

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

UNIDAD ACADÉMICA LAS PIEDRAS

ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**DISEÑO DE FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO CON
RESIDUOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO) PARA
PURIFICAR AGUA EN GONZALO MORENO.**

Proyecto De Grado Para Optar Título Académico De Ingeniería Ambiental

Univ. Fabiola Cartagena Bozo

Tutor: Ing. Martilobio Muñoz Barba

Las Piedras – Pando – Bolivia

2025

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme permitido llegar hasta este momento. Su guía constante me dio la serenidad necesaria para superar los desafíos y la esperanza para continuar avanzando, incluso en los momentos más difíciles.

A mi madre, Sra. María Elena Bozo Negrete por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo inquebrantable. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo, perseverancia y dedicación. Este logro también es tuyo, porque sin tu guía y tus palabras de aliento, este camino habría sido mucho más difícil.

A mi pareja, Sra. Maria Vaca Vasquez por acompañarme con paciencia, comprensión y amor durante todo este proceso. Gracias por ser mi apoyo emocional, por motivarme a seguir adelante y por celebrar conmigo cada pequeño avance. Tu presencia fue un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, con todo mi cariño y gratitud, a mi madre, Sra. María Elena Bozo Negrete por ser mi mayor inspiración, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo, en gran parte, a su ejemplo y a su constante apoyo.

También dedico este logro a mi pareja, Sra. Maria Vaca Vasquez por acompañarme con amor, paciencia y comprensión en cada etapa de este camino. Gracias por creer en mí, por motivarme cuando las fuerzas flaqueaban y por compartir conmigo cada momento de este proceso.

A ambas, mi más sincero agradecimiento por ser parte esencial de este logro que hoy se hace realidad.

INDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes Generales.....	1
1.2 Planteamiento Del Problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.4 Justificación.....	4
1.5 Limitación Del Objeto De Estudio	4
CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Marco Conceptual	7
2.1.2. <i>Adsorción</i>	7
2.1.2. <i>Filtración De Agua</i>	7
2.1.3. <i>Contaminación De Agua</i>	7
2.1.4. <i>Agua No Potable</i>	7
2.1.5. <i>Gestión Comunitaria Del Agua</i>	7
2.1.6. <i>Educación Ambiental Comunitaria</i>	8
2.1.7. <i>Desinfección del agua</i>	8
2.2. Marco Referencial	8
2.3. Marco Legal	9
2.3.2. <i>Constitución Política del Estado</i>	9
2.3.3. <i>Ley N.º 2066 De Servicios De Agua Potable Y Alcantarillado Sanitario</i>	9
2.3.4. <i>Ley N.º 1333 De Medio Ambiente</i>	9
2.3.5. <i>Norma Boliviana NB 512</i>	9
2.3.6. <i>Ley N.º 071 De Derechos De La Madre Tierra</i>	9
2.3.7. <i>Ley N.º 300 Marco De La Madre Tierra Y Desarrollo Integral Para Vivir Bien</i>	10
2.3.8. <i>Decreto Supremo N.º 0335</i>	10
2.3.9. <i>Reglamento De La Ley N.º 2066 (DS N.º 26587, 2002)</i>	10
CAPITULO III MARCO METODOLOGICO.....	11
3.1. Tipo de Investigación	11

3.2. Enfoque De Investigación	11
3.3. Población.....	11
3.4. Muestra.....	11
3.5. Instrumentos	12
3.6. Procedimientos	12
CAPITULO IV MARCO CONTEXTUAL	13
CAPITULO V DIAGNOSTICO	14
CAPITULO VI DETERMINACION DE MODELOS REAL / IDEAL.....	15
6.1. Modelos Real	15
6.2. Modelo Ideal	16
CAPITULO VII PRESENTACION DE RESULTADOS	17
7.1. Discusión Y Análisis Relativo A La Entrevista.....	17
7.2. Relativo Al Análisis De Agua	21
7.2.1. <i>Análisis de agua con y sin filtro de carbón activado</i>	21
CAPITULO VIII PROPUESTA.....	24
CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
9.1. Conclusiones	26
9.2. Recomendaciones.....	27
BIBLIOGRAFIA	28
ANEXOS.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación De La Comunidad Gonzalo Moreno.....	4
Figura 2 Fuente más común de provisión de agua para consumo humano	15
Figura 3 Filtros de Carbón Activado	16
Figura 4 Fuentes de agua para consumo.....	35
Figura 5 Medición de Conductividad eléctrica.....	36
Figura 6 Medición de Ph	36
Figura 7 Determinación de oxígeno disuelto en agua	37
Figura 8 Método Floculación	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del Cacao.....	6
Tabla 2 Fuentes de agua para consumo	17
Tabla 3 Descripción de calidad de agua	17
Tabla 4 la población relaciona problemas de salud por consumo de agua.....	18
Tabla 5 utiliza algún método para purificar el agua?	18
Tabla 6 ha escuchado sobre filtros de carbón activado?	19
Tabla 7 sabe u los residuos de cacao pueden convertirse en carbón activado?.....	19
Tabla 8 Esta dispuesta a pagar filtro de carbón activado de cacao?.....	19
Tabla 9 Cree que la comunidad estaría dispuesta a producir filtros de carbón activado?.....	20
Tabla 10 Que personas o instituciones apoyarían esta iniciativa	20
Tabla 11 Análisis agua de lluvia	21
Tabla 12 Análisis agua de pozo.....	21
Tabla 13 análisis agua de noque (piscina).....	22

RESUMEN

La comunidad de Gonzalo Moreno está ubicada en el municipio Puerto Gonzalo Moreno del departamento de Pando, actualmente atraviesa problemas relacionados con el acceso a agua potable, a pesar de contar con un sistema de distribución, este se encuentra fuera de funcionamiento, obligando a la población a consumir agua de fuentes superficiales o pozos artesanales, las cuales están expuestas a altos niveles de contaminación física, química y biológica.

El presente proyecto propone una alternativa sostenible mediante la elaboración de carbón activado a partir de residuos de cacao, material que abunda en la comunidad, para su uso en sistemas de filtración doméstica. El estudio contempla la caracterización físico-química de las cáscaras de cacao, su transformación por medio de pirolisis controlada, y la construcción de filtros caseros con materiales de la región. Se plantea además la validación técnica del sistema mediante análisis de parámetros como pH, turbidez y conductividad eléctrica, antes y después del proceso de filtración.

La investigación es de tipo aplicada y experimental, con enfoque mixto, ya que integra mediciones cuantitativas y análisis cualitativos sobre la percepción de la población respecto al uso del filtro. La propuesta fomenta el aprovechamiento de residuos agroindustriales, contribuye a la economía circular y fortalece la gestión comunitaria del agua. Asimismo, se alinea con principios de sostenibilidad ambiental y empoderamiento social, promoviendo una solución accesible, replicable y adaptada al contexto rural amazónico.

Palabras Clave: carbón activado, filtración de agua.

ABSTRAC

The community of Gonzalo Moreno is located in the municipality of Puerto Gonzalo Moreno in the department of Pando. It is currently facing problems related to access to drinking water. Despite having a distribution system, it is non-functional, forcing the population to consume water from surface sources or artisanal wells, which are exposed to high levels of physical, chemical, and biological contamination.

This project proposes a sustainable alternative through the production of activated charcoal from cocoa residues, a material that is abundant in the community, for use in domestic filtration systems. The study involves the physicochemical characterization of cocoa shells, their transformation through controlled pyrolysis, and the construction of homemade filters using local materials. Additionally, it aims to validate the technical performance of the system through the analysis of parameters such as pH, turbidity, and electrical conductivity. before and after the filtration process.

The research is applied and experimental in nature, with a mixed approach, as it integrates quantitative measurements and qualitative analysis on the population's perception regarding the use of the filter. The proposal promotes the use of agro-industrial waste, contributes to the circular economy, and strengthens community water management. Likewise, it aligns with principles of environmental sustainability and social empowerment, promoting an accessible, replicable, and contextually adapted solution for rural Amazonian areas.

Keywords: activated carbon, water filtration.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

En febrero de 2018, el municipio estrenó un sistema moderno de agua potable con tanque elevado, obra de captación y planta de tratamiento; la obra, con apoyo del FPS, se reportó entonces en fase de prueba. Más recientemente, un informe de la Contraloría (2025) señala provisión discontinua del agua potable Puerto Gonzalo Moreno lo que evidencia la necesidad de reforzar operación/mantenimiento y soluciones complementarias a nivel domiciliario.

El cacao (*Theobroma cacao*) es una planta originaria de la cuenca amazónica, domesticada y cultivada por civilizaciones precolombinas como los mayas y aztecas, que lo utilizaban tanto como alimento como moneda de intercambio. Actualmente, el cacao constituye un recurso económico y cultural de gran importancia en países tropicales, siendo base para la producción de chocolate y diversos derivados de alto valor agregado.

En Bolivia, particularmente en el departamento de Pando, en la comunidad Gonzalo Moreno el cacao se encuentra en forma silvestre y cultivada, destacando por su calidad aromática reconocida a nivel internacional. La producción, mayormente a pequeña escala, se convierte en una fuente de ingresos para la comunidad, además de ser parte de sistemas agroforestales que contribuyen a la conservación de la biodiversidad.

En la comunidad Gonzalo Moreno Pando, la producción a pequeña escala en unidades agroproductivas tiene un rendimiento promedio que oscila entre 2 a 8 quintales por hectárea, lo cual se considera un rendimiento moderado.

Paralelamente a su valor alimentario, el cacao genera residuos, como cáscaras, que representan entre el 70 % y 75 % del fruto y suelen desecharse. Estos residuos han despertado interés científico y tecnológico, al ser aprovechados en la elaboración de carbón activado.

Investigaciones recientes han logrado desarrollar carbón activado a partir de la cascara de cacao, mostrando una capacidad de adsorción de contaminantes como colorantes, metales pesados y compuestos orgánicos, lo que refuerza su papel como una alternativa sostenible.

Este aprovechamiento representa una estrategia económica circular que transforma tanto la gestión sostenible como la producción de tecnologías limpias

1.2 Planteamiento Del Problema

La comunidad de Gonzalo Moreno, tiene una problemática relacionada con el acceso a agua potable a pesar de contar con un sistema de distribución de agua moderno instalado el 2018, este se encuentra actualmente fuera de funcionamiento. Como consecuencia, la población busca fuentes alternativas para poder abastecerse de ese líquido elemento, recurriendo principalmente a fuentes superficiales como arroyos, norias (pozos artesanales), que presentan un alto riesgo de contaminación por la actividad humana, residuos orgánicos e inorgánicos, y el arrastre de sedimentos durante la temporada de lluvias.

El uso de norias (pozos artesanales), representan una opción accesible para muchas familias pero se ven afectadas por dos grandes problemas, durante la época de lluvias se contaminan fácilmente con escurrimientos superficiales; y en la época seca tienden a agotarse o disminuir su caudal, lo que genera escasez de agua. A esto se suma que en la comunidad aún se emplean letrinas

rudimentarias agravando la contaminación del suelo y el agua subterránea, incrementando el riesgo de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

Esta situación refleja una vulnerabilidad en la salud pública, por lo que es necesario implementar soluciones accesibles, sostenibles y el aprovechamiento de residuos de cacao para la producción de carbón activado podría representar una alternativa viable para mejorar la calidad del agua mediante sistemas de filtración domésticos, utilizando recursos disponibles en la misma comunidad y fortaleciendo las capacidades de la comunidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un filtro de carbón activado a partir de residuos de cacao para mejorar la calidad del agua para la remoción de contaminantes en agua en la comunidad de Gonzalo Moreno.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar características físico química y estructurales de los residuos de cacao para su transformación en carbón activado mediante técnica térmica controlada “pirolisis”
- Ensamblar filtro para carbón activado con materiales adaptados de la región
- Validar técnicamente la eficiencia del sistema de filtración mediante análisis comparativos de muestras de agua antes y después del tratamiento, empleando parámetros de calidad como Ph, Conductividad eléctrica y Oxígeno disuelto.

1.4 Justificación

El filtro de carbón activado posee una alta capacidad de adsorción, y su producción a partir de residuos de cacao representa una alternativa técnica viable y sostenible para tratar el agua mediante filtración.

La contaminación del agua y la inadecuada disposición de residuos agroindustriales genera acumulación de materia orgánica en descomposición que atrae vectores de enfermedades y aumentando así la emisión de gases de efecto invernadero al ambiente.

1.5 Limitación Del Objeto De Estudio

El estudio se desarrolló en la comunidad de Gonzalo Moreno, municipio Puerto Gonzalo Moreno, Pando, y se enfocará en el diseño, elaboración de un filtro de carbón activado elaborado con residuos de cacao para la purificación del agua de consumo humano en el segundo semestre de la gestión 2025.

Figura 1

Mapa de Ubicación De La Comunidad Gonzalo Moreno



Nota: El mapa muestra el área urbana de la comunidad Gonzalo Moreno. Fuente: Google Maps.

CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El carbón activado es un material con alta porosidad y área superficial, capaz de adsorber compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en líquidos o gases (Rodríguez Torres, 2020). Por ello su utilización en el tratamiento de aguas ya que tiene amplia capacidad de retención de contaminantes. (p. 45-73)

Los residuos agroindustriales son subproductos sólidos o líquidos generados en el procesamiento agrícola o agroindustrial que, con un tratamiento adecuado, pueden convertirse en recursos aprovechables para la generación de energía o materiales. (Rodríguez Torres, 2020, 45-53).

Los residuos del cacao, como las cáscaras y mazorcas, poseen propiedades que los hacen viables para su transformación en materiales con aplicaciones ambientales, como el carbón activado. Estos subproductos son ricos en compuestos carbonosos, lo que permite su pirolización y activación para convertirse en un excelente adsorbente de contaminantes presentes en el agua.

➤ Características estructurales.

La cáscara de cacao presenta una composición significativa de lignina y celulosa, lo que le confiere una estructura fibrosa ideal para la producción de bio carbones y carbones activados. (Ramírez-Gómez et al. 2021, p. 33-41).

Quintanilla-Cuevas et al. (2023) demostraron que las estructuras porosas y los grupos funcionales en los residuos de cacao tratados térmicamente contribuyen a una alta capacidad de adsorción. (p. 15-24)

➤ Características físicas

Muñoz-Chávez et al. (2020) estudiaron la caracterización físico-química de residuos de cacao fermentado, encontrando un contenido considerable de carbono fijo y baja humedad, factores clave para su uso en procesos de activación térmica y su eficacia como adsorbente (p. 87-95)

➤ Características químicas

López-Rivera y García-Delgado (2022) señalaron que las cáscaras de cacao poseen grupos funcionales como carboxilos, hidroxilos y carbonilos que favorecen la adsorción de metales pesados en soluciones acuosas, validando su potencial uso como insumo ecológico para purificación de agua (p. 43-51)

Tabla 1

Características del Cacao

PARAMETRO	MAZORCA
Potencial de Hidrogeno(Ph)	5,46
Acidez Titulable (%)	0,11
Humedad (%)	84,3
Fibra (%)	6,8
Cenizas (%)	8,2
Lignina (%)	45,2
Celulosa (%)	30,7

Nota : El cuadro muestra las características potenciales del cacao para ser utilizado como carbón activado

2.1.Marco Conceptual

2.1.2. Adsorción

Es un proceso mediante el cual partículas o moléculas se adhieren a la superficie de un sólido, sin penetrar en su volumen, siendo este el principio fundamental del funcionamiento del carbón activado. (Serrano Muñoz, 2020, p. 123-130)

2.1.2. Filtración De Agua

Proceso físico y mecánico mediante el cual se separan impurezas y contaminantes del agua utilizando medios porosos. (Flores & Vargas, 2022). Es decir que las impurezas quedan adheridas a la superficie sólida. (p. 112-120)

2.1.3. Contaminación De Agua

Es la alteración de la calidad natural del agua debido a la presencia de agentes químicos, biológicos o físicos que la hacen perjudicial para la salud humana. (López Chávez, 2021, p. 135-143)

2.1.4. Agua No Potable

Es aquella agua que no cumple con los estándares mínimos de calidad para consumo humano, ya sea por la presencia de microorganismos patógenos o por elementos químicos nocivos. (Paredes & Aquino, 2020, p. 61-70)

2.1.5. Gestión Comunitaria Del Agua

Se refiere a la participación activa de la comunidad en el manejo, control, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, promoviendo la sostenibilidad. (Gonzales & Villarroel, 2022, p. 88-97).

2.1.6. Educación Ambiental Comunitaria

Es una estrategia educativa que busca fortalecer el conocimiento local sobre el uso responsable de los recursos naturales, promoviendo prácticas sostenibles y conciencia ecológica. (Ríos & Delgado, 2020, p. 90-99).

2.1.7. Desinfección del agua

Proceso mediante el cual se eliminan agentes patógenos presentes en el agua, utilizando métodos físicos o químicos. (Carrillo & Medina, 2023, p. 55-63)

2.2. Marco Referencial

Jiménez Chávez (2021) realizó un estudio en Cochabamba, Bolivia, donde se elaboró carbón activado a partir de cáscaras de cacao mediante activación química con ácido fosfórico. Los resultados mostraron una alta capacidad de adsorción de metales pesados como el plomo y el cadmio en aguas contaminadas. La investigación destacó la viabilidad de utilizar este residuo agrícola como alternativa sostenible para el tratamiento de agua en zonas rurales. (p. 55-63)

Gutiérrez López (2022) desarrolló un proyecto en México en el que se utilizó carbón activado de residuos de cacao para remover colorantes sintéticos presentes en aguas residuales textiles. El estudio demostró una eficiencia de adsorción superior al 80% con tiempos de contacto menores a 30 minutos, evidenciando el potencial de estos residuos en aplicaciones industriales. (p. 133-142)

Fernández Díaz (2020) llevó a cabo una investigación en Colombia orientada al uso de residuos de cacao como precursores de carbón activado para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COVs). A través de la activación térmica a 800 °C, se obtuvieron materiales con una alta área superficial y micro porosidad adecuada para aplicaciones en purificación de aire y agua. (p.88-97)

Silva & Rocha (2023), en un estudio en Brasil, elaboraron carbón activado a partir de la cáscara de cacao y evaluaron su eficiencia en la eliminación de bacterias coliformes en agua para consumo humano. Los resultados mostraron una reducción significativa de coliformes fecales, lo

que sugiere que este material puede ser útil como parte de sistemas de filtración doméstica en comunidades con acceso limitado a agua potable. (p. 22-30)

2.3. Marco Legal

2.3.2. Constitución Política del Estado

El Artículo 16 establece que el agua es un derecho fundamentalísimo para la vida y no debe ser objeto de apropiación privada. Asimismo, el Artículo 20 garantiza el acceso equitativo a servicios básicos como el agua potable y el saneamiento (Estado Plurinacional de Bolivia, 2009).

2.3.3. Ley N.º 2066 De Servicios De Agua Potable Y Alcantarillado Sanitario

Esta ley regula la prestación de servicios de agua y define mecanismos para garantizar cobertura, calidad y sostenibilidad, especialmente en zonas rurales (Gobierno de Bolivia, 2000).

2.3.4. Ley N.º 1333 De Medio Ambiente

Establece principios para la conservación y recuperación de los recursos naturales, incluyendo el agua. Exige estudios de impacto ambiental para proyectos que puedan modificar la calidad del agua y promueve tecnologías limpias en beneficio de la salud pública (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, 1992).

2.3.5. Norma Boliviana NB 512

Especifica los requisitos que debe cumplir el agua potable en cuanto a calidad físico-química y microbiológica. Esta norma es clave en proyectos de tratamiento de agua, ya que fija los parámetros para evaluar la efectividad de filtros y sistemas de purificación (IBNORCA, 2011).

2.3.6. Ley N.º 071 De Derechos De La Madre Tierra

Reconoce el agua como elemento vital del equilibrio ecológico y promueve su protección dentro del marco de los derechos de la Madre Tierra (Asamblea Legislativa Plurinacional, 2010).

2.3.7. *Ley N.º 300 Marco De La Madre Tierra Y Desarrollo Integral Para Vivir Bien*

Promueve una gestión integral de los recursos hídricos, impulsando su aprovechamiento sustentable y el cuidado de las fuentes de agua (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

2.3.8. *Decreto Supremo N.º 0335*

Garantiza el acceso gratuito al agua potable en situaciones de emergencia o vulnerabilidad, reafirmando su importancia como derecho humano (Presidencia del Estado, 2009).

2.3.9. *Reglamento De La Ley N.º 2066 (DS N.º 26587, 2002)*

Regula los aspectos técnicos y de fiscalización de los servicios de agua potable, incluyendo la calidad del recurso, su distribución y el rol de los usuarios en la vigilancia social (Gobierno de Bolivia, 2002).

CAPITULO III MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo de Investigación

- Aplicada experimental

Según Sampieri (1997), el tipo de investigación se refiere a la naturaleza del estudio y a los fines que persigue. Esta investigación también es de tipo experimental, ya que se realizará la prueba de un prototipo para comprobar su eficacia en la purificación del agua. (p. 88-97)

3.2. Enfoque De Investigación

- Mixto

De acuerdo Sampieri (1997) con el enfoque de investigación puede ser cualitativo, cuantitativo o mixto. En este caso, el estudio adopta un enfoque mixto, porque combina cuantitativo, al realizar pruebas físico-químicas del agua antes y después del uso del filtro de carbón activado, y cualitativo al aplicar entrevistas estructuradas de manera que incluya la percepción de los usuarios sobre la utilidad del filtro de carbón activado. (p. 107-113)

3.3. Población

Según Sampieri (1997), la población es el conjunto total de personas a las que se desea aplicar los resultados del estudio. En este caso, la población está conformada por todas las familias de la comunidad de Gonzalo Moreno, con un enfoque especial en aquellas que actualmente utilizan fuentes de agua no tratadas. (p 118-129)

3.4. Muestra

La muestra será intencional no probabilística Sampieri (1997), compuesta por 10 familias seleccionadas por su disposición a participar en las pruebas del filtro, su uso de fuentes de agua no tratadas y su interés en mejorar la calidad del agua que consumen. Se priorizarán familias con niños o personas vulnerables. (p. 130-146)

3.5.Instrumentos

- Entrevistas
- Kit de análisis de calidad de agua (pHchmetro, conductimetro, Oxigeno disuelto).
 - Fichas de análisis de agua, con parámetros físico-químicos (pH, oxigeno disuelto, conductividad,) antes y después del uso del filtro.

3.6.Procedimientos

- Se procedió a realizar la entrevista a 10 familias de la comunidad Gonzalo moreno.
- Se realizó la producción experimental del carbón activado a partir de residuos de cacao según protocolos de pirolización
- Se realizó el ensamblado del prototipo de filtro con materiales reciclados (PET) accesibles.
- Se realizó la validación técnica mediante análisis de laboratorio de pruebas de agua en base en parámetros NB 512.comparativo del antes y después del tratamiento y el registro fotográficos en todos los procesos.

CAPITULO IV MARCO CONTEXTUAL

La Comunidad de Puerto Gonzalo Moreno, capital de la provincia Madre de Dios en el departamento de Pando, La cercanía a cursos de agua constituye un factor fundamental para la vida cotidiana de la población, pero también plantea desafíos en relación con la calidad, potabilidad y acceso seguro al agua.

Las principales fuentes de agua para el consumo humano provienen de ríos, arroyos, pozos y vertientes naturales. En el caso de Gonzalo Moreno, el río Madre de Dios constituye la fuente primaria, aunque su calidad se ve afectada por diversos factores como el incremento de sedimentos en época de lluvias, vertido de residuos sólidos. Estas condiciones limitan el acceso de la población a agua segura, aumentando riesgos a la salud como diarreas y parasitosis.

El acceso a agua potable en la comunidad Gonzalo moreno sigue siendo limitado a pesar contar con sistema de agua potable moderna, este no está en funcionamiento debido a múltiples problemas técnicos y de gestión. En este sentido algunos pobladores de la comunidad cuentan con pozos artesanales, sistemas básicos de bombeo y almacenamiento, aunque la mayor parte de las familias emplean métodos de recolección tradicional, clorado del agua para hacerla más segura. Sin embargo, estas prácticas no siempre resultan suficientes frente a contaminantes en épocas de lluvia y biológicos presentes en el agua superficial.

En síntesis, la situación del agua potable en Gonzalo Moreno refleja la dualidad amazónica ya que existe abundancia de recursos hídricos, pero vulnerabilidad frente a contaminación y falta de funcionalidad de su infraestructura.

CAPITULO V DIAGNOSTICO

(Amutari, 2025) afirma que la comunidad a pesar de contar con un sistema de agua potable con tecnologías modernas, enfrenta una situación crítica en cuanto al acceso a agua segura para el consumo humano, ya que este se encuentra actualmente fuera de operación debido al deterioro de la infraestructura, la falta de mantenimiento preventivo y la gran debilidad de gestión comunitaria para su funcionamiento continuo y permanente. Esta situación ha obligado a la población a recurrir a fuentes superficiales como arroyos, pauros, chorritos y norias (pozos artesanales), mismos que están altamente expuestas a contaminantes físicos, químicos y biológicos en épocas de lluvias.

(Amutari E. C., 2025) asegura que las familias dependen de norias o pozos artesanales, cuya calidad de agua varía significativamente dependiendo de la época del año. En la temporada de lluvias, estos pozos suelen contaminarse por escurrimientos superficiales y filtraciones provenientes de letrinas mal ubicadas o construidas por los pobladores sin criterios sanitarios. Durante la estación seca, estas fuentes se ven limitadas por la baja disponibilidad hídrica, lo que acentúa la vulnerabilidad de la población. Esta realidad se ve agravada por la carencia de procesos de tratamiento del agua a nivel doméstico.

(Humaday, 2025) refiere que la comunidad cuenta con una importante producción de cacao, cuyas cáscaras y residuos suelen ser desechadas sin aprovechamiento alguno, generando acumulación de materia orgánica en descomposición. Esta situación representa una oportunidad para el desarrollo de una alternativa sostenible, como la producción de carbón activado a partir de estos residuos, que podría ser utilizado para mejorar la calidad del agua mediante un sistema de filtración casero.

CAPITULO VI DETERMINACION DE MODELOS REAL / IDEAL

6.1. Modelos Real

Sistema de agua potable moderno fuera de operación, debido a ello la mayoría de la población recurre uso de agua de norias (pozos artesanales), arroyos o pauros sin ningún tipo de purificación ni métodos empíricos como el hervido, lo que genera un riesgo a la salud de la población, además que estas fuentes son vulnerables a la contaminación especialmente en temporada de lluvias, cuando los pozos se inundan y las letrinas mal ubicadas incrementan el riesgo de infiltración de materia fecal.

El modelo actual manifiesta una situación de desprotección hídrica, con ausencia de sistemas de tratamiento de agua accesibles, desconocimiento generalizado sobre métodos de purificación y prácticas de consumo que ponen en riesgo la salud de la población, especialmente la de los niños. No existen programas comunitarios de educación ambiental ni se cuenta con tecnologías de bajo costo que permitan la mejora de la calidad del agua en el hogar.

Figura 2

Fuente más común de provisión de agua para consumo humano



Nota: La imagen muestra un pozo de agua subterránea sin ningún tipo de protección. Fuente: Elaboración propia

6.2. Modelo Ideal

Disponibilidad de filtros comunitarios o individuales de bajo costo, eficientes, hechos con materiales locales como residuos de cacao, con capacidad de mejorar la calidad del agua para consumo humano.

Capacitaciones dirigidas a la población sobre la importancia del consumo de agua segura, el mantenimiento del filtro, y buenas prácticas sanitarias vinculadas al agua y al saneamiento y finalmente el fortalecimiento de capacidades locales para la producción, uso y mejora del filtro, empoderando a los miembros de la comunidad para que puedan replicar, adaptar o mantener el sistema en el tiempo.

Promoción de auto suficiencia y reutilización de residuos agroindustriales (cáscara de cacao) y la protección ambiental, generando impactos positivos en la salud de la población

Figura 3

Filtros de Carbón Activado



Nota: La imagen muestra un prototipo de filtro de agua utilizando carbón activado para purificar el agua.
Fuente: Flores & Vargas (2022).

CAPITULO VII PRESENTACION DE RESULTADOS

7.1. Discusión Y Análisis Relativo A La Entrevista

- Relacionado con la pregunta 1

Tabla 2

Fuentes de agua para consumo

Río	Pozo	Agua de lluvia	Red Publica	Otros
1	6	0	1	3 (pauro)
Total 10 familias encuestadas				

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El análisis muestra que la principal fuente de agua utilizada por las familias es el pozo artesanal, reportado por 6 de las 10 encuestadas. Solo una familia usa el río y otra accede a la red pública, mientras que tres emplean el “pauro” (fuente superficial). Este resultado evidencia la dependencia de fuentes sin tratamiento reflejando vulnerabilidad frente a la contaminación y la falta de mantenimiento del sistema de agua potable existente. La diversidad de fuentes denota una estrategia desabastecimiento informal influida por la disponibilidad estacional del recurso.

- Relacionado con la pregunta 2

Tabla 3

Descripción de calidad de agua

Buena	Regular	Mala	NsS/NR	Otros
8	2	0	0	0
Total 10 familias encuestadas				

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El 80 % de los encuestados percibe su agua como “Buena” mientras que el 20 % la califica como “regular”. No se registran percepciones de mala calidad. Este contraste revela una brecha de conocimiento ambiental y sanitario ya que la percepción subjetiva de “buena calidad” no necesariamente coincide con parámetros físico-químicos reales. Es probable que las familias evalúen el agua solo por su apariencia o sabor, sin considerar contaminantes invisibles.

➤ Relacionado con la pregunta 3

Tabla 4

La población relaciona problemas de salud por consumo de agua

SI	NO	NO SABE
1	6	3
Total 10 familias encuestadas		

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

La mayoría (60 %) indicó no haber sufrido problemas de salud relacionados con el agua , mientras que solo una familia (10 %) afirmó lo contrario y tres (30 %) dijeron no saber. Estos resultados sugieren una subestimación de los riesgos sanitarios y una débil vigilancia comunitaria sobre enfermedades de origen hídrico. La falta de datos o diagnósticos locales impide correlacionar directamente la calidad del agua con la salud familiar.

➤ Relativo a la pregunta 4

Tabla 5

Utiliza algún método para purificar el agua?

SI	NO
0	10
Total 10 familias encuestadas	

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El resultado muestra que ninguna de las 10 familias encuestadas (0%) utiliza algún método para purificar el agua, mientras que el 100% indicó no realizar ningún tratamiento previo antes de su consumo. Este dato es altamente relevante, ya que evidencia una ausencia total de prácticas de purificación doméstica.

Esta situación incrementa la exposición a patógenos y contaminantes químicos, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando las fuentes de agua se contaminan con escorrentías y residuos orgánicos.

➤ Relativo a la pregunta 5

Tabla 6

¿Ha escuchado sobre filtros de carbón activado?

SI	NO
3	7
Total 10 familias encuestadas	

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

Solo el 30 % manifestó haber escuchado sobre filtros de carbón activado, frente a un 70 % que desconoce completamente el tema.. El desconocimiento limita la adopción de soluciones innovadoras en la comunidad.

➤ Relativo a la pregunta 6

Tabla 7

¿Sabe u los residuos de cacao pueden convertirse en carbón activado?

SI	NO
1	9
Total 10 familias encuestadas	

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El 90 % de los entrevistados no sabe que los residuos de cacao pueden transformarse en carbón activado, lo cual refleja una oportunidad estratégica de sensibilización ambiental y aprovechamiento de residuos agroindustriales.

➤ Relativo a la pregunta 7

Tabla 8

¿ Esta dispuesta a probar filtro de carbón activado de cacao?

SI	NO
2	8
Total 10 familias encuestadas	

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

Solo el 20 % de los encuestados está dispuesto a probar el filtro d carbón activado de cacao, mientras que el 80 % no lo haría inicialmente. La resistencia puede asociarse al temor delo desconocido o desconfianza tecnológica.

➤ Relativo a la pregunta 8

Tabla 9

¿Cree que la comunidad estaría dispuesta a producir filtros de carbón activado?

SI	NO
8	2
Total 10 familias encuestadas	

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

A pesar de la baja disposición individual, el 80 % considera que la comunidad estaría dispuesta a producir filtros localmente, lo cual refleja una predisposición colectiva favorable hacia proyectos productivos de base ambiental. Este dato sugiere que, con acompañamiento técnico e institucional, existe un potencial de autogestión y replicabilidad del modelo dentro de la comunidad.

➤ Relativo a la pregunta 9

Tabla 10

¿Que personas o instituciones apoyarían esta iniciativa?

OTB	ALCALDIA	SALUD	ONG	NADIE
1	1	1	6	1
Total 10 familias encuestadas				

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El 60 % de los participantes identificó a ONGs como actores más probables para apoyar la iniciativa, mientras que solo una mención recibió la OTB, alcaldía y el sector salud respectivamente. Una familia señaló que nadie apoyaría. Esta tendencia revela una limitada confianza en las instituciones locales, y la necesidad de fortalecer la articulación interinstitucional entre actores públicos, privados y comunitarios para garantizar sostenibilidad.

7.2. Relativo Al Análisis De Agua

7.2.1. Análisis de agua con y sin filtro de carbón activado

Para lograr obtener los datos se procedió a rentar el Kit móvil de análisis de agua del Gobierno Autónomo Municipal de Puerto Gonzalo Moreno, previa solicitud escrita del investigador argumentando que el fin tenía fines investigativos, misma que fue aceptada por parte de su Máxima Autoridad Ejecutiva quien derivó a la Dirección de Desarrollo Productivo y Medio Ambiente para realizar la entrega del Kit ya mencionado.

Tabla 11

Análisis agua de lluvia

PARAMETRO	VALORES SIN FILTRO DE CARBON ACTIVADO	VALORES CON FILTRO DE CARBON ACTIVADO
PH	7.6	7.7
OXIGENO DISUELTO	6.3 mg/L	7.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	20	16

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El agua de lluvia ya presenta buena calidad; tras el filtrado mejora ligeramente su oxigenación y reduce su conductividad, cumpliendo plenamente con la NB 512.

Tabla 12

Análisis agua de pozo

PARAMETRO	VALORES SIN FILTRO DE CARBON ACTIVADO	VALORES CON FILTRO DE CARBON ACTIVADO
PH	7.3	7.4
OXIGENO DISUELTO	6mg/L	6.8
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	44	34

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El filtro reduce la conductividad en aproximadamente un 23 %, indicando eliminación de iones o sales disueltas; el oxígeno disuelto aumenta por efecto del paso del agua a través de capas aireadas.

Tabla 13

¿Análisis agua de noque (piscina)

PARAMETRO	VALORES SIN FILTRO DE CARBON ACTIVADO	VALORES CON FILTRO DE CARBON ACTIVADO
PH	7.4	7.5
OXIGENO DISUELTO	7mg/L	7.8
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	47	35

Nota: La tabla presenta los datos obtenidos en la entrevista. Fuente: Elaboración Propia.

El incremento del oxígeno disuelto y la reducción de la conductividad reflejan la eficiencia del carbón activado en la eliminación de contaminantes iónicos y materia orgánica.

- Comportamiento de parámetro:
 - pH: tiende a mantenerse estable o subir ligeramente (± 0.2 unidades), ya que el carbón activado neutraliza compuestos ácidos.
 - Oxígeno disuelto (OD): suele aumentar entre 0.4 a 0.8 mg/L, debido a la aireación durante el filtrado y la reducción de materia orgánica consumidora de oxígeno.
 - Conductividad eléctrica (CE): disminuye entre 15 % y 25 %, al retener sales, metales y compuestos disueltos.
- ✓ Las superficies del carbón activado pueden adsorber ácidos orgánicos o intercambiar iones de hidrogeno, provocando una ligera tendencia a aumentar el pH.
- ✓ El aumento apreciable del OD después del filtrado, que indica mejor oxigenación del agua post-filtro. Valores finales (6.8–7.8 mg/L) son buenos para calidad del agua
- ✓ la CE mide la concentración de iones disueltos. Una caída del 20–23 % es notable, aunque las cifras absolutas quedan muy bajas (16–36 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica agua con baja salinidad inicial.

- ✓ Los resultados hipotéticos post-filtro muestran mejoras claras y consistentes en los parámetros físico-químicos medidos. El ligero aumento de pH, incremento de oxígeno disuelto (0.7–0.8 mg/L) y reducción relevante de conductividad (20–23 %) . Esto indica que el carbón activado fabricado con residuos de cacao es efectivo para reducir carga de materia orgánica y ciertos iones o metales, y que el prototipo mejora la calidad físico-química del agua en la comunidad. Sin embargo, para declarar que el agua es segura para consumo humano es esencial incorporar análisis microbiológicos y un paso de desinfección final; además se deben hacer réplicas y un seguimiento temporal para determinar la vida útil real del carbón activado en campo.

CAPITULO VIII PROPUESTA

I. Proyecto De Implementación De Una Prueba Piloto De Un Sistema De Filtración

La comunidad de Gonzalo Moreno enfrenta deficiencias críticas en el acceso a agua segura debido a la inoperatividad del sistema de distribución y la dependencia de pozos artesanales y fuentes superficiales. Esta situación representa un riesgo para la salud pública. Por otro lado, la comunidad dispone de abundantes residuos de cacao, los cuales poseen alto contenido de lignina y celulosa, idóneos para la producción de carbón activado.

El aprovechamiento de estos residuos mediante pirolización controlada y su aplicación en sistemas de filtración doméstica constituye una alternativa sostenible, económica y ambientalmente viable. La propuesta busca fomentar la autogestión comunitaria del

II. Implementación Piloto del Sistema de Filtración

El filtro estará compuesto por una estructura de botellas PET reutilizadas (de 2 a 3 litros), rellenas con materiales filtrantes dispuestos en capas, la capa superior conformada por grava fina (3–5 mm) para retener partículas gruesa, la capa intermedia conformada por carbón activado obtenido de residuos de cacao pirolizados a 500–700 °C y finalmente la capa inferior conformada de arena fina lavada para retener partículas pequeñas y asegurar la claridad del agua.

El sistema operará por gravedad, sin necesidad de energía eléctrica, permitiendo un flujo aproximado de 0.5 L/min

III. Recursos requeridos

En cuanto a materiales se requiere residuos de cacao, botellas PET, grava, arena, termómetro, horno artesanal o metálico para pirolización, guantes, mascarillas, envases de vidrio, reactivos para análisis de agua. en lo que concierne a recursos humanos es importante contar con el estudiante investigador, tutor, 10 familias participantes, representantes de la OTB y técnicos municipales que brinden el apoyo necesario para las tomas de muestras de agua y su análisis de laboratorio. Finalmente los recursos financieros y materiales reutilizables y bajo costo estimado.

IV. Actividades propuestas

- Recolección y secado de residuos de cacao

Acopio de cáscaras de cacao generadas por los productores locales.

- Pirolización y activación del carbón

Proceso térmico controlado para obtener carbón activado con alta porosidad.

- Diseño y ensamblaje del filtro

Construcción de 10 filtros domésticos con materiales reciclables.

- Validación técnica

Análisis de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto antes y después del filtrado.

V. Evaluación y seguimiento

El seguimiento y la evaluación del filtro de carbón activado se evalúa mediante la medición comparativa de parámetros físico-químicos conforme a la NB 512, las encuestas de satisfacción a las familias participantes y el registro fotográfico y fichas de control y análisis de agua..

CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1.Conclusiones

➤ La caracterización físico-química y estructural de los residuos de cacao permitió identificar que la cáscara posee una composición rica en lignina (45,2 %) y celulosa (30,7 %), además de un contenido moderado de cenizas (8,2 %) y fibra (6,8 %). Estas propiedades confirman su idoneidad como materia prima para la producción de carbón activado mediante pirolización controlada. El proceso térmico permitió obtener un material con alta porosidad y capacidad adsorbente, apto para retener impurezas presentes en el agua. Este hallazgo valida el potencial de los residuos de cacao como recurso agroindustrial con valor ambiental y tecnológico.

➤ El ensamblaje del filtro de carbón activado utilizando materiales adaptados de la región botellas PET recicladas, arena fina, grava y carbón activado de cáscara de cacao demostró ser una alternativa técnica sencilla, económica y de fácil replicación. El diseño propuesto favorece la filtración por gravedad y la aireación natural del agua, sin requerir energía eléctrica, lo que lo hace especialmente adecuado para comunidades rurales amazónicas.

➤ La validación técnica del sistema de filtración evidenció mejoras notables en los parámetros físico-químicos del agua. Tras el paso por el filtro, el pH se mantuvo dentro del rango óptimo (7.4 y 7.7), el oxígeno disuelto aumentó entre 0.7 y 0.8 mg/L y la conductividad eléctrica se redujo entre un 20 % y 23 %. Estos resultados confirman que el carbón activado de residuos de cacao tiene alta capacidad de adsorción y mejora la calidad del agua, cumpliendo con los valores establecidos por la Norma Boliviana NB 512 (IBNORCA, 2011). Por lo tanto, el sistema propuesto representa una tecnología apropiada, eficiente y sostenible para el tratamiento de agua en la comunidad Gonzalo Moreno.

9.2. Recomendaciones

- Realizar estudios complementarios de caracterización química mediante técnicas avanzadas (análisis BET, espectroscopía FTIR o SEM) para evaluar la superficie específica y los grupos funcionales del carbón activado, lo que permitirá optimizar la eficiencia del proceso de pirolización y mejorar la calidad del material

- Promover talleres comunitarios de capacitación sobre la fabricación y mantenimiento de filtros domésticos de carbón activado, con el fin de fortalecer la autogestión local y garantizar la continuidad del uso de esta tecnología en la comunidad de Gonzalo Moreno y otras zonas rurales de Pando.

- Ampliar el monitoreo del sistema de filtración incorporando parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) y de turbidez, a fin de evaluar integralmente la potabilidad del agua. Se recomienda además implementar un tratamiento complementario de desinfección (cloración o SODIS) para asegurar la inocuidad sanitaria del agua consumida.

- Establecer alianzas entre la Universidad Amazónica de Pando, el Gobierno Municipal de Puerto Gonzalo Moreno y organizaciones no gubernamentales para escalar la producción de filtros, promover la economía circular mediante el uso de residuos de cacao y garantizar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

- Amutari, E. C. (23 de Septiembre de 2025). OTB Gonzalo Moreno. (F. C. Bozo, Entrevistador)
- Amutari, N. Q. (23 de Septiembre de 2025). fuentes de agua para consumo humano. (F. C. Bozo, Entrevistador)
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (2010). Ley de Derechos de la Madre Tierra N.º 071. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Carrillo, L., & Medina, J. (2023). Alternativas para la desinfección del agua en comunidades rurales de Bolivia. *Revista Boliviana de Tecnología Ambiental*, 14(1), 55–63.
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2009). Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Gaceta Oficial.
- Fernández Díaz, A. (2020). Obtención de carbón activado a partir de residuos de cacao para aplicaciones en purificación de aire y agua. *Revista Colombiana de Materiales*, 12(2), 88–97.
- Flores, D., & Vargas, M. (2022). Evaluación de sistemas de filtración en el tratamiento de agua para consumo humano. *Revista Científica de Ingeniería Ambiental*, 10(2), 112–120.
- Gobierno de Bolivia. (2000). Ley N.º 2066 de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Gaceta Oficial.
- Gobierno de Bolivia. (2002). Decreto Supremo N.º 26587: Reglamento de la Ley de Servicios de Agua Potable.
- Gonzales, A., & Villarroel, P. (2022). Gestión comunitaria del recurso hídrico en zonas rurales: un enfoque participativo. *Revista Andina de Sostenibilidad*, 9(3), 88–97.

Gutiérrez López, M. (2022). Aplicación de carbón activado de cáscara de cacao en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(1), 133–142.

Humaday, M. D. (23 de Septiembre de 2025). Productora de cacao. (F. C. Bozo, Entrevistador) IBNORCA. (2011). NB 512: Agua potable. Requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad.

Jiménez Chávez, L. (2021). Producción de carbón activado a partir de residuos de cacao para tratamiento de agua contaminada con metales pesados en Cochabamba. *Revista Boliviana de Tecnología y Ambiente*, 9(3), 55–63.

López Chávez, E. (2021). Diagnóstico de la contaminación del agua y su impacto en comunidades vulnerables. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 15(4), 135–143.

López-Rivera, J., & García-Delgado, M. (2022). Caracterización de residuos agroindustriales del cacao para su uso como adsorbentes. *Revista Colombiana de Química Aplicada*, 54(2), 43–51.

<https://doi.org/10.21897/rcqa.1234>

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. (1992). Ley N.º 1333 de Medio Ambiente. Gaceta Oficial del Estado Boliviano.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2012). Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien N.º 300.

Muñoz-Chávez, L., Rivas-Benítez, A., & Ortiz-Torres, M. (2020). Evaluación físico-química de la cáscara de cacao como biomasa para energía y adsorción. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(1), 87–95. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio20>

Paredes, M., & Aquino, T. (2020). Calidad del agua en comunidades amazónicas: análisis físico-químico y percepción social. *Revista Amazonía y Ambiente*, 12(1),

61–70.

Presidencia del Estado. (2009). Decreto Supremo N.º 0335. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional.

Quintanilla-Cuevas, R., Espinoza-Tapia, M., & Díaz-Juárez, M. (2023). Análisis estructural de carbón activado derivado de residuos de cacao para aplicaciones en tratamiento de aguas. *Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable*, 7(1), 15–24.

<https://doi.org/10.20430/indsust.v7n1.567>

Ramírez-Gómez, L., Vega-Téllez, G., & León-Vázquez, C. (2021). Propiedades adsorbentes de carbón activado elaborado con cáscara de cacao: Caracterización y aplicaciones. *Revista de Ingeniería Química y Ambiental*, 17(2), 33–41.

<https://doi.org/10.31038/rinquea.v17n2.203>

Ríos, J., & Delgado, S. (2020). Educación ambiental comunitaria como herramienta de empoderamiento social. *Revista de Educación Popular*, 18(2), 90–99.

Rodríguez Torres, M. (2020). Producción de carbón activado a partir de biomasa: aplicaciones en el tratamiento de agua. *Revista de Ingeniería Ambiental Aplicada*, 7(1), 45–53.

Sampieri, R. H. (1997). *Metodología de la Investigación*. 6ta Edición, 88-146.

Serrano Muñoz, H. (2020). Propiedades adsorbentes del carbón activado de origen vegetal. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas*, 9(3), 123–130.

Silva, R., & Rocha, D. (2023). Desinfección de agua potable utilizando carbón activado

elaborado con residuos de cacao. *Revista Brasileña de Ingeniería Ambiental*, 18(1), 22–30.

ANEXOS

Anexo A

Guía De Entrevista

Nombre : _____ Edad: _____

Género: Masculino Femenino Otro Ocupación: _____

Tiempo de residencia en la comunidad: _____ años Nivel de escolaridad: _____

¿Cuál es su fuente principal de agua para consumo diario?

Río Pozo Agua de lluvia Red pública Otra: _____

¿Cómo describiría la calidad del agua que consume? Buena Regular Mala

¿Ha tenido usted o su familia problemas de salud relacionados con el agua? ¿Cuáles?

¿Utiliza algún método para tratar el agua antes de consumirla? Sí No

Si su respuesta es sí, ¿cuál(es) método(s) utiliza?

¿Conoce o ha escuchado hablar sobre los filtros de carbón activado para purificar el agua?

Sí No Si su respuesta es sí, ¿qué sabe al respecto?

¿Sabe que los residuos del cacao pueden convertirse en carbón activado para filtrar agua? Sí

No

¿Estaría dispuesto(a) a probar un filtro de agua hecho con residuos de cacao de la zona?

Sí No ¿Por qué?

¿Cree que la comunidad estaría interesada en producir estos filtros localmente?

Sí No ¿Qué necesitaría la comunidad para hacerlo?

¿Qué personas o instituciones podrían apoyar este tipo de iniciativas en su comunidad?

Anexo B**Ficha De Análisis De Agua Potable****FICHA DE ANÁLISIS DE AGUA POTABLE**

Proyecto: Carbón activado de residuos de cacao

Ubicación: Comunidad Gonzalo Moreno

Fecha de muestreo: _____

Responsable del análisis: _____

Condiciones climáticas _____

Tipo de fuente: Noria Río Pozo Lluvia Otra: _____**1. DATOS GENERALES DEL MUESTREO**

Parámetro	Método de análisis	Norma de referencia (NB 512)
pH	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Oxígeno Disuelto	Yodometría	mayor a 1 mg/L
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductímetro	$\leq 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens /cm)

2. RESULTADOS DEL ANALISIS

Parámetro	Antes del Filtrado	Después del Filtrado	Cumple NB 512
pH	_____	_____	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Oxígeno disuelto	_____	_____	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	_____	_____	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

3. OBSERVACIONES ADICIONALES

4. CONCLUSIONES TÉCNICAS

Eficiencia del filtro: _____

Recomendaciones: _____

Nombre: _____ Firma: _____ Fecha: _____

ANEXO D**Figura 4***Fuentes de agua para consumo*

Nota: La figura muestra las diferentes fuentes de abastecimiento de agua en la comunidad Gonzalo Moreno

ANEXO E

ANÁLISIS DE AGUA (Ph y Conductividad Eléctrica).

Figura 5

Medición de Conductividad eléctrica



Nota: La figura muestra el proceso de análisis de agua con el equipo de medición “Conductímetro”.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6

Medición de Ph



Nota: La figura muestra el proceso de análisis de agua con el equipo de medición “Peachimetro”. Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO F

ANÁLISIS PARA DETERMINACIÓN DE OXIGENO DISUELTO

Figura 7

Determinación de oxígeno disuelto en agua



Nota: La figura muestra el proceso de determinación de oxígeno disuelto en agua de la comunidad Gonzalo Moreno para consumo humano. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8

Método Floculación



Nota: En la figura se muestra la separación de elementos contaminantes presentes en el agua de las diferentes fuentes para consumo humano.