosos o cuando el agua superficial es poco profunda.

- Se considera la topografía del terreno para aprovechar la posibilidad de construir escalones para acceder a la letrina, además de que los compartimentos deben ser diseñados para estar al nivel del suelo.
- La tasa del sanitario se adecuada para que la orina y las heces se separen, la cámara de depósito de las excretas tiene una puerta lateral que permite retirar las heces una vez que haya cumplido con el proceso de deshidratación.
- Las excretas de los usuarios depositados en la cámara de almacenamiento de la letrina deberán ser removidas una vez lleno el compartimento.

3.10 Análisis de uso de la letrina

Tabla 3-2. Estimación de usuarios de la letrina.

Usuarios	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
Iglesia	4				4
Cancha	3	3	3	5	14
Transeúntes	2	2	2	2	8
Estimación de usuarios	9	5	5	7	26

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Para el dimensionamiento de la letrina se consideró los siguientes parámetros:

V_c= Volumen de almacenamiento (m³)

M= Material fecal estimado

N= Número de personas que usarán la letrina

T=Tiempo de proyección

Tabla 3-3. Datos para el dimensionamiento.

Datos	
Promedio de heces por persona / día.	0,000128m ³
Promedio de heces por persona / mes.	0,0033m ³
Usuarios	26 personas
Tiempo	6 meses

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

$$V_c = M * N * T$$

$$V_c = 0,0033 \text{ m}^3 * 26 * 6 \text{ meses}$$

$$V_c = 0,60 \text{ m}^3$$

El volumen de almacenamiento de excretas puede variar según diversos factores como la dieta, actividad física, clima y prácticas higiénicas, por lo tanto, se considera que una persona realiza 128g de deposiciones al día según WaterAid (2019) , es decir, realizamos la conversión considerando que 1 gramo = $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$:

$$128g \times \frac{1 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{1g} = 0,000128 \text{ m}^3$$

El resultado equivale a 0,000128 m³/día que es un valor estimado ya que no se realizó una valoración directa.

La proyección estimada para un total de 26 usuarios para un periodo de 6 meses equivale a un volumen de almacenamiento de 0,6 m³.

De esta manera el dimensionamiento se realizó en las siguientes etapas:

1. Planteamiento inicial

Se definió las dimensiones generales de la letrina de acuerdo con la capacidad de almacenamiento proyectado a 6 meses y el espacio disponible para su implementación considerando que su uso será colectivo.

2. Diseño de la planta

Se creó un dibujo en planta de la letrina, definiendo la ubicación de los implementos sanitarios, abertura, separación frontal y lateral, integrando otros elementos como las paredes y el techo.

3. Detalle de materiales

Se agregó detalles sobre los materiales a utilizar en la construcción de la letrina como el revestimiento de bloque de la cámara, el tubo PVC para la ventilación del compartimento, lámina de zinc, etc.

4. Sección transversal

Se incluye una sección transversal que proporcionó una vista detallada del interior de la letrina, para identificar los componentes que logran la separación entre la zona de deposición y la caseta.

5. Dibujo de detalles

Se incluyó elementos específicos como el asiento urinario, los compartimentos de almacenamiento de excretas, el tubo de ventilación de la cámara, las gradas, y la tubería para la eliminación de orina.

6. Planos de construcción

Se organizó en conjunto todos los planos para la construcción de la letrina, con etiquetas, anotaciones y medidas que facilite la interpretación del diseño.

7. Revisión del diseño

Se revisó los archivos del diseño con los asesores del proyecto para las respectivas correcciones y se procedió a realizar las actualizaciones finales en los planos de acuerdo con las observaciones emitidas.

8. Entrega de los planos

Se entregó y se aprobó las actualizaciones finales en los planos de acuerdo con los comentarios recibidos, obteniendo así una letrina con 3 partes: una cámara compostera, caseta, implementos sanitarios.

3.11 Fase de construcción

Para la construcción de la letrina se consideró la ubicación, los recursos disponibles y otros factores específicos y se realizó el cronograma empleado para la construcción de la letrina de la siguiente manera:

Tabla 3-4. Cronograma de actividades para la implementación de la letrina.

Actividades	Junio				Julio		
	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 1	S. 2	S. 3
Cotización de los materiales para la construcción en las ferreterías de la ciudad de Macas.	X						
Entrevista con profesionales y entendidos de la construcción.	X						
Elaboración de la matriz de costos para la implementación de la letrina.		X					
Adquisición de los materiales de construcción.		X					
Construcción de la letrina.			X	X	X	X	X

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

3.11.1 Cotización de materiales

Se cotizó los materiales de construcción, por medio de una consulta previa a profesionales y entendidos de la construcción (ingenieros civiles, albañiles, carpinteros, ferreterías, etc.), además, se estimó los costos de los elementos y servicios para llevar a cabo el proyecto de acuerdo con aspectos básicos detallados a continuación:

- Listado de materiales

Se realizó un listado completo de todos los materiales que se requiere para la construcción de la letrina.

- Estimación de cantidades

Se estimó las cantidades necesarias de acuerdo con cada material en función del diseño y las dimensiones de la letrina, considerando un margen adicional para prevenir imprevistos.

- Investigación de precios

Se investigó los precios de los materiales de construcción en diversas ferreterías y proveedores locales de la ciudad de Macas, visitando y consultando los catálogos para obtener los precios más asequibles para la implementación.

- Costos adicionales

Se incluyó en la cotización costos adicionales como gastos de transporte de los materiales de construcción.

- Cotización detallada

Se enumeró cada material con su cantidad requerida y su precio unitario, integrando los costos adicionales para realizar el cálculo del costo total para cada material todo esto dentro de una matriz empleando la herramienta de cálculo EXCEL.

- Suma total

Se sumó todos los costos individuales de cada material para obtener un costo estimado de todos los materiales requeridos para la construcción de la estructura.

- Presentación de la cotización

Se presentó la cotización detallada a los asesores del proyecto para su revisión.

3.11.2 Adquisiciones materiales

Se adquirió los materiales de construcción de acuerdo con la matriz generada en la hoja de cálculo EXCEL, el cual garantizó que se obtengan los recursos necesarios para evitar retrasos en la construcción.

3.11.3 Construcción de la letrina

Para la construcción de la letrina abonera en seco fue necesario mantener reuniones periódicas con el dirigente, ya que a través de él se obtuvo la acogida y participación de los habitantes en el proyecto.

El cronograma empleado para la construcción de la letrina se detalla a continuación:

Tabla 3-5. Cronograma de actividades para la construcción de la letrina.

Actividades	Febrero	Junio		Julio		
	Semana 4	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Planificación y ubicación	X					
Replanteo		X				
Construcción de la cámara.		X				
Construcción de la losa para la caseta.			X			
Construcción de la caseta.				X	X	
Instalaciones sanitarias.						X
Acabados finales.						X

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

La construcción de la letrina abonera se realizó en las siguientes etapas:

- Planificación y ubicación

La implementación de la letrina ha sido considerada dentro de un área estratégica de la comunidad, ya que por su ubicación la estructura compartirá sitio con una cancha, casa comunal e iglesia volviéndola así funcional para todos los moradores.

- **Construcción de la cámara:**

Se realizó el replanteo del terreno ya que las cámaras composteras deben estar colocadas a nivel del suelo para facilitar el retiro de los residuos.

Se construyó la cámara en una base de losa para aislar los residuos de la humedad del suelo, se levantó las paredes con bloque considerando la abertura necesaria para el tubo de ventilación.

- **Construcción de la caseta**

Se armó la base de la caseta en el techo de la cámara con encofrado, piedra, varilla y hormigón, la pared de la caseta se revistió con bloque de pómez, finalmente techo está cubierto con planchas de zinc para protegerla de factores externos como la lluvia.

- **Tubo de ventilación**

Es para que los gases que se lleguen a generar por la descomposición acelerada por acción de la ceniza sean expulsados, para lo cual se utilizó un tubo con una longitud de 2,6m que permitió sobresalir mínimo 40cm de la sección superior del techo de la caseta, el tubo se recubrió con un mosquitero para impedir el ingreso de agentes externos como mosquitos.

- **Instalaciones sanitarias**

Taza: este implemento se elaboró con una cubeta de 20 litros y se adecuó de manera que el sanitario tenga un separador de orina realizado con un embudo de plástico, este se conectó a una manguera que para que se dirija hacia un recipiente colocado al interior de la letrina.

3.12 Metodología para la socialización

Tabla 3-6. Cronograma de actividades para la socialización.

Actividades	Socialización del proyecto	Socialización de entrega del proyecto
	Febrero	Julio
	Semana 4	Semana 4
Visita un situ a las familias de la comunidad “El Edén”.	X	
Elaboración de material didáctico		X
Entrega y socialización sobre el funcionamiento y beneficios del proyecto a la comunidad.		X

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

3.12.1 Visita in situ a las familias de la comunidad “El Edén”

Se coordinó conjuntamente con la directora del proyecto la visita a la comunidad donde se dialogó con cada una de las familias pertenecientes al sector para dar a conocer la alternativa de saneamiento para la localidad.

3.12.2 Elaboración del material didáctico para la socialización

Se realizó un proceso de revisión bibliográfica y de literatura para recolectar aspectos conceptuales y funcionales relacionados al proyecto.



Ilustración 3-2. Elaboración de las diapositivas.

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Se identificó los atributos de una socialización efectiva, la cual integra el diseño de diapositivas y volantes informativos contextualizados en un lenguaje claro, sencillo y dinámico, es decir, la

preparación del contenido se realizó acorde a los asistentes, la presentación de las diapositivas se adaptó para satisfacer las necesidades e intereses específicos de la audiencia.

3.13 Entrega y socialización del proyecto

El acto de entrega se realizó en la casa comunal de la localidad con los siguientes puntos:

- Firma de asistencia a la socialización.
- Presentación de resultados positivos, funcionamiento y beneficio del proyecto.
- Abordar los desafíos y soluciones que se encontraron para la implementación del proyecto.
- Interacción con aporte de comentarios y preguntas de los asistentes sobre el proyecto.
- Demostración práctica acerca del funcionamiento de la letrina.
- Entrega de la letrina abonera en seco.

3.14 Técnicas e instrumentos de investigación

3.14.1 Suelo

- La cantidad de nitrógeno y fósforo han sido determinadas utilizando el método espectrofotométrico según el reporte del laboratorio correspondiente.

3.14.2 Heces

- Para el recuento de coliformes fecales se ha empleado la técnica de Petrifilm (PF).
- La cantidad de nitrógeno y fósforo han sido determinadas en base seca mediante los métodos 4500-Norg-C y 4500-P-D respectivamente según el reporte del laboratorio correspondiente.
- Para el análisis de pH fue determinado usando un pH-metro.
- El olor y el color han sido analizados de manera física considerados como análisis organolépticos según el reporte clínico de los laboratorios correspondientes.
- La presencia de parásitos fue determinada por medio de un análisis microscópico.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Parámetros físicos

4.1.1. Resultados de pH

Tabla 4-7. Análisis de pH en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.

Parámetros	Método de análisis	FRESCA	1° MES	2° MES	3° MES
pH	Potenciométrico	6	10	10	10,50

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Tabla 4-8. Análisis de pH de la ceniza.

Material	pH		
Ceniza	9,1	9,5	10

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Respecto al pH se registró un aumento gradual durante el periodo de tiempo considerado, pasando de un valor inicial de 6 a rangos de alrededor de 10 en la muestra tratada. Este cambio es atribuido a la ceniza ya que al ser un material alcalino con un pH que oscila entre 9 y 11 según los análisis realizados (Ver Tabla 4.8) interactúa químicamente con los componentes ácidos presentes en las heces resultando en un aumento significativo en el pH debido a la capacidad de la ceniza para neutralizar ácidos (Schönning y Stenström 2016). Estos hallazgos apoyan la interpretación de que la aplicación de ceniza en este contexto ha tenido un impacto directo en la alcalinidad de las heces, lo que podría tener implicaciones en procesos de descomposición y cambios químicos en el material tratado.

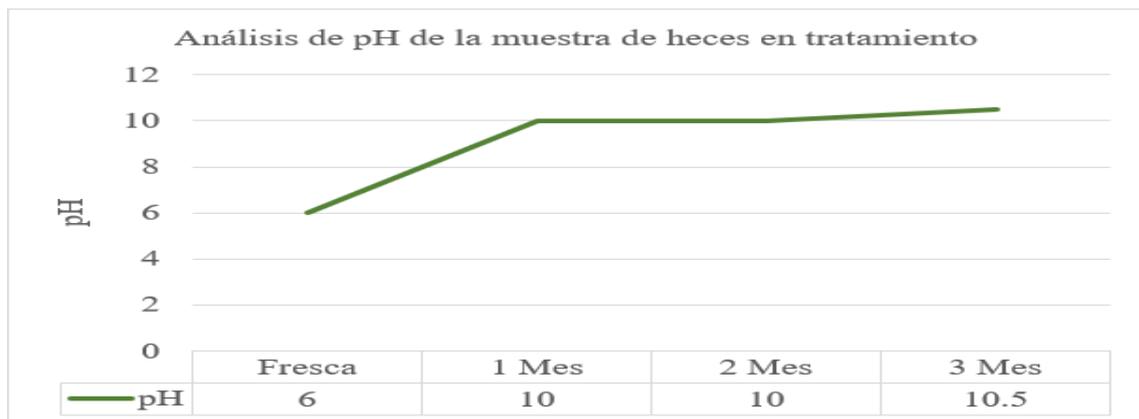


Figura 4-1. Resultados de la variación del pH en la muestra de heces.

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.2. Resultados de color y olor

Tabla 4-9. Análisis del color y olor en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.

Parámetros	Método de análisis	FRESCA	1° MES	2° MES	3° MES
------------	--------------------	--------	--------	--------	--------

Color	Macroscópico	Café	Café	Café oscuro	Negruzca
Olor		Fétido	Fétido	Podrido	Inoloro

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Mediante análisis en la muestra de heces humanas tratadas con ceniza como agente secante, se evidenció el cambio en el parámetro físico del color de las heces; inicialmente, presentaban un tono característico café representativo de la coloración normal en deposiciones humanas, sin embargo, a medida que avanzaba el período de tratamiento con ceniza, se observó una transición gradual hacia una tonalidad negruzca. Este cambio cromático puede atribuirse a las interacciones químicas y físicas entre los componentes de las heces y la ceniza durante el proceso de secado prolongado. La transformación del color sugiere posibles modificaciones en la composición química y la estructura de las heces debido a la presencia continua de ceniza, por lo que estos resultados resaltan la influencia del tiempo en el uso de ceniza como material secante y su efecto en la apariencia física de las muestras biológicas, lo cual debe ser considerado al interpretar análisis posteriores.

En cuanto al olor se exponen en detalle los análisis realizados durante un período de tres meses, donde uno de los aspectos más destacados que surgieron de la investigación fue la disminución notable en este parámetro, ya que inicialmente las heces emitían un olor fétido típico de las deposiciones, sin embargo, a medida que transcurrían los tres meses de tratamiento con ceniza, se presenció un cambio significativo en este parámetro que pasó a ser prácticamente inodoro. Los resultados subrayan la efectividad de la ceniza como material secante para reducir y neutralizar el olor desagradable asociado con las muestras de heces (Schönning y Stenström 2016), lo que puede tener implicaciones importantes para el manejo y la preservación de muestras biológicas en contextos analíticos y médicos.

4.1.3. Parámetros químicos

4.1.3.1. Resultados de N y P

Tabla 4-10. Análisis del contenido de nitrógeno y fósforo en las muestras de heces con ceniza en un periodo de 3 meses

Parámetro	Unidad	Método de análisis	FRESCA	1° MES	2° MES	3° MES
Nitrógeno	%	4500-N _{org} -C	2	1,24	0,95	0,21
Fósforo	%	4500-P-D	0,6	0,54	0,6	0,37

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Los resultados del análisis de laboratorio han revelado una disminución notable en los niveles de nitrógeno y fósforo en las muestras estudiadas. Esta observación puede ser atribuida a un proceso de asimilación que involucra la ceniza utilizada, dado que esta última carece de nitrógeno en su composición mineral y presenta concentraciones relativamente bajas de fósforo (Someshwar

1996), además, (Fan et al. 2011) en su estudio afirma que la disminución de nitrógeno se debe a la formación de amoníaco (NH₃), y siendo este un gas se volatilizará ya que es la principal forma en que se pierde este elemento de las fuentes de nitrógeno. La ausencia de nitrógeno en la ceniza como también la volatilización en forma de amoníaco de este componente en las heces limita su aporte en este aspecto, mientras que la concentración moderada de fósforo en la ceniza puede no ser suficiente para contrarrestar su disminución en las muestras. Estos resultados destacan la importancia de considerar las propiedades químicas y composición de los materiales utilizados en estos estudios, y recalcan la necesidad de evaluar las posibles interacciones y efectos en la disponibilidad de nutrientes en el sistema estudiado.

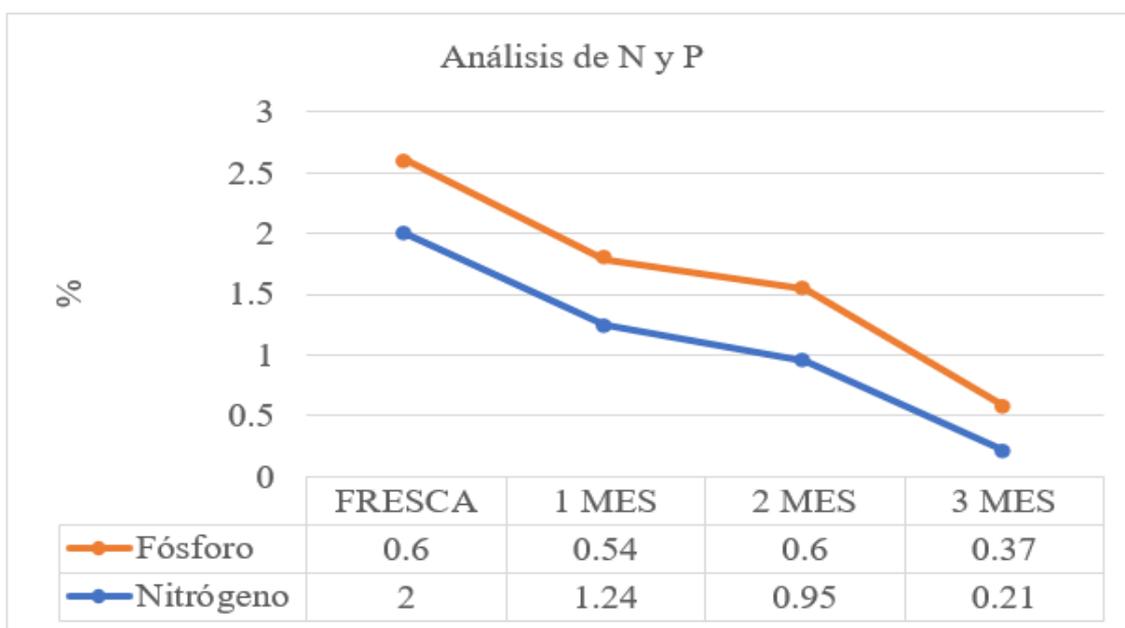


Figura 4-2. Resultados de la variación de N y P en la muestra de heces.

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.4. Parámetros biológicos

4.1.4.1. Resultados de coliformes fecales y parásitos.

Tabla 4-11. Análisis de los parámetros biológicos en las heces tratadas con ceniza durante 3 meses.

Parámetro	Unidad	Método de análisis	FRESCA	1° MES	2° MES	3° MES
Coliformes Fecales	UFC	Petriefilm (PF)	1,46x10 ⁸	3,6x10 ⁷	5x10 ⁶	1x10 ⁶
Parásitos		Microscopio	No	Quistes entamoeba histolytica (+)	Quistes entamoeba histolytica (+) Quistes iodoameba butschlii (+)	No se observa parásitos en la muestra analizada

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de laboratorio brindan evidencia sólida y cuantitativa de la efectividad de la aplicación de ceniza en la reducción de la carga de coliformes en las muestras analizadas (Ver Tabla 4.11). La disminución significativa observada, al pasar de una concentración inicial de 146×10^6 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) a tan solo 1×10^6 UFC en la muestra tratada con ceniza apunta a un cambio drástico en la presencia de coliformes en respuesta a la acción de este agente.

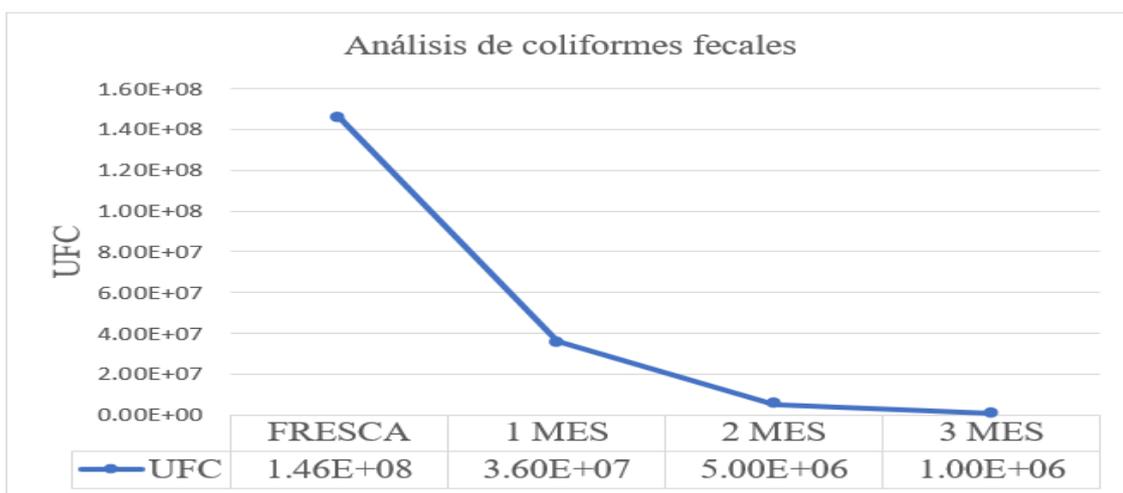


Figura 4-3. Resultados de la variación de coliformes en la muestra de heces

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Esta reducción de más de dos órdenes de magnitud en la carga de coliformes proporciona una evidencia del impacto positivo de la aplicación de ceniza en la mitigación de la presencia de estos microorganismos patógenos, además, este resultado no solo valida la hipótesis inicial de que la ceniza tiene un impacto positivo en la reducción de patógenos en las muestras, sino que también resalta su potencial utilidad como agente de saneamiento en contextos donde la gestión de desechos es un desafío y donde la reducción de patógenos es una prioridad.



Ilustración 4-3. Recuento de coliformes mediante placas Petrifilm

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

En el caso de los parásitos los resultados obtenidos nos muestran la presencia y comportamiento de estos en la muestra estudiada. En un principio, las observaciones microscópicas en la muestra fresca revelaron una ausencia total de parásitos. No obstante, durante los dos primeros meses de análisis, se constató una aparición de estos agentes patógenos como son los quistes que son comunes principalmente en las heces humanas y tienen la capacidad de sobrevivir en el entorno

externo sin descomponerse que pueden propagarse tanto de forma directa, de una persona a otra, como de manera indirecta a través de alimentos o agua (2), un fenómeno que puede atribuirse a los procesos de descomposición inherentes al material. Esta presencia temporal de parásitos, aunque inesperada, encuentra una explicación lógica en la descomposición orgánica y la subsiguiente liberación de microorganismos residentes, sin embargo, para el tercer mes de análisis se logró la completa eliminación de estos patógenos, lo que es atribuida directamente al efecto deshidratante inducido por la ceniza, un proceso que desfavorece el ambiente propicio para la supervivencia y proliferación de parásitos.

4.1.5. Resultados de la caracterización del suelo al pre y post empleo de orín como fertilizante.

Tabla 4-12. Análisis del contenido de nitrógeno y fósforo en el suelo pre y post empleo del orín como fertilizante

Parámetro	Unidad	Método de análisis	FRESCO	1° MES	2° MES	3° MES
Nitrógeno	%	Espectrofotométrico	0,2	0,21	0,427	0,551
Fósforo	mg/Kg	Espectrofotométrico	15,4	17,7	19,7	21,5

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.6. Resultados de los valores de nitrógeno

Inicialmente, la muestra de suelo, sin la incorporación de orín, indicó un contenido de nitrógeno del 0.3%. Durante el primer mes de aplicación del orín, no se observó un cambio sustancial en los niveles de nitrógeno, sin embargo, a partir del segundo mes, se identificó un aumento significativo cercano al 50% en los niveles de nitrógeno, tendencia que se mantuvo constante hasta el último mes de análisis con un valor de 0.551%. Estos resultados destacan la respuesta diferida pero sustancial del suelo al tratamiento con orín como fuente de nitrógeno, sugiriendo una acumulación progresiva de este nutriente en el suelo a medida que avanzaba el tiempo.

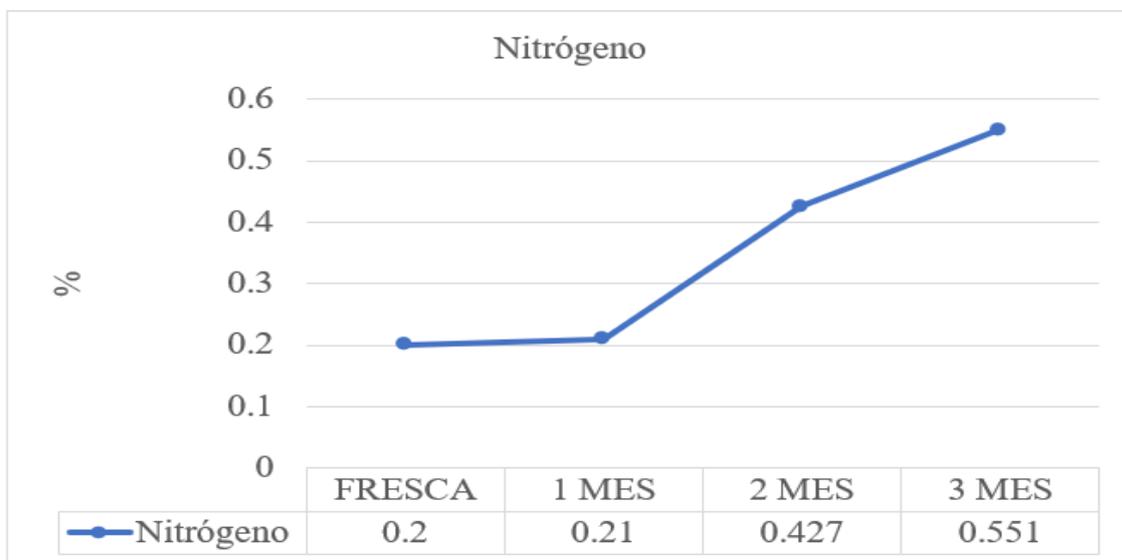


Figura 4-4. Resultados de la variación de N en la muestra de suelo

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.7. Resultados de los valores de fósforo

Para el caso del fósforo, en el análisis sin la adición de orín se registró un contenido de 15.4 mg/kg, una vez que se hizo adición del orín a la muestra en el primer mes se observó un incremento de aproximadamente del 13% en los niveles de fósforo. Esta tendencia de aumento se mantuvo constante hasta el tercer mes, lo que sugiere una respuesta sostenida en la mejora del contenido de fósforo en el suelo a lo largo del periodo de estudio, ya que se obtuvo como análisis final un valor de 21.5mg/kg.

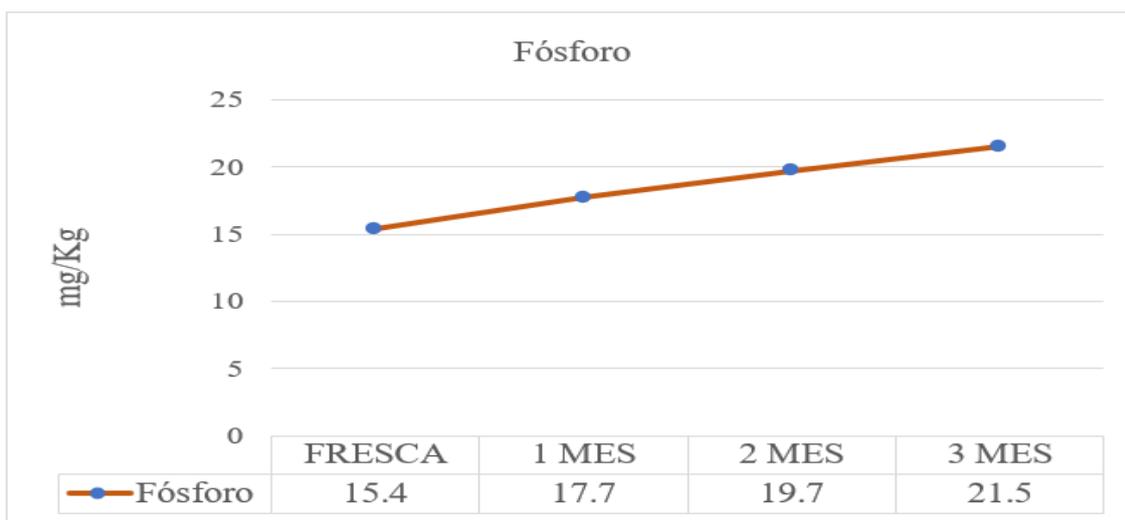


Figura 4-5. Resultados de la variación de P en la muestra de suelo

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Estos aumentos en los dos parámetros son directamente atribuibles a la aplicación de orina diluida como fertilizante, corroborando su eficacia como enmienda nutricional para el suelo. La orina, al ser utilizada como fuente de nutrientes, ha demostrado ser una opción valiosa y sustentable en la mejora de la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el entorno edáfico (Preciado et al. 2015). Estos resultados respaldan la viabilidad de la orina como una alternativa eficaz y de bajo costo en la gestión de nutrientes para la fertilidad del suelo, lo que a su vez puede tener implicaciones significativas en la optimización de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes desde una perspectiva ambiental.

4.1.8. Resultados del dimensionamiento de la letrina

La representación detallada de los planos se realizó de manera meticulosa, considerando el resultado derivado del volumen de almacenamiento de las excretas para un periodo de 6 meses, esto permitió una alineación precisa entre los datos obtenidos y la visualización gráfica, garantizando la coherencia y la integridad en la planificación y ejecución del diseño.

Con el volumen de almacenamiento se realizó el diseño de la cámara con las siguientes medidas: 1,3m x 1,3m x 0,78m y para la caseta se consideró las medidas de 1,30m x 1,3m x 2,20m , basándose en autores como (Martínez 2001) donde afirma que el diseño de las cámaras se elaboran de acuerdo a la frecuencia de uso y el llenado del compartimento de las excretas,

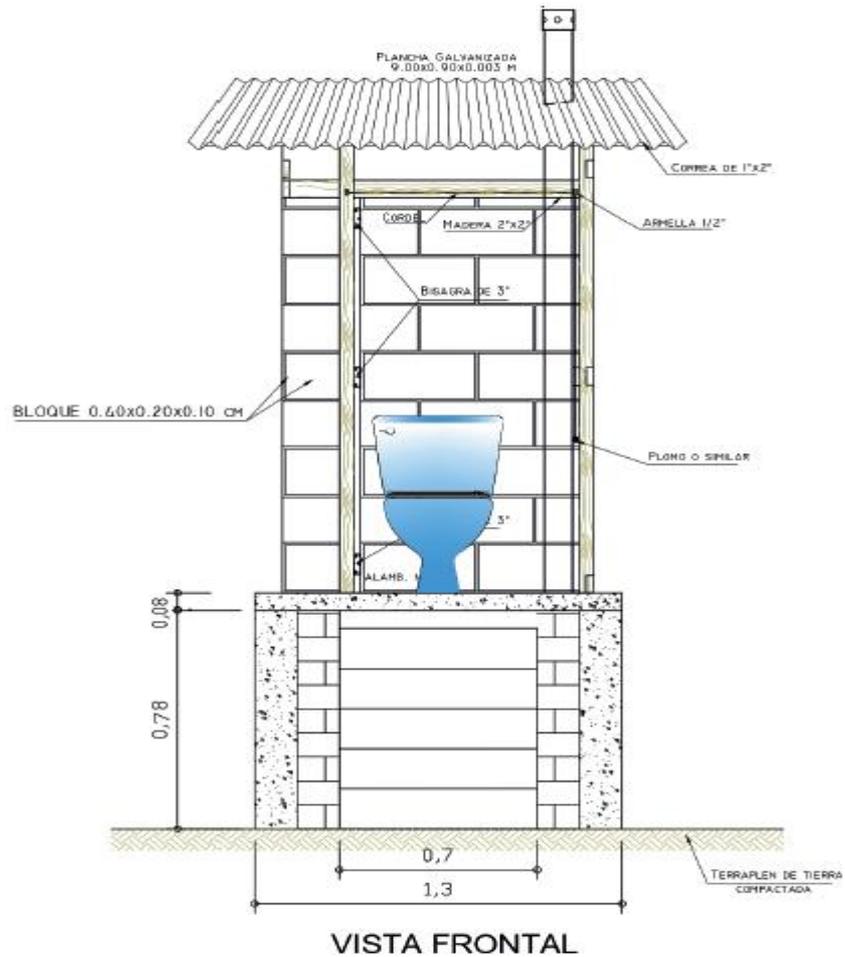


Ilustración 4-5. Vista frontal de letrina abonera en seco

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

La vista frontal muestra la instalación sanitaria, el compartimiento para las heces y el tubo de ventilación colocado a 0,40 cm de la base del techo de la caseta.

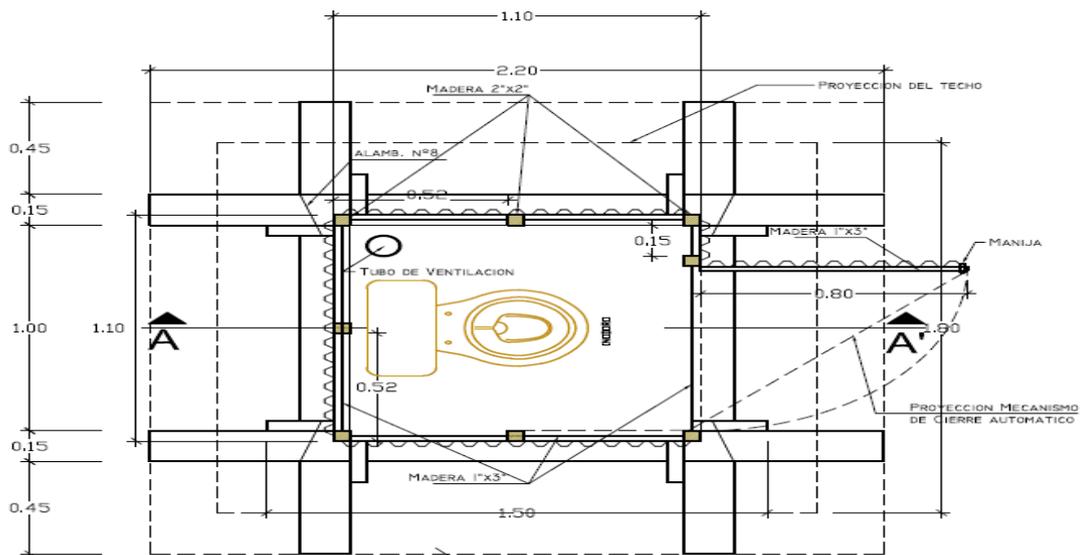


Ilustración 4-6. Vista superior de la letrina abonera en seco

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Finalmente la vista superior nos indica el elemento urinario y las dimensiones de la letrina que tiene un área de 1,69 m².

4.1.9. Resultados de la construcción de la letrina

El tiempo de construcción de la letrina fue de aproximadamente de 5 semanas, debido a diferentes factores como: clima, acceso a la comunidad, el material utilizado y las habilidades de la persona capacitada para la construcción.

La valoración de los costos para la implementación de la letrina se dividió en 3 apartados:

4.1.9.1. Costo de material para la construcción

Tabla 4-13. Costos materiales de construcción de la letrina abonera en seco.

Material	Cantidad	Dimensiones	Precio Unitario	Cantidad requerida	Precio total SIN IVA
Malla mosquitera	1m	1x25 metros	4,02	1	4,02
Zinc	2	2,40 metros	4,33	2	8,66
Bisagra reforzada	1	3"	0,67	1	0,67
Bisagra reforzada	1	2"	0,36	1	0,36
Cemento	15	Sacos	7,23		106,48
Viga V6	1	6,5 metros	25,45	2	50,90
Tubo PVC	1	3 metros	2,23	1	2,23
Codo desagüe	1	2 "	0,89	1	0,89
Varilla Trefilada	1	5,5 x 5,90	1,16	1	1,16
Varilla Corrugada	1	8 x 12	5,63	3	16,89
Aldaba	1	2,5"	0,89	1	0,89
Clavos	1 lb	2"	1,00	1	2,00
Alambre de amarre	1 lb	libras	1,00	1	2,00
Bloque de Pómez	150	10 cm	0,31	1	46,50
Tablas de encofrado	1	20 cm	2,23	6	13,38
Tablas encofrado	1	5 cm	1,34	5	6,70
Tapa sanitario	1	-	5,80	1	5,80
Polvo Blanqueador	1	Saco 10kg	3,48	1	3,48
Armellas medianas	1	-	1	1	0,54
Subtotal					273,55

Iva 12%	32,83
Total materiales construcción	306,38

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

Material	Cantidad	Dimensiones	Precio Unitario	Cantidad requerida	Precio total
Contenedores caucho	1	-	16	1	16,00
Arena	1 m ³	m ³	30,00	1	30,00
Grava	1 m ³	m ³	30,00	1	30,00
Transporte	-	-	50	1	50,00
				Total	432,38

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.9.2. Costo de mano de obra

Tabla 4-14. Costo total de la mano de obra.

Encargado	Actividad	Precio por día \$	Total de días trabajados	Precio total \$
Peón	Preparación de terreno (nivelación, corte y trazado).	20,00	6	120,00
Maestro Albañil	Fundición losa, construcción de la infraestructura.	25,00	6	150,00
			Total	270,00

Realizado por: Lema A., Fernández P., 2023.

4.1.9.3. Costos totales para la construcción de la letrina

Tabla 4-15. Costo total de los materiales y mano de obra.

Descripción	Precio total \$
Costos de los materiales de construcción	432,38
Costos de mano de obra	270,00
Total	702,38

La construcción de la letrina resultó como una estructura funcional y robusta, diseñada para brindar un medio seguro e higiénico para el manejo y tratamiento de las heces humanas, la letrina incluyó compartimientos separados para la deposición y acumulación de excretas tratadas (**Ver ANEXO B**) que pueden emplearse como abono después de un periodo de tiempo adecuado, así lo recomienda (Antúnez 2019) donde menciona que el tiempo de llenado y descomposición de excretas no debe sobrepasar los 6 meses en la cámara de deposición, además, el tubo de eliminación de orina se conecta al separador y pasa por el interior de la cámara para ser

depositadas en un contenedor (**Ver ANEXO C**), se integró un sistema de ventilación cubierta con un mosquitero para favorecer la circulación de aire, reducir los olores y evitar la entrada de agentes externos como mosquitos (**Ver ANEXO D**).

El costo de la construcción de la letrina tuvo un valor de 702,38\$ en comparación con las letrinas de sistemas convencionales que tienen un valor aproximado de 688\$ únicamente para la letrina y 1074.16\$ para un pozo séptico, así lo afirma (Totoy 2022) en su proyecto realizado para la comunidad San Rafael en la parroquia Checa, por lo tanto, esto trae beneficios económicos a la comunidad “El Edén”.

El costo de mantenimiento de la letrina es relativamente nulo ya que las excretas tratadas al cumplir el volumen de almacenamiento en un periodo de 6 meses serán retiradas y se colocará dentro de la cámara un nuevo contenedor por un periodo igual al anterior.

4.2 Resultados de la socialización de la letrina

Se evidenció gran asistencia y acogida para la socialización y entrega del proyecto (**Ver ANEXO E**) donde se logró la comprensión colectiva sobre el funcionamiento y los beneficios de la letrina. Se retroalimentó y proporcionó sugerencias acerca de la letrina abonera en seco, se interactuó y se identificó las oportunidades de mejora para el saneamiento de la comunidad a través de este sistema sostenible y amigable con el medio ambiente.

La demostración práctica se realizó in situ donde se indicó las partes principales de la estructura y las funciones que cumple cada una (**Ver ANEXO F**), se explicó la importancia de separar la zona de deposición de excretas de la orina mostrando el tubo de eliminación que se encuentra conectado al separador y se resaltó la importancia de cubrir las heces con material secante como la ceniza para controlar los olores y promover la descomposición, finalmente se expuso el tiempo de acumulación y permanencia de las excretas dentro de la cámara y el posterior retiro del contenedor de los residuos humanos para realizar el mantenimiento del compartimento que consiste en cambiar el contenedor de heces por otro mientras se realiza el proceso de descomposición de los desechos humanos en un lugar destinado para su completa deshidratación. La entrega se realizó por parte de los promotores del proyecto al dirigente de la comunidad que manifestó su satisfacción al implementar este valioso sistema de tratamiento de excretas que ayudó a resolver una parte del saneamiento de la comunidad “El Edén” (**Ver ANEXO G**)

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En el presente trabajo se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar los efectos de la aplicación de ceniza en muestras de heces humanas y los resultados revelan de manera concluyente que la incorporación de ceniza en el proceso de deshidratación de las heces conlleva una significativa disminución en la carga de patógenos y coliformes fecales presentes en dicha muestra. En el período de tiempo de observación de la muestra, se evidenció una reducción gradual y sostenida de las poblaciones de patógenos, indicando la eficacia de la ceniza en la mitigación de riesgos microbiológicos asociados con las heces humanas deshidratadas, de igual forma en los análisis de pH, N y P se pudo establecer que la ceniza lleva un proceso de acondicionamiento con las heces. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar la ceniza como agente de saneamiento en entornos con limitados recursos, proporcionando una alternativa prometedora para mejorar la seguridad sanitaria en situaciones donde la gestión adecuada de desechos es un desafío.

Este estudio demostró que usar orina diluida como fertilizante enriquece el suelo con nitrógeno y fósforo, pues al ser aplicada de manera controlada aumenta estos nutrientes esenciales en el suelo, mejorando su fertilidad y propiedades nutricionales. La orina, analizada como fuente de nutrientes económica y alternativa, puede promover prácticas agrícolas más sostenibles, además pueden beneficiar la seguridad alimentaria, la gestión de recursos y la eficiencia agrícola.

El dimensionamiento de la letrina se realizó en el programa AUTOCAD en 2D bajo criterios de diseño acordes a la topografía del lugar y a las principales características que debe cumplir una letrina abonera en seco con relación a factores como la humedad y del aislamiento que requieren las excretas para su correcta deshidratación, de esta manera mediante datos bibliográficos de la cantidad de excretas por persona al mes y el número de usuarios estimados en 6 meses se utilizó la ecuación de volumen de almacenamiento para determinar la dimensiones de la cámara de la letrina que es la base de toda la estructura.

El costo de la letrina tiene un valor de 702,38\$ lo que para la comunidad “El Edén” es un factor importante de ahorro ya que el costo de implementación es menor al valor de un sistema convencional de saneamiento.

La letrina abonera en seco tiene ventajas sobre las letrinas de pozo séptico ya que no se necesita contratar servicios adicionales para la evacuación de excretas, al contrario, los residuos tratados se utilizan nuevamente como fertilizantes aptos para los cultivos de la zona.

Se elaboró diapositivas conjuntamente con volantes informativos como herramientas de ayuda para que los pobladores de la comunidad el Edén se apoyen en material didáctico que les permita familiarizarse con este sistema no tradicional de tratamiento de excretas y conozcan así sus partes principales, su funcionamiento y beneficios.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda ampliar el tiempo y el alcance de los análisis de las muestras, incorporando otros parámetros físicos, químicos y biológicos. Esta extensión en la evaluación permitirá obtener una comprensión integral del proceso de deshidratación de las heces mediante la adición de cenizas, contribuyendo así a un conocimiento más profundo y completo de esta técnica.

Se sugiere que en el desarrollo de la socialización se lleve a cabo utilizando un lenguaje de fácil comprensión, evitando el uso de palabras demasiado complejas que puedan generar confusión. Esta estrategia garantizará una comunicación efectiva y un mejor entendimiento entre los participantes.

Se recomienda trabajar en el mejoramiento de la impermeabilización de componentes esenciales en la letrina, como la bóveda y la taza del inodoro para optimizar el proceso de deshidratación, ya que una impermeabilización deficiente puede provocar infiltraciones no deseadas de agua en la letrina, comprometiendo la eficacia del sistema de deshidratación.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANASTASOPOULOU, A., KOLIOS, A., SOMORIN, T., SOWALE, A., JIANG, Y., FIDALGO, B., PARKER, A., WILLIAMS, L., COLLINS, M., MCADAM, E. y TYRREL, S.**, 2018. Conceptual environmental impact assessment of a novel self-sustained sanitation system incorporating a quantitative microbial risk assessment approach. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 639, ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.05.062. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.062>.
2. **ANTÚNEZ, B.**, 2019. Manual de construcción y mantenimiento de letrinas. *Manual de construcción y mantenimiento de letrinas*, DOI 10.18235/0001766.
3. **ARAMRAK, S., CHITTAMART, N., WISAWAPIPAT, W., RATTANAPICHAJ, W., PHUN-IAM, M. y ARAMRAK, A.**, 2021. Dynamics of soil aggregate stability as induced by potassium in a soil-plant system. *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 67, no. 4, ISSN 17470765. DOI 10.1080/00380768.2021.1939151.
4. **BUONICORE, A. y WAYNE, D.**, 1992. *Air Pollution Engineering Manual*. New York: s.n. ISBN 0442008430.
5. **CHEFETZ, B., ADANI, F., GENEVINI, P., TAMBONE, F., HADAR, Y. y CHEN, Y.**, 1998. Humic-Acid Transformation during Composting of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Quality*, vol. 27, no. 4, ISSN 00472425. DOI 10.2134/jeq1998.00472425002700040011x.
6. **CRANE, W.**, 1978. Phosphorus stability in eucalypt forests. *Australian Forestry*, vol. 41, no. 2, ISSN 00049158. DOI 10.1080/00049158.1978.10674180.
7. **EFFEBI, K., BALLEET, G., SEKA, M., BAYA, D. y N'TAKPE, B.**, 2019. Physicochemical and microbiological characterization of human faeces and urine from composting toilets in Abidjan , Côte d ' Ivoire. [en línea], vol. 3330, DOI 10.1080/09593330.2017.1387610. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1387610>.
8. **FAN, X., LI, Y. y ALVA, A.**, 2011. Effects of temperature and soil type on ammonia volatilization from slow-release nitrogen fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 42, no. 10, ISSN 00103624. DOI 10.1080/00103624.2011.566957.
9. **GROHSKOPF, M., CORRÊA, J., FERNANDES, D., TEIXEIRA, P. y MOTA, S.**, 2020. Mobility of Nitrogen in the Soil Due to the Use of Organomineral Fertilizers with Different Concentrations of Phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 51, no. 2, ISSN 15322416. DOI 10.1080/00103624.2019.1705321.
10. **GUTIERREZ, C. y FARIS, R.**, 2010. *EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS LETRINAS ABONERAS SECAS FAMILIARES (LASF) EN LA COMUNIDAD DE*

- OCUILAPA DE JUAREZ, MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS. Disponible en: [http://www.cecodes.net/files/EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS LETRINAS ABONERAS SECAS FAMILIARES \(LASF\) EN LA COMUNIDAD DE OCUILAPA DE JUÁREZ, MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.pdf](http://www.cecodes.net/files/EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS LETRINAS ABONERAS SECAS FAMILIARES (LASF) EN LA COMUNIDAD DE OCUILAPA DE JUÁREZ, MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.pdf).
11. **HUAQUISTO, E., BELIZARIO, G. y TUDELA, J.**, 2022. Disponibilidad a Cooperar Por Los Servicios De Saneamiento Rural. *Revista de Investigaciones*, vol. 9, no. 2, ISSN 1997-4035. DOI 10.26788/riepg.v9i2.2257.
 12. **INEC, 2019.** Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador: Marzo, 2019. [en línea], Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Indicadores ODS Agua%2C Saneamiento e Higiene-2019/3. Principales resultados indicadores ASH 2019.pdf>.
 13. **JOURAVLEV, A.**, 2004. Recursos Naturales e Infraestructura. *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*, DOI 10.3989/arbor.2000.i653.1000.
 14. **KANDA, A., NCUBE, E. y VOYI, K.**, 2023. Selection of appropriate on-site household sanitation options for rural communities of Zimbabwe—case of Mbire district, Zimbabwe. *International Journal of Environmental Health Research*, ISSN 13691619. DOI 10.1080/09603123.2023.2166021.
 15. **MALDONADO, G. y SALAZAR, W.**, 2020. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. *Universidad Andina del Cusco* [en línea], Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 16. **MARTÍNEZ, J.**, 2001. Letrinas aboneras de doble cámara. *Fundación Cocíbolca* [en línea], Disponible en: www.cat.org.uk.
 17. **MATHIAS-RETTIG, K. y AH-HEN, K.**, 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, vol. 42, no. 2, ISSN 03048802. DOI 10.4206/agrosur.2014.v42n2-07.
 18. **MINDREAU, E., JUSCAMAITA, J. y WILLIAMS, M.**, 2016. Estabilización De Heces Humanas Provenientes De Baños Secos Por Un Proceso De Fermentación Ácido Láctica. *Ecología Aplicada*, vol. 15, no. 2, ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.754.
 19. **MONTES, A.K.**, 2013. Análisis de la contribución de los sanitarios secos al saneamiento básico rural. Caso: vereda Chorrillos. *Punto de vista*, vol. 4, no. 7, ISSN 0123-580X. DOI 10.15765/pdv.v4i7.450.
 20. **NTWANA, B., AGENBAG, G.A. y LANGENHOVEN, P.**, 2013. Effect of pH on

- growth, mineral content and essential oil quality of buchu (*Agathosma betulina*) grown under controlled conditions. *South African Journal of Plant and Soil*, vol. 30, no. 2, ISSN 02571862. DOI 10.1080/02571862.2013.811299.
21. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD**, 2010. Saneamiento básico. *Saneamiento rural y salud/Guia para acciones a nivel local* [en línea], Disponible en: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo4.pdf>.
 22. **PATHAK, S. y GOPAL, K.**, 2008. Prevalence of bacterial contamination with antibiotic-resistant and enterotoxigenic fecal coliforms in treated drinking water. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, vol. 71, no. 7, ISSN 15287394. DOI 10.1080/15287390701838796.
 23. **PAWAR, P., KHADILKAR, J., KULKARNI, M. y MELO, J.**, 2020. Comparative assessment using *Glomus mosseae* and NPK fertigation to evaluate its role in enhancing growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea*. L). *Journal of Plant Nutrition*, vol. 43, no. 11, ISSN 15324087. DOI 10.1080/01904167.2020.1738463.
 24. **PRECIADO, P., FORTIS, M., GARCÍA, J.L., CRUZ, E. De y ARMANDO, J.**, 2015. Producción de plántulas de chile jalapeño fertilizadas con orina. , vol. 6, ISSN 2007-0934.
 25. **REYES, R.**, 2019. Manejo y reutilización de la orina humana como fertilizante en plantas de maíz. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, vol. 14, no. 1, DOI <https://doi.org/10.36829/08ASA.v14i1.1152>.
 26. **RÍOS-TOBÓN, S., AGUDELO-CADAVID, R. y GUTIÉRREZ-BUILES, L.**, 2011. Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo. *Terralationoamericana* [en línea], vol. 29, no. 4, DOI 0.17533/udea.rfnsp.v35n2a08. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000400449&script=sci_arttext.
 27. **SCHÖNNING, C. y STENSTRÖM, T.**, 2016. Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico. *EcoSanRes*. S.l.: s.n., pp. 1-23. ISBN 2013206534.
 28. **SEGURA, F.**, 2018. *Saneamiento y disposición de biosólidos provenientes de lodos sépticos residuales* [en línea]. S.l.: INSTITUO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. Disponible en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10299/Saneamiento y disposici%00f3n_bios%00f3lidos_provenientes_lodos_s%00e9pticos_residuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10299/Saneamiento_y_disposici%00f3n_bios%00f3lidos_provenientes_lodos_s%00e9pticos_residuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
 29. **SOMESHWAR, A. V.**, 1996. Wood and Combination Wood-Fired Boiler Ash Characterization. *Journal of Environmental Quality*, vol. 25, no. 5, ISSN 0047-2425. DOI 10.2134/jeq1996.00472425002500050006x.
 30. **TOTOY, C.**, 2022. *Evaluacion de alternativas para el manejo de excretas pozo séptico*,

letrina hoyo seco ventilado en la comunidad San Rafael, parroquia Checa [en línea]. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22941>.

31. **VARGAS, K.**, 2014. Saneamiento ecológico en zonas rurales Ecological sanitation in rural areas. *Revista de Investigación Universitaria*, vol. 3, no. 2,
32. **VIGNAU, E., PEÑA, E., FLORES, R., CONCUERA, C., GONZÁLEZ, O., BORJA, V. y RAMÍREZ, A.**, 2010. Dispositivo Autónomo de Saneamiento Doméstico Urbano (DASDU). *Memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 11-14 September 2010, Monterrey, Mexico*,
33. **WATERAID**, 2019. El mundo oculto de los trabajadores sanitarios. [en línea], Disponible en: <https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/el-mundo-oculto-de-los-trabajadores-sanitarios.pdf>.



ANEXOS

ANEXO A: CUADRO GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE HECES CON CENIZA.

Cuadro general de resultados de los análisis de heces con ceniza							
	Parámetro	Unidad	Método de análisis	FRESCA	1 MES	2 MES	3 MES
Físicos	pH	-	pH-metro	6	10	10	10,5
	Color	-	Macroscópico	Café	Café	Café oscuro	Negruzca
	Olor	-		Fétido	Fétido	Podrido	Inoloro
Biológicos	Coliformes Fecales	UFC	Petrifilm (PF)	146 x10 ⁶	36 x10 ⁶	5 x10 ⁶	1 x10 ⁶
	Parásitos		Microscópico	No	Quistes entamoeba histolytica (+)	Quistes entamoeba histolytica (+) Quistes iodoamebaba butschlii (+)	No se observan parásitos en la muestra analizada
Químicos	Nitrógeno	%	4500-N _{org} -C	2	1.24	0.95	0.21
	Fósforo	%	4500-P-D	0.6	0.54	0.6	0.37

Cuadro general de resultados de los análisis de suelo con orín						
Parámetro	Unidad	Método de análisis	FRESCO	1 MES	2 MES	3 MES
Nitrógeno	%	Espectrofotométrico	0.2	0.21	0.427	0.551
Fósforo	mg/Kg	Espectrofotométrico	15.4	17.7	19.7	21.5

ANEXO B: IMÁGENES DE LA LETRINA Y CÁMARA.



ANEXO C: CÁMARA DE DEPÓSITO.



ANEXO D: CONSTRUCCIÓN



ANEXO E: SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO.



ANEXO F: EXPLICACIÓN A LA COMUNIDAD.



ANEXO G: ENTREGA DE LA OBRA.



ANEXO H: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS COPROLÓGICOS

Muestra fresca



Paciente: **FERNANDEZ QUINDE PATRICIA ALEXANDRA** Identificación 1400717565
Historia: 2657 Orden/Análisis 3072 Edad 31 AÑOS Sexo Femenino
Dr (a): . Fec.Nac.: 12/jun/1991
Fecha ingreso / toma de muestra: 05/abr/2023
Información clínica del paciente: Información del solicitante de la prueba: Ninguna
(NINGUNA)

COPROLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
COPROPARASITOLÓGICO			
--- ANÁLISIS FÍSICO ---			
COLOR	CAFÉ		
CONSISTENCIA	BLANDA		
ASPECTO	HETEROGENEO		
--- ANÁLISIS MICROSCÓPICO ---			
RESTOS ALIMENTICIOS	NEGATIVO		
MOCO	NEGATIVO		
GRASAS	ESCASA		
ALMIDONES	(ESCASOS)		
LEVADURAS	(+)		
MICELIOS	NEGATIVO		
FLORA BACTERIANA	NORMAL		
LEUCOCITOS	NEGATIVO	/Campo	
HEMATIES	NEGATIVO	/Campo	
CRISTALES CHARCOT-LEYDEN	NEGATIVO		
PARÁSITOS	- (NO SE OBSERVAN PARÁSITOS EN LA MUESTRA)		
<i>Método: Microscopía.</i>			

OBSERVACIONES:
PRESENCIA DE OXALATOS DE CALCIO: (+)

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

COPROLOGÍA ESPECIALES

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
pH	06.00		7.35 - 7.45

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

Informe emitido: 05/abr/2023 14:22
Responsable de emisión y validación de la prueba


Lic. Jhoana Chiriboga Umala
Responsable Técnico
Reg. Access. 0604633917



5 abr 2023 14:22:12

(**) Los intervalos de referencia de este informe están de acuerdo a edad y sexo del paciente

La interpretación de los resultados es exclusivo del médico.

Página 1 de 1

Muestra primer mes



Paciente: FERNANDEZ QUINDE PATRICIA ALEXANDRA	Identificación 1400717565		
Historia: 2657	Orden/Análisis 3341	Edad 31 AÑOS	Sexo Femenino
Dr (a): .	Fec.Nac.: 12/jun/1991		
Fecha ingreso / toma de muestra: 04/may/2023	Información clínica del paciente: (NINGUNA)	Información del solicitante de la prueba: Ninguna	

COPROLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
COPROPARASITOLÓGICO			
--- ANÁLISIS FÍSICO ---			
COLOR	CAFÉ		
CONSISTENCIA	BLANDA		
ASPECTO	HETEROGENEO		
--- ANÁLISIS MICROSCÓPICO ---			
RESTOS ALIMENTICIOS	NEGATIVO		
MOCO	NEGATIVO		
GRASAS	NEGATIVO		
ALMIDONES	NEGATIVO		
LEVADURAS	(+)		
MICELIOS	NEGATIVO		
FLORA BACTERIANA	AUMENTADA		
LEUCOCITOS	NEGATIVO	/Campo	
HEMATIES	NEGATIVO	/Campo	
CRISTALES CHARCOT-LEYDEN	NEGATIVO		
PARÁSITOS	- QUISTES ENTAMOEBIA HISTOLYTICA (+)		
<i>Método: Microscopía.</i>			
OBSERVACIONES: PRESENCIA DE OXALATOS DE CALCIO: (+)			

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

COPROLOGÍA ESPECIALES

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
pH	10.00		7.35 - 7.45

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

Informe emitido: 05/may/2023 12:17
Responsable de emisión y validación de la prueba

Lic. Jhoana Chiriboga Umala
Responsable Técnico
Reg. Access. 0604633917



5 may 2023 12:17:08

(**) Los intervalos de referencia de este informe están de acuerdo a edad y sexo del paciente

La interpretación de los resultados es exclusivo del médico.

Página 1 de 1

Av. Amazonas y Riobamba

laboratorioclinicoorion@hotmail.com

07 252 5643

0994463226 - 0986715542

Muestra segundo mes



Paciente: **FERNANDEZ QUINDE PATRICIA ALEXANDRA** Identificación 1400717565
Historia: 2657 Orden/Análisis 3375 Edad 31 AÑOS Sexo Femenino
Dr (a): . Fec.Nac.: 12/jun/1991
Fecha ingreso / toma de muestra: 31/may/2023
Información clínica del paciente: Información del solicitante de la prueba: Ninguna
(NINGUNA)

COPROLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
COPROPARASITOLÓGICO			
--- ANÁLISIS FÍSICO ---			
COLOR	CAFÉ OSCURO		
CONSISTENCIA	BLANDA		
ASPECTO	HETEROGENEO		
--- ANÁLISIS MICROSCÓPICO ---			
RESTOS ALIMENTICIOS	NEGATIVO		
MOCO	NEGATIVO		
GRASAS	NEGATIVO		
ALMIDONES	(ESCASOS)		
LEVADURAS	(++)		
MICELIOS	NEGATIVO		
FLORA BACTERIANA	AUMENTADA		
LEUCOCITOS	NEGATIVO	/Campo	
HEMATIES	NEGATIVO	/Campo	
CRISTALES CHARCOT-LEYDEN	NEGATIVO		
PARÁSITOS	- QUISTES ENTAMOEBIA HISTOLYTICA (+) - QUISTES IODOAMEBA BUTSCHLII (+)		
Método: Microscopía.			
OBSERVACIONES: PRESENCIA DE OXALATOS DE CALCIO: (+)			

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

COPROLOGÍA ESPECIALES

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
pH	10.00		7.35 - 7.45

Validado por: Lic. Jhoana Chiriboga U.

Informe emitido: 05/jun/2023 15:17
Responsable de emisión y validación de la prueba


Lic. Jhoana Chiriboga Umala
Responsable Técnico
Reg. Access. 0604633917



5 jun 2023 15:17:08

(**) Los intervalos de referencia de este informe están de acuerdo a edad y sexo del paciente

La interpretación de los resultados es exclusivo del médico.

Página 1 de 1

Av. Amazonas y Riobamba

laboratorioclinicoorion@hotmail.com

07 252 5643

0994463226 - 0986715542

Muestra tercer mes



Paciente: **FERNANDEZ QUINDE PATRICIA ALEXANDRA** Identificación 1400717565
Historia: 2657 Orden/Análisis 3576 Edad 32 AÑOS Sexo Femenino
Dr (a): . Fec.Nac.: 12/jun/1991
Fecha ingreso / toma de muestra: 18/jul/2023
Información clínica del paciente: Información del solicitante de la prueba: Ninguna
(NINGUNA)

COPROLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
COPROPARASITOLÓGICO			
--- ANÁLISIS FÍSICO ---			
COLOR	NEGRUZCA		
CONSISTENCIA	BLANDA		
ASPECTO	HETEROGENEO		
--- ANÁLISIS MICROSCÓPICO ---			
RESTOS ALIMENTICIOS	NEGATIVO		
MOCO	NEGATIVO		
GRASAS	NEGATIVO		
ALMIDONES	(+)		
LEVADURAS	(+)		
MICELIOS	NEGATIVO		
FLORA BACTERIANA	AUMENTADA		
LEUCOCITOS	NEGATIVO	/Campo	
HEMATIES	NEGATIVO	/Campo	
CRISTALES CHARCOT-LEYDEN	NEGATIVO		
PARÁSITOS	- (NO SE OBSERVAN PARÁSITOS EN LA MUESTRA ANALIZADA)		
Método: Microscopía.	- OBSERVACIONES: ESCASA PRESENCIA DE OXALATOS DE CALCIO		

Validado por: Lic. Fabricio Ramón T.

COPROLOGÍA ESPECIALES

Prueba	Resultado	Unidad	Intervalo de referencia**
pH	10.50		7.35 - 7.45

Validado por: Lic. Fabricio Ramón T.

Informe emitido: 23/ago/2023 15:53
Responsable de emisión y validación de la prueba

Lic. Joana Chiriboga Umala
Responsable Técnico
Reg. Access. 0604633917



(**) Los intervalos de referencia de este informe están de acuerdo a edad y sexo del paciente

La interpretación de los resultados es exclusivo del médico.

23 ago 2023 15:53:30

Página 1 de 1

ANEXO I: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE NP EN LAS MUESTRAS DE HECES CON CENIZA

Muestra Fresca



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 05 de abril del 2023
Análisis solicitado por: Sr. Alexis Lema
Tipo de muestras: Estiercol
Localidad: Cantón Morona Santiago

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Nitrógeno total	%	4500-N _{org} -C	2
Fósforo Total	%	4500-P-D	0.6

Métodos colorimétricos previa a la digestión ácida

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador



Muestra primer mes



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 04 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Sr. Alexis Lema
Tipo de muestras: Estiercol
Localidad: Cantón Morona Santiago

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Nitrógeno total	%	4500-N _{org} -C	1.24
Fósforo Total	%	4500-P-D	0.54

Métodos colorimétricos previa a la digestión ácida

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmie Laboratorio 📍
Riobamba - Ecuador

Muestra segundo mes



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 31 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Sr. Alexis Lema
Tipo de muestras: Muestra de heces mes #2
Localidad: Cantón Morona Santiago

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Nitrógeno total	g/Kg	4500-N _{org} -C	9.51
Fósforo Total	g/Kg	4500-P-D	6.00

Métodos colorimétricos previa a la digestión ácida

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente Informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
Contactanos: ☎0998580374 📠032 942 322
Sáqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

sáqmic

Muestra tercer mes



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 30 de junio del 2023
Análisis solicitado por: Sr. Alexis Lema
Tipo de muestras: Muestra de heces mes #3
Localidad: Cantón Morona Santiago

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Nitrógeno total	%	4500-N _{org} -C	0.21
Fósforo Total	%	4500-P-D	0.37

Métodos colorimétricos previa a la digestión ácida

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente Informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contactanos: (50998580374) (5032 942 322
Saqmic Laboratorio
Tibatamba - Ecuador

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS NP EN LAS MUESTRAS DE SUELO CON ORÍN

Muestra primer mes

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Juan De La Cruz y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

Fecha: 05 de mayo de 2023
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Suelo AP-1
Localidad: Macas

Análisis

DETERMINACIONES	RESULTADOS		
	Método Análisis	Unidades	Muestra AP - 1
Nitrógeno Total	Espectrofotométrico	%	0.21
Fósforo	Espectrofotométrico	ppm (mg/Kg)	17.7

* WPCF.

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada
Correo: laboratorioslyv@gmail.com

Muestra segundo mes

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Juan De La Cruz y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

Fecha: 30 de mayo de 2023
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Suelo AP-2
Localidad: Macas

Análisis

DETERMINACIONES	RESULTADOS		
	Método Análisis	Unidades	Muestra AP - 1
Nitrógeno Total	Espectrofotométrico	%	0.427
Fósforo	Espectrofotométrico	ppm (mg/Kg)	19.7

* WPCF.

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada
Correo: laboratorioslyv@gmail.com

Muestra tercer mes

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Juan De La Cruz y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

Fecha: 30 de junio de 2023
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Suelo AP-3
Localidad: Macas

Análisis

DETERMINACIONES	RESULTADOS		
	Método Análisis	Unidades	Muestra AP - 1
Nitrógeno Total	Espectrofotométrico	%	0.551
Fósforo	Espectrofotométrico	ppm (mg/Kg)	21.5

* WPCF.

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada
Correo: laboratorioslyv@gmail.com



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 26/ 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Alexis Estuardo Lema Herrera Patricia Alexandra Fernández Quinde
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
 Firma del Director del Trabajo de Titulación  Firma del Asesor del Trabajo de Titulación

