

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



“BIOSORCIÓN CON EL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y HONGO *Penicillium janthinellum* PARA LA RECUPERACIÓN DE LA ARCILLA RESIDUAL GENERADO EN EL PROCESO DE BLANQUEO DEL ACEITE COMESTIBLE”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

Lic. Janet
Mamani Ramos

AUTOR:

BACH. SHARON DARIA CARBAJAL ORDOÑEZ

ASESOR:

LIC. JANET MAMANI RAMOS

Callao, 2022

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente trabajo de Investigación fue Expuesto por la señorita Bachiller Sharon Daria Carbajal Ordoñez ante el Jurado de Exposición del Informe Final de Investigación conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

- | | |
|--|------------|
| ➤ Ms.C. Carmen Elizabeth Barreto Pio | Presidente |
| ➤ Ing. Abner Josué Vigo Roldán | Secretario |
| ➤ Blgo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina | Vocal |
| ➤ Ing. Nancy Elizabeth Cáceres Mayorga | Suplente |
| ➤ Lic. Janet Mamani Ramos | Asesora |

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 01 Folio N° 36 y Acta N° 02-22-JST de fecha 27 de mayo del 2022, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales en la Modalidad de titulación por Informe Final de Trabajo de Investigación, de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 245-2018-CU, de fecha de 30 de Octubre de 2018.

DEDICATORIA

A mis padres y hermano por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por nunca haber permitido rendirme. Asimismo, a mis abuelos que desde el cielo guían siempre mi camino, a mi madre Daria Ordoñez por su empuje a siempre superarme, a mi padre Melitón Carbajal por su apoyo incondicional y a mi hermano Andre Carbajal por enseñarme día a día el ejemplo de superación, y a toda mi familia que comparten conmigo este gran logro.

Hago también un agradecimiento especial al Ing. Luis Mendoza y la Profesora Janet Mamani por su confianza y orientación para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Sharon Daria Carbajal Ordoñez.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA _____ | 6 |
| AGRADECIMIENTO _____ | 7 |
| RESUMEN _____ | 15 |
| ABSTRACT _____ | 16 |
| INTRODUCCIÓN _____ | 17 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____ | iii |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática _____ | 18 |
| 1.2. Formulación del problema _____ | 19 |
| 1.2.1 General _____ | 19 |
| 1.2.2 Específicos _____ | 19 |
| 1.3. Objetivos _____ | 20 |
| 1.3.1 General _____ | 20 |
| 1.3.2 Específicos _____ | 20 |
| 1.4. Limitantes de la investigación _____ | 20 |
| II. MARCO TEÓRICO _____ | 22 |
| 2.1. Antecedentes _____ | 22 |
| 2.2. Bases Teóricas _____ | 27 |
| 2.2.1. Aceites Vegetales Comestibles _____ | 27 |
| 2.2.2. Arcillas de blanqueo _____ | 32 |
| 2.3. Conceptual _____ | 39 |
| 2.3.1. Proceso de blanqueo del aceite comestible _____ | 39 |
| 2.3.2. Hongo <i>Penicillium janthinellum</i> _____ | 40 |
| 2.3.3. Bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> “Caña de Azúcar” _____ | 42 |
| 2.3.4. Recuperación de la arcilla residual _____ | 45 |
| 2.4. Definiciones de Términos Básicos: _____ | 46 |

| | |
|--|----|
| III. HIPÓTESIS Y VARIABLES _____ | 50 |
| 3.1. Hipótesis _____ | 50 |
| 3.1.1. General _____ | 50 |
| 3.1.2. Específicas _____ | 50 |
| 3.2. Definición conceptual de variables _____ | 50 |
| 3.2.1. Variable Independiente _____ | 50 |
| 3.2.2. Variable Dependiente _____ | 51 |
| 3.3. Operacionalización de variable _____ | 52 |
| IV. DISEÑO METODOLÓGICO _____ | 54 |
| 4.1. Tipo y diseño de investigación _____ | 54 |
| 4.1.1. Tipo de Investigación _____ | 54 |
| 4.1.2. Diseño de Investigación _____ | 54 |
| 4.2. Método de Investigación _____ | 54 |
| 4.3. Población y muestra _____ | 54 |
| 4.3.1. Población _____ | 54 |
| 4.3.2. Muestra _____ | 54 |
| 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado _____ | 55 |
| 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información _____ | 56 |
| 4.5.1. Técnicas Analíticas _____ | 56 |
| 4.5.2. Instrumentos de recolección de datos _____ | 56 |
| 4.5.3. Equipos _____ | 57 |
| 4.5.4. Materiales _____ | 57 |
| 4.5.5. Reactivos _____ | 58 |
| 4.6. Metodología de la Investigación _____ | 58 |
| 4.7. Análisis y Procesamiento de datos _____ | 69 |
| V. RESULTADOS _____ | 70 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS _____ | 88 |
| CONCLUSIONES _____ | 93 |
| RECOMENDACIONES _____ | 95 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1 <i>PROPIEDADES QUÍMICAS DE LAS SEMILLAS</i> | 28 |
| TABLA 2 <i>ÁCIDOS GRASOS SATURADOS</i> | 30 |
| TABLA 3 <i>ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS</i> | 31 |
| TABLA 4 <i>TAXONOMÍA DEL HONGO PENICILLIUM JANTHINELLUM</i> | 42 |
| TABLA 5 <i>COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA DEL BAGAZO</i> | 43 |
| TABLA 6 <i>PROPIEDADES QUÍMICAS DEL BAGAZO</i> | 44 |
| TABLA 7 <i>VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE</i> | 52 |
| TABLA 8 <i>TÉCNICAS ANALÍTICAS DE PARÁMETROS DE CALIDAD</i> | 56 |
| TABLA 9 <i>EQUIPOS DE LABORATORIO</i> | 57 |
| TABLA 10 <i>RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN LA ARCILLA</i> .. | 70 |
| TABLA 11 <i>RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA ARCILLA</i> | 70 |
| TABLA 12 <i>RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ARCILLA</i> | 71 |
| TABLA 13 <i>RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ARCILLA</i> | 72 |
| TABLA 14 - <i>RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DEL HONGO PENICILLIUM JANTHINELLUM</i> | 73 |
| TABLA 15 <i>PRIMER TRATAMIENTO 15 DÍAS – CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS</i> | 74 |
| TABLA 16 <i>PRIMER TRATAMIENTO 15 DÍAS - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO</i> | 74 |
| TABLA 17 <i>PRIMER TRATAMIENTO 15 DÍAS - ACEITES Y GRASAS, Y NO³⁻, CO, MO</i> | 75 |
| TABLA 18 <i>SEGUNDO TRATAMIENTO 30 DÍAS – CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICOS</i> | 76 |

| | |
|---|----|
| TABLA 19 SEGUNDO TRATAMIENTO 30 DÍAS - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO | 76 |
| TABLA 20 SEGUNDO TRATAMIENTO 30 DÍAS - ACEITES Y GRASAS, Y NO ³⁻ , CO, MO..... | 77 |
| TABLA 21 TERCER TRATAMIENTO 45 DÍAS – CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICOS..... | 77 |
| TABLA 22 TERCER TRATAMIENTO 45 DÍAS - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO | 78 |
| TABLA 23 TERCER TRATAMIENTO 45 DÍAS - ACEITES Y GRASAS, Y NO ³⁻ , CO, MO..... | 78 |
| TABLA 24 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.... | 79 |
| TABLA 25 PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DEL DÍA 0 AL DÍA 45..... | 81 |
| TABLA 26 PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PARÁMETRO PH..... | 82 |
| TABLA 27 PRUEBA DE PEARSON PARA EL PARÁMETRO PH..... | 83 |
| TABLA 28 PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PARÁMETRO DE ACEITES Y GRASAS. | 84 |
| TABLA 29 PRUEBA DE SPEARMAN PARA ACEITES Y GRASAS..... | 85 |
| TABLA 30 ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS TRATAMIENTOS 1, 2 Y 3. | 86 |
| TABLA 31 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA - ANOVA. | 86 |
| TABLA 32 PRUEBA DE TUKEY PARA LOS DATOS DE LOS TRATAMIENTOS 1, 2 Y 3..... | 87 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - UBICACIÓN DE LA EMPRESA ALICOSRP S.A.A..... | 55 |
| FIGURA 2 - MUESTRA DE LA ARCILLA RESIDUAL..... | 55 |
| FIGURA 3 - TRATAMIENTO EXPERIMENTAL..... | 65 |
| FIGURA 4 - PRIMER TRATAMIENTO POR 15 DÍAS..... | 66 |
| FIGURA 5 - SEGUNDO TRATAMIENTO POR 30 DÍAS | 67 |
| FIGURA 6 - TERCER TRATAMIENTO POR 45 DÍAS | 68 |
| FIGURA 7 - REDUCCIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN EL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL ... | 80 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 100 |
| ANEXO 2 - FICHA DE MUESTREO..... | 101 |
| ANEXO 3 - FICHA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL..... | 102 |
| ANEXO 4 - FICHA DEL PROCESAMIENTO DE DATOS | 103 |
| ANEXO 5 - INFORME TÉCNICO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS..... | 105 |
| ANEXO 6 – INFORME TÉCNICO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ARCILLA LIMPIA Y RESIDUAL..... | 106 |
| ANEXO 7 - INFORME TÉCNICO DEL PRIMER TRATAMIENTO..... | 107 |
| ANEXO 8 - INFORME TÉCNICO DEL SEGUNDO TRATAMIENTO | 109 |
| ANEXO 9 - INFORME TÉCNICO DEL TERCER TRATAMIENTO | 111 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la recuperación de la arcilla residual mediante el uso del hongo *Penicillium janthinellum* asociado al bagazo de la caña de azúcar; a fin de extraer los aceites y grasas que son retenidas en la arcilla residual.

La técnica de la investigación fue de tipo aplicativo, para lo cual se trabajó de manera exponencial 3X3X3, lo que significa que hubieron 09 bandejas por cada tiempo que se evaluó, siendo un total de 27 evaluaciones, con pesos constantes de arcilla residual y bagazo de la caña de azúcar, pero con las siguientes cantidades de 75 ml, 150 ml y 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum*, en una relación volumen/peso; los cuales fueron evaluados en sus propiedades físicos, y químicos, siendo los tiempos de cada tratamiento a 15 días, 30 días y 45 días.

La presente investigación obtuvo como resultado que en el tercer tratamiento con una cantidad de 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.50 \times 10^3$ conidias/ml, se consiguió reducir un 67% de aceites y grasas en un tiempo de 45 días, con ello se demostró que la investigación es una alternativa efectiva para reducir las concentraciones de aceites y grasas retenidas en las arcillas residuales generadas en las industrias oleaginosas.

Palabras claves: *Penicillium janthinellum*, arcilla residual, bagazo de la caña de azúcar, recuperación, aceite comestible.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the recovery of the residual clay through the use of the fungus *Penicillium janthinellum* associated with the bagasse of the sugar cane; in order to extract the oils and fats that are retained in the residual clay.

The technique of the research was of an applicative type, for which 3X3X3 was worked exponentially, which means that there were 09 trays for each time that was evaluated, being a total of 27 evaluations, with constant weights of residual clay and bagasse of sugar cane, but with the following amounts of 75 ml, 150 ml and 225 ml of *Penicillium janthinellum*, in a volume/weight ratio; which were evaluated in their physical and chemical properties, being the times of each treatment to 15 days, 30 days and 45 days.

The present research obtained as a result that in the third treatment with an amount of 225 ml of *Penicillium janthinellum* mushroom at a concentration of $1,012.50 \times 10^3$ conidia/ml, it was possible to reduce 67% of oils and fats in a time of 45 days, with this it was shown that the research is an effective alternative to reduce the concentrations of oils and fats retained in the residual clays generated in the industries Oilseeds.

Keywords: *Penicillium janthinellum*, residual clay, sugarcane bagasse, recovery, edible oil.

INTRODUCCIÓN

“Las tierras de blanqueo son un tipo de arcillas ricas en minerales. Dichas arcillas se procesan y se utilizan para adsorber impurezas y blanquear aceites mediante procesos de filtración” (Asuntos Ambientales SH Consulting, pág. 5).

Arcillas de blanqueo, arcilla limpia y tierras de blanqueo son los términos empleados para nombrar a ciertas arcillas minerales que son usadas para clarificar y reducir (mediante purificación por adsorción) el color intenso de los aceites y grasas. Debido a las propiedades fisicoquímicas de las tierras de blanqueo (principalmente su gran superficie específica y porosidad), estas adsorben pigmentos de color (compuestos carotenoides), fosfolípidos procedentes del proceso de desgomado, metales, productos primarios (peróxidos e hidroperóxidos) y secundarios (aldehídos y cetonas) de oxidación, reteniendo además aceite. (Haro, Guevara , De la Torre, & Aragón, 2014, pág. 2) , razón por la cual en la presente investigación la hemos denominado Arcilla Residual.

Las arcillas residuales en su mayoría son depositadas como residuos no aprovechables al relleno sanitario; y aproximadamente alrededor de 6 mil toneladas anuales de aceites y grasas se desperdician por estar contenidas en las arcillas residuales. Es en virtud de ello, que la investigación presenta una alternativa de recuperación del residuo arcilla residual; con el fin de encontrar beneficios ambientales y alinearse con la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobada por Decreto Legislativo N° 1278 y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la producción del aceite comestible la mayor parte de los aceites y grasas vegetales tienen que ser blanqueados parcialmente, para reducir su color (debido a carotenos y clorofilas) y para remover sustancias indeseables que podrían en otra forma afectar el proceso o comprometer la calidad del aceite para aplicaciones alimentarias. El blanqueo del aceite comestible es un proceso costoso debido al valor de la tierra de blanqueo, el costo de disposición de la arcilla residual y la pérdida de aceite en la arcilla (Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. XIII).

Según el Ministerio del Ambiente, cada año en el Perú se generan más de 7 millones de toneladas de residuos sólidos; de las cuales 6 mil toneladas corresponden al residuo arcilla residual y tan solo se cuenta con 64 rellenos sanitarios autorizados, siendo esta cantidad insuficiente para un total de generación de residuos sólidos; es por ello que en el marco de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se prioriza la valorización material consistente en el compostaje, reciclaje, entre otras; así como la valorización energética; todo ello bajo el principio de economía circular. Del mismo modo, es importante que las empresas que generen este tipo de residuo arcilla residual implementen técnicas de aprovechamiento, las mismas que permitan la valorización de sus residuos, convirtiéndolas en nuevos productos. (MINAM, 2016)

Como consecuencia de ello, la presente investigación plantea la recuperación de la arcilla residual mediante el uso del hongo *Penicillium janthinellum*, asociado al bagazo de la caña de azúcar, a manera de reducir la concentración de aceites y grasas retenidos en la arcilla residual, lo cual hace posible su valorización bajo un enfoque de economía circular.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Será posible recuperar la arcilla residual obtenida del proceso de blanqueo del aceite comestible mediante la biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum*?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas antes y después del tratamiento de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible?
- ¿Cuál será la cantidad óptima del hongo *Penicillium janthinellum*, en su acción con el bagazo de la caña de azúcar, en el tratamiento de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible?
- ¿Cuál sería el porcentaje de reducción de aceites y grasas en la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la recuperación de la arcilla residual obtenida del proceso de blanqueo del aceite comestible mediante la biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas antes y después del tratamiento a la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.
- Determinar la cantidad del hongo *Penicillium janthinellum*, en su acción con el bagazo de la caña de azúcar, en la recuperación de la arcilla residual.
- Determinar el porcentaje de reducción de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual.

1.4. Limitantes de la investigación

Teórico: No existen investigaciones sobre métodos para recuperar y reaprovechar la arcilla residual en el Perú; debido a ello se buscó proyectos e informes realizados en Colombia, Ecuador y Bolivia.

Espaciales: El desarrollo del presente trabajo no podrá realizarse en la empresa de donde se extrajo la muestra – arcilla residual - por no contar con el espacio suficiente ni con equipos para analizar; por tal motivo, la arcilla residual

se envió a un laboratorio externo, el cual cuenta con el espacio y equipos óptimos para llevar a cabo la presente investigación.

Temporal: La muestra de arcilla residual fue tomada durante la época de invierno y enviada al distrito de San Martín de Porres para el tratamiento experimental, mientras que el bagazo de la caña de azúcar tuvo que trasladarse al distrito de Chosica por tener condiciones que permitieron acelerar el secado natural; finalmente una vez acondicionada el área de trabajo, el tratamiento experimental inició en la quincena del mes de octubre, teniendo una duración de 45 días.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A. Internacional

Salazar Lopez, (2019) en su tesis “Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación del aceite de palma”, tuvo como objetivo aprovechar las tierras y reincorporarlas de la mejor forma al proceso; para ello, realizó la caracterización física y química de las tierras puras y gastadas y trabajó bajo dos tratamientos. El primer tratamiento se realizó con la extracción con hexano y posterior autoclave a 1,3 bar y 121 °C, en la que evidenció un mediano rendimiento. En el segundo tratamiento, extracción con acetona y posterior calcinación a 550 °C por 90 minutos, se evidenció un buen rendimiento en el proceso frente al blanqueamiento del aceite de palma. De esta manera se desarrolló la evaluación del aceite de palma RBD a una escala piloto con las tierras mediante el tratamiento seleccionado (acetona y posterior calcinación), por haber obtenido un buen rendimiento, pero variando las concentraciones entre tierras puras y tierras regeneradas (0% y 0,8%; 0,4% y 0,6%; 0,4% y 0,4%, respectivamente); el ensayo que obtuvo mejores resultados fue la de 0% tierras puras y 0,8% tierras regeneradas. Finalmente realizó el análisis de costos de la propuesta del tratamiento en la que puede reducir los costos de la operación.

Cortés & Torres, (2016) presentaron el estudio “Evaluación de alternativas para el aprovechamiento del residuo de la filtración de un aceite comestible”, que tuvo como objetivo evaluar las posibles alternativas para el aprovechamiento del residuo generado de la filtración de un aceite comestible. Primero se estableció el estado actual de las arcillas limpias, evaluando sus principales parámetros físico químicos (fosfatos, grasas y aceites, nitrógeno total, pH y lo que son nutrientes para compostaje DBO o DQO); en la que se estudió la tierra diatomea obtenidas luego del filtro continuo (coloración marrón), filtro de hidrogenación (coloración gris) y el filtro final (coloración negro); de tal manera que los resultados de grasas y aceites se obtuvieron por el método gravimétrico por extracción y de esta manera se puede decir que las arcillas limpias tienen abundante aceite, considerando que tan solo se analizó una leve porción de estas. Finalmente, con los resultados de los parámetros, se realizó una matriz con 9 posibles alternativas de aprovechamiento, siendo estas: concentrado en alimentos para animales, recuperación de aceite, asfalto de caminos, uso en plantas de Biogás, uso en producción de cementos y fabricación de ladrillos, mejoramiento de suelos, biodiesel, tratamiento de aguas residuales por bio regeneración y fabricación de jabones; se concluyó, que la mejor alternativa fue la de concentrado de aves y bovinos, debido a la fina distribución de los aceites y grasas sobre la superficie de la arcilla asegura una degradación rápida en el tracto digestivo de los animales; sin embargo, es importante mencionar que la mezcla de la comida de animales con este residuo no debe superar el 3% del mismo ya que podría generar consecuencias negativas en los animales.

Haro Rodriguez , (2012) en su tesis de “Diseño conceptual de una planta de recuperación de arcillas de blanqueo empleadas en la decoloración de aceites vegetales comestibles”, tuvo como objetivo diseñar una planta para la recuperación de las arcillas de blanqueo empleadas en el proceso de decoloración de aceites vegetales comestibles. Para este estudio la materia prima fue la arcilla comercial llamada Pure Flo B80 natural. Previo a los ensayos se realizó la caracterización física, química y mineralógica, tanto de la arcilla usada como la limpia; en la que se obtuvo que la arcilla usada tenía 48% de aceite residual. El primer método ensayado para la recuperación de las arcillas residuales consistió en eliminar el aceite contenido mediante un sistema de extracción Soxhlet con acetona y posterior calcinación; las pruebas de calcinación del material desaceitado se llevaron a cabo en una mufla eléctrica a diferentes temperaturas (400 – 600 °C) y tiempos (30 – 180 min); del cual, el más óptimo resultó a una temperatura de 550 °C, durante 1,5 h en una mufla eléctrica. El segundo método ensayado fue emplear prensado hidráulico con placas a 75°C, 100 atm de presión y posterior lavado con vapor de agua saturado a una presión de 1,5 bares por 4 horas en autoclave; de acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que la técnica de recuperación de arcillas residuales en la decoloración de aceite de palma con posibilidades de aplicación industrial es el prensado hidráulico con placa caliente a 75°C y posterior lavado con vapor de agua saturado a una presión de 1,5 bares por 4 horas; con esto se consiguió un porcentaje de blanqueo del 80% y se redujo el contenido de aceite de la arcilla

residual desde 48% hasta 8%; por tanto, el diseño conceptual de la planta de recuperación se realizó bajo estas consideraciones.

B. Nacional

Según el portal Web Renati (registro nacional de trabajos de investigación), no se han publicado en nuestro país estudios que relacione la capacidad de biosorción del hongo *Penicillium janthinellum* en las arcillas residuales generadas en el proceso de blanqueo del aceite comestible; sin embargo, se encontraron estudios de la capacidad de reducción de aceite dieléctrico a través del hongo *Penicillium janthinellum*.

Campian Avellaneda, (2018) en su tesis: “Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociado con bagazo de caña de azúcar en Shangrilla, Puente Piedra – 2018”, tuvo como objetivo determinar la reducción del aceite dieléctrico (Fracción de hidrocarburos – F2) en el suelo contaminado utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* con el bagazo de la caña de azúcar, para ello estableció una metodología con diseño experimental; en la que trabajó con nueve reactores de tres repeticiones cada uno, en donde trabajó con las dosis de 10 ml, 20 ml y 30 ml de cepas de *Penicillium janthinellum*, evaluados en las granulometrías de 1mm, 2mm y 3mm de bagazo de caña de azúcar durante un periodo de 20 días. En los 9 reactores biológicos trabajó con 10 000 mg/Kg de aceite dieléctrico en el suelo como dato inicial, luego de iniciado el tratamiento experimental se hace un control y registro de los parámetros fisicoquímicos donde finalmente los resultados finales

demonstraron que el reactor biológico T3-1 fue más significativo, cuya efectividad de reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado fue del 73,26%, el cual estaba compuesto con 30 ml de hongo *Penicillium janthinellum* asociado con 1 mm de bagazo de caña de azúcar.

Cerna Apaza, (2018), en su artículo titulado “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, usando el hongo *Penicillium janthinellum* en los servicios generales de la UNALM – La Molina, 2018”, tuvo como objetivo determinar la capacidad de biorremediación de las cepas de *Penicillium janthinellum* en la recuperación del suelo contaminado con hidrocarburo. La metodología usada fue el método Soxhlet para determinar la concentración inicial de hidrocarburos, continuamente se analizaron la conductividad eléctrica, materia orgánica, pH y temperatura; se realizaron 3 tratamientos con 9 repeticiones, lo que equivale a 27 muestras bajo 3 distintas dosis del *Penicillium janthinellum* (520 ml, 160 ml y 55 ml) por un periodo de 35 días, en las que fueron evaluadas a los 12, 24 y 35 días. Finalmente, la concentración de los hidrocarburos se redujo de 10 000 mg/kg a 7 487,77 mg/kg, lo que nos lleva a la conclusión que el tratamiento con la bacteria *Penicillium janthinellum*, tiene una acción degradadora en suelos contaminados con hidrocarburos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aceites Vegetales Comestibles

“Los aceites vegetales comestibles surgen de diversas fuentes de semillas oleaginosas de donde se extrae su contenido para elaborar aceites, mantecas, margarinas u otros alimentos”. (Haro Rodriguez , 2012, pág. 1).

Características:

La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, de esteroides, ceras y otros componentes minoritarios. Los triglicéridos son triésteres formados por la reacción de ácidos grasos sobre las tres funciones como alcohol del glicerol. (Riba, 2010, pág. 23)

Según el mismo autor, los aceites vegetales pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- Los aceites saturados: índices de yodo de 5-50
 - Lóricos: copra, palmito, babasú
 - Palmiticos: palma
 - Esteáricos: karité
- Los aceites monoinsaturados: índices de yodo de 50-100
 - Oleicos: aceituna, cacahuete, colza, sesamo.
- Los aceites biinsaturados: índices de yodo de 100-150
 - Linoleico: girasol, algodón, maiz, soya.
- Los aceites triinsaturados: índices de yodo > 150

“Cada semilla tiene sus propiedades químicas, algunas con componentes más altos que otros, sin embargo, la utilidad de estas para la producción de los aceites comestibles es muy buena” (Cortés & Torres, 2016, pág. 16).

A continuación, en la tabla N° 1 se muestran las propiedades comúnmente encontradas en las semillas.

Tabla 1

Propiedades Químicas de las Semillas

| Propiedad | Valor |
|--------------------------------|---------------------------|
| Aceite | 23% |
| Acidos grasos mono insaturados | 37-63% |
| Acidos grasos poliinsaturados | 9-29% |
| Azufre | 2 ppm |
| Cenizas | 6% |
| Fibra | 2 ppm |
| Fósforo | 2 ppm |
| Grasas saturadas | 7% |
| Hidratos de carbono | 8.4 g |
| Humedad | 0,13-13,0 % |
| Indice de yodo | 16-58 cgl ₂ /g |
| Magnesio | 399 mg |
| Potasio | 740 mg |
| Proteínas | 44% |
| Punto de fusión | 20-45 °C |
| Vitamina E | 22 mg |

Nota. Tomado de (Cortés & Torres, 2016, pág. 17)

Estructura y composición de los aceites vegetales

“Los aceites y grasas industriales pueden ser de origen vegetal o animal, que consisten, predominantemente, en mezclas de ésteres de glicerina (glicerol) con ácidos grasos, es decir, triacilglicéridos o *triglicéridos*”. (Haro Rodriguez , 2012, pág. 1)

- Triglicéridos:

“Los triglicéridos o triacilglicéridos, están formados por la unión de tres ácidos grasos con una molécula del glicerol. Su principal función es la reserva energética y existe una gran variedad de ácidos grasos”. (Espinoza Morales & Zapata Contreras, 2010, pág. 10)

- Acidos grasos saturados:

Químicamente, todos los átomos de carbono (menos el átomo terminal) están unidos a dos átomos de hidrógeno, es decir, que están “saturados” de hidrógeno; estos provienen en general del reino animal, a excepción del aceite de coco y el de cacao y son sólidas a temperatura ambiente. Su consumo está relacionado con un aumento del colesterol sanguíneo y con la aparición de enfermedades cardiovasculares. (Espinoza Morales & Zapata Contreras, 2010, pág. 12)

A continuacion, en la tabla N° 2 se muestran los principales ácidos grasos saturados que se encuentran en los alimentos.

Tabla 2

Ácidos Grasos Saturados

| Nombre Trivial | Nombre Científico | Fórmula | Punto de Fusión (°C) |
|----------------|-------------------|--|----------------------|
| Butírico | Butanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ | -5,9 |
| Caproico | Hexanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ | -3,4 |
| Caprílico | Octanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ | 16,7 |
| Cáprico | Decanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ | 31,6 |
| Láurico* | Dodecanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ | 44,2 |
| Mirístico* | Tetradecanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ | 54,4 |
| Palmítico* | Hexadecanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ | 63,0 |
| Esteárico* | Octadecanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ | 69,4 |
| Araquídico | Eicosanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$ | 76,0 |
| Behénico | Docosanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$ | 79,9 |
| Lignocérico | Tetracosanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$ | 84,2 |
| Cerótico | Hexacosanoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$ | 87,7 |

Nota. *Ácidos grasos saturados más comunes en alimentos, (Haro Rodriguez , 2012, pág. 2)

- **Ácidos grasos insaturados:**

Dentro de esta clasificación entran los ácidos monoinsaturados y los poliinsaturados. Estos provienen en general del reino vegetal (a excepción del

pescado que es muy rico en poliinsaturados) son líquidos a la temperatura ambiente y su consumo está asociada con mayores niveles de colesterol bueno.

1. Ácidos Monoinsaturados: “En estos ácidos los dos átomos de carbono situados de forma consecutiva están unidos a un solo átomo de hidrógeno; el mejor representante es el ácido oleico, presente principalmente en el aceite de oliva (54 a 80%)”. (Espinoza Morales & Zapata Contreras, 2010, pág. 12)
2. Ácidos Poliinsaturados: “Este ácido posee dos o más pares de átomos de carbono “insaturados”. El más frecuente es el ácido linoleico, presente en altas proporciones en el aceite de girasol y en el de uva”. (Espinoza Morales & Zapata Contreras, 2010, pág. 13)

A continuación, en la tabla N° 3 se muestran los principales ácidos grasos insaturados que se encuentran en los alimentos.

Tabla 3

Ácidos grasos insaturados

| Nombre Trivial | Nombre Científico | Fórmula | Punto de Fusión (°C) |
|----------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Palmitoleico | Hexadeca-9-enoico | C ₁₅ H ₂₉ COOH | -0,5 |
| Oleico* | Octadeca-9-enoico | C ₁₇ H ₃₃ COOH | 13 |
| Linoleico* | Octadeca-9:1-dienoico | C ₁₇ H ₃₃ COOH | -5,0 |
| Linolénico* | Octadeca-9:12:15-trienoico | C ₁₇ H ₂₉ COOH | -11,0 |
| Araquidónico | Eicosa-5:8:11:14-tetraenoico | C ₁₉ H ₂₉ COOH | -49,5 |
| Vaccénico | Trans-11-enoico | C ₁₇ H ₂₉ COOH | 40,0 |
| Gadoleico | Eicosa-11-enoico | C ₁₉ H ₂₉ COOH | 23,5 |
| Erúcico | Docosa-13-enoico | C ₂₁ H ₂₉ COOH | 38,0 |

*Nota:**Ácidos grasos insaturados más comunes en alimentos, (Haro Rodríguez , 2012, pág. 13)

Tipos de aceites Vegetales Comestibles:

La perfecta armonía entre color, olor y sabor indica que la elaboración del aceite se ha hecho de forma correcta y que el producto es de calidad. El consumo de aceite se ha generalizado en todo el mundo. En el mercado existen dos tipos de aceites comestibles, ambos de origen vegetal:

- El aceite de los frutos, obtenido directamente del prensado, donde el aceite de oliva es el único de uso alimentario.
- El aceite de semillas, cuya obtención no es directa del prensado, sino que pasa por una etapa de extracción con disolventes. (Márquez, 2013, págs. 30-31)

2.2.2. Arcillas de blanqueo

“Las tierras de blanqueo o también denominadas arcillas, tierras adsorbentes o suelo de decoloración pueden ser usadas en su estado natural o activadas con ácido para blanquear y reducir el color intenso del aceite crudo”. (Salazar López, 2019, pág. 26)

Aunque existen 7 grupos principales de arcillas y por lo menos 33 arcillas minerales específicas diferentes; sólo 2, montmorillonita cálcica llamada bentonita cálcica y una mezcla particular que ocurre naturalmente de montmorillonita cálcica y atapulgita llamada hormita, desempeñan un papel importante como arcillas de blanqueo comerciales. (Haro Rodríguez , 2012, pág. 32)

Asimismo, las tierras de blanqueo poseen una alta fuerza de adsorción de contaminantes. El rendimiento de estas posee alto índice de decoloración, por lo

que les permite eliminar fosfolípidos totales, jabón, trazas de iones de metal, residuos de plaguicidas y otras toxinas y sustancias olorosas de los aceites vegetales. Las tierras de blanqueo pueden llegar a adsorber alrededor de un 15% de su peso en colorantes, pigmentos e impurezas (Salazar López, 2019, pág. 26)

A continuación, los diferentes significados de las arcillas dependiendo de sus aplicaciones:

- Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales de arcilla (filosilicatos en su mayor parte) cuyas propiedades físico - químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano (inferior a $2 \mu m$).
- Desde el punto de vista petrológico, la arcilla es una roca sedimentaria; en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas.

Se consideran arcillas todas las fracciones con una granulometría inferior a $2 \mu m$, incluyendo a los filosilicatos si se encuentran dentro de dicho rango de tamaños. (Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. 7)

Propiedades fisicoquímicas

“Las importantes aplicaciones industriales de las arcillas minerales radican en sus propiedades físicas y químicas, dichas propiedades derivan principalmente de su pequeño tamaño de partícula, la cual es inferior a $2 \mu m$ ” (Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. 8)

A. Superficie específica: “Las arcillas minerales poseen una elevada superficie específica, por lo que es una de las propiedades más importantes; y

para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad". (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 8)

A continuación, se muestran algunos valores de superficies específicas de arcillas:

- Montmorillonita 80 – 300 m²/g
- Sepiolita 100 – 240 m²/g.
- Paligorskita 100 – 200 m²/g.
- Halloysita hasta 60 m²/g.
- Illita hasta 50 m²/g
- Caolinita de baja cristalinidad 50 m²/g.
- Caolinita de elevada cristalinidad hasta 15 m²/g.

(Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. 8)

B. Capacidad de intercambio catiónico (CEC): Es una propiedad fundamental de las esmectitas, estas son capaces de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. La capacidad de intercambio catiónico (CEC) se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH, por lo que es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 9)

Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomórficas dentro de la estructura laminar de los filosilicatos.
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas.
- Disociación de los grupos hidroxilos accesibles.

La carga negativa generada por las sustituciones isomórficas es permanente e independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio y corresponde a un 80% de la carga neta de la partícula, sin embargo, las dos últimas formas de origen varían en función del pH y de la actividad iónica, corresponden a bordes cristalinos químicamente activos y representan el 20% de la carga total de la lámina, por lo tanto, es una carga variable. (Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. 9)

C. Capacidad de adsorción: Es una propiedad que está directamente relacionada con la superficie específica y porosidad y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción, refiere cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad y el termino de adsorción, refiere cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla y el absorbato. (Loor Alcivar & Jara Valle, 2016, pág. 9)

“Asimismo, la capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de absorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso”. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 10)

D. Hidratación, hinchamiento: La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lamina y la energía de hidratación del catión. Cuando el catión interlaminar es el Na, las esmectitas tienen gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales; si por el contrario tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida. (Haro Rodriguez , 2012, pág. 27)

E. Plasticidad: Las arcillas son especialmente plásticas, por lo que esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 11)

Arcillas Industriales

En su mayoría están conformados por arcillas comunes, las cuales se componen por dos o más minerales de arcilla, generalmente siendo la illita y esmectita, y se utilizan para la fabricación de materiales de construcción y agregados. El segundo grupo se conforma por las arcillas especiales, estas están constituidas fundamentalmente por un sólo tipo de mineral de la arcilla, y sus propiedades dependen esencialmente de las características de ese mineral.

Estas, a pesar de ser mucho menos importantes en volumen, superan más del 70 % del valor de las arcillas comerciales, y son objeto de comercio internacional. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 12)

A continuación se presentan los tipos de arcilla:

a) Arcilla Bentonita:

“La bentonita es una roca compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmectitas, independientemente de cualquier connotación genética”. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 13)

A continuación, se establece los tipos de bentonitas en función de su capacidad de hinchamiento en agua:

- Montmorillonitas: Arcillas esmécticas con una estructura de capas. El ion aluminio predomina en la estructura, pero puede ser reemplazado por otro ion metálico formando una gran variedad de minerales.
- Bentonita: Describe en general una arcilla compuesta esencialmente de montmorillonitas.
- Bentonita sódica: Es una montmorillonita que se encuentra en forma natural y que contiene un alto nivel de iones de sodio. Se hincha al mezclarse con el agua. También se conoce como Wyoming Bentonita o Western Bentonita.
- Bentonita cálcica: Es una montmorillonita en la que el catión intercambiable predominante es el calcio. No exhibe la capacidad de

hinchamiento de la bentonita sódica, pero tiene propiedades absorbentes.
(EcuRed, EcuRed, 2018)

b) Arcilla Paligorskita – Sepiolita:

Son arcillas con hábito fibroso con una enorme área superficial debida tanto al pequeño tamaño de partícula como la porosidad estructural que presenta su estructura, dicha superficie se calcula alrededor de los 900 m²/g, aunque la superficie accesible es muy inferior. Su peculiar estructura les confiere una serie de propiedades, entre ellas las de formar suspensiones poco afectadas por la concentración iónica y una enorme capacidad sorcitiva, por lo que son poderoso decolorantes y absorbentes. También tienen otras propiedades como reológicas, del cual son capaces de formar geles y suspensiones estables de alta viscosidad a bajas concentraciones de sólido. (Barboza Quiroz , Infante Quispe, & Quispe Chilón , 2010, pág. 11)

c) Caolines y arcillas caoliníferas:

Un caolín es una roca que contiene una cierta proporción de minerales del grupo de caolín, que puede ser económicamente extraída y concentrada. Se trata, generalmente, de una arcosa o arena caolinífera, granito o gneis caolinitizado, que es necesario procesar para enriquecer en minerales del grupo caolín. (Garcia Romero & Suárez Barrios , pág. 12)

La arcilla caolinífera es también un caolín en sentido amplio. De igual forma, se trata de una arcilla compuesta fundamentalmente, de minerales del

grupo del caolín. Esta no se procesa, se usa tal cual, e inicialmente los porcentajes en minerales del grupo del caolín son más altos que en el caolín (>50%). (García Romero & Suárez Barrios , pág. 12)

d) Otros tipos de arcillas especiales:

También pueden considerarse arcillas especiales las halloysitas y las hectoritas; las cuales se encuentran compuestas fundamentalmente por halloysitas de tipo caolín y hectoritas (una esmectita) de tipo bentonita, respectivamente. Ambos tipos de arcillas son muy escasos en el mundo. (Barboza Quiroz , Infante Quispe, & Quispe Chilón , 2010, pág. 11)

2.3. Conceptual

2.3.1. Proceso de blanqueo del aceite comestible

El proceso de blanqueo del aceite es una operación unitaria utilizada dentro del proceso de refinación en donde se genera la arcilla residual como residuo que es dispuesto al relleno sanitario. En el contexto el blanqueo se define como la interacción física y química de un medio que pueda adsorber, en este caso tierra y que entra en contacto con un aceite para mejorar su calidad. El blanqueo permite reducir contenido de algunos contaminantes en el aceite, como metales, jabones, fósforos, clorofila, pigmentos (no contaminantes), y otros productos de oxidación y pro – oxidantes. Esta etapa se lleva a cabo en estanques de acero al carbono, cerrados, de unos 10m³ de capacidad, en los cuales se acondiciona la temperatura del aceite y se pone en contacto con la tierra activada (arcilla) un

tiempo breve y definido, periodo en el que se verifica la adsorción. (Cortés & Torres, 2016, pág. 15)

Este proceso de blanqueo tiene como finalidad la refinación o eliminación de impurezas que tiene el aceite, la arcilla limpia entra en contacto con el aceite crudo adsorbiendo en la superficie las impurezas que este lleva, este proceso asegura que esas impurezas no interfieran en las etapas posteriores, además de dejar el aceite apto para consumo humano, asegurando que se cumplan los requerimientos de calidad y seguridad.

2.3.2. Biosorción

“La biosorción es un método fisicoquímico que ocurre de manera natural en ciertas biomasas por la unión pasiva a biomasa no viva, a partir de soluciones acuosas (...). Desde lo cual se entiende por biomasa: cualquier materia orgánica obtenida a partir de vegetales o de animales que puede ser transformada en energía, o puede ser un agente óptimo para la captación de metales pesados y/o sustancias tóxicas. (Davila , 2015, pág. 3); razón por la cual es un método eficiente y viable debido a que se pueden utilizar residuos sólidos.

Actualmente existen numerosas investigaciones que usan biomasa tales como: microorganismos como bacterias, hongos, levaduras, algas, subproductos agrícolas como cascara de arroz, trigo, bagazo de caña de azúcar, residuos de frutas, malas hierbas, etc. (Collantes Zegarra, 2019, pág. 7)

2.3.3. Hongo *Penicillium janthinellum*

El hongo el cual pertenece al reino fungi, es de color blanco y mantiene una forma aplanada de superficie lisa de 5 mm de diámetro; a la cual se le han descrito múltiples cualidades biotecnológicas entre las que se encuentra la producción de enzimas tales como proteasas, xilanasas, celulasas, entre otras, involucradas en procesos de descomposición de materia orgánica como residuos de procesos agrícolas e industriales. Las propiedades de humedad, oxigenación y temperatura son vitales para que el hongo pueda mantenerse con vida; la humedad se debe mantener en un rango de 40 a 80 % para poder realizar el crecimiento normal de los hongos, en el caso del oxígeno es de vital importancia, ya que este hongo es aerobio, por lo que necesita oxígeno para mantenerse estable, y por último la temperatura óptima para el crecimiento de la población debe estar entre 20 y 30 ° C. (Cerna Apaza, (2018), pág. 16)

Las cualidades biológicas que le caracterizan al hongo es que producen una variedad de enzimas tales como las celulosas, proteasas y otros que ayudan a solubilizar el fosfato y biodegradar compuestos orgánicos.

Tabla 4*Taxonomía del Hongo Penicillium Janthinellum*

| Taxonomía del Hongo | |
|---------------------|---------------------------------|
| Nombre Común | <i>Penicillium janthinellum</i> |
| Nombre Científico | <i>Penicillium janthinellum</i> |
| Reino | Fungi |
| Familia | Trichocomaceae |
| Genero | <i>Penicillium</i> |
| Especie | <i>Penicillium janthinellum</i> |

Nota. (Campian Avellaneda, 2018, pág. 7)

2.3.4. Bagazo de Saccharum Officinarum “Caña de Azúcar”

El bagazo es el residuo del proceso industrial de fabricación del azúcar, siendo el remanente de los tallos de caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene por los molinos del ingenio, se divide en bagazo integral (whole bagasse), y este a su vez en medula o meollo (pith) y fibra verdadera (fiber). (Becerra Quiroz , 2016, pág. 17)

El bagazo se caracteriza por su elevada heterogeneidad morfológica y está formado por dos fracciones; la fibra de estructura cristalina estable químicamente lo cual brinda rigidez a la planta y el meollo o parénquima de estructura amorfa, lo cual cuenta con alta capacidad de absorción. (Campian Avellaneda, 2018, pág. 9)

Composición física y morfológica

El residuo lignocelulósico y fibroso está compuesto por humedad al 50%, solidos solubles 5% y solidos insolubles al 45%, su composición química del bagazo es carbono al 47%, hidrógeno 6.5%, oxígeno 44% y cenizas 2.5%. (Campian Avellaneda, 2018, pág. 9)

Tabla 5

Composición Morfológica del Bagazo

| Componentes | Proporción, % |
|-------------|---------------|
| Fibras | 50 |
| Parénquima | 30 |
| Vasos | 15 |
| Epidermis | 5 |

Nota: (Campian Avellaneda, 2018, pág. 9)

El parénquima se distingue por su anisotropía y las variabilidades en sus formas, su fina pared celular cumple la función de almacenamiento y reserva de la planta. (Campian Avellaneda, 2018, pág. 9)

Las fibras del bagazo son muy importantes para la industria del papel y de tableros por su peculiar rigidez, el contorno irregular y son bien definidos. Las fibras del haz vascular presentan características físicas debido a que son finas y de paredes delgadas con extremos romos, horquillados o bifurcados y en su superficie presentan ocasionalmente pequeños poros, sin embargo, las fibras de

la corteza son todo lo contrario dado que presentan mayor longitud y diámetro, con paredes gruesas y con poros en toda su superficie. (Morales Avila , 2018, pág. 11)

Composición Química

El bagazo de la caña de azúcar está compuesto, aproximadamente de 41-44% de celulosa, 25-27% de hemicelulosas, 20-22% de lignina y 8-10% de otros componentes, entre estos las cenizas. (Morales Avila , 2018, pág. 11)

Tabla 6

Propiedades Químicas del Bagazo

| Ítems | Integral | Fracción fibra | Médula |
|------------------------------|----------|----------------|--------|
| Celulosa | 46,6 | 47,0 | 41,2 |
| Pentosanas | 25,2 | 25,1 | 26,0 |
| Celulosa | 38,3 | 40,4 | --- |
| Lignina | 20,7 | 19,5 | 21,7 |
| Extractivos A/B | 2,7 | 2,3 | 2,9 |
| Solubilidad en agua caliente | 4,1 | 3,4 | 4,2 |
| Solubilidad en agua fría | 2,2 | 2,1 | 4,0 |
| Solubilidad en sosa al 1% | 34,9 | 32,0 | 36,1 |
| Cenizas, % | 2,6 | 1,4 | 5,6 |

Nota. Según (Campian Avellaneda, 2018, pág. 10)

El bagazo de la caña de azúcar tiene alto contenido de sacarosa en su interior, activa la actividad de los microorganismos incluyendo al hongo *Penicillium janthinellum*.

2.3.5. Recuperación de la arcilla residual

La recuperación de la arcilla residual resulta de la acción y efecto realizado mediante los métodos descritos en la presente investigación; las cuales darán respuesta al objetivo general y objetivos específicos llegando a una óptima recuperación mediante la biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum*, lo cual permitirá el aprovechamiento de la arcilla residual impactando positivamente al ambiente, de tal manera que no será enviado a un relleno sanitario autorizado si no que podría ser incorporada a otras cadenas de valor.

2.4. Definiciones de Términos Básicos:

Aceite: Es un compuesto orgánico producido por las plantas. Es un combustible natural o procesado, normalmente líquido, bajo condiciones climáticas o de almacenaje existentes. (Rodríguez Guoz , 2007, pág. IX)

Aceite vegetal comestible: Es la mezcla de aceite destinado al consumo humano, extraído semillas y frutos oleaginosos como oliva, ajonjolí, algodón, maíz, maní, soya, girasol oleína de palma, canola y aquellos que se clasifiquen como tales por la autoridad sanitaria competente.

Aprovechamiento de residuos sólidos: Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte de este que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de aprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización. (MINAM, 2016)

Bagazo de la caña de azúcar: Proveniente de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) es un material complejo de fibras, compuesto por cerca de 50% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 25% de lignina. Debido a su abundante disponibilidad, que puede servir como un sustrato ideal para los procesos microbianos para la producción de productos con valor agregado.

Biosorbente: Los biosorbentes pueden clasificarse según su origen:

- **Biomasa Microbial:** El cual engloba algas, bacterias, hongos y levaduras. se encuentra disponible en grandes cantidades en la naturaleza y se puede inmovilizar en estructuras sólidas necesarios para el uso en columnas.

- **Biomasa muerta:** Generalmente son residuos vegetales procedentes de procesos industriales o agrícolas y se pueden obtener gratuitamente a muy bajo costo. (Bermejo Campos, 2016, pág. 33)

Blanqueo de aceite: Se lleva a cabo antes de la desodorización en una refinería de aceite comestible. El proceso elimina el color, así como fosfátidos residuales, los metales y los jabones.

Calidad Ambiental: Características de los elementos y procesos naturales, ecológicos y sociales, que permiten el desarrollo, el bienestar individual y colectivo del ser humano y la conservación de la diversidad biológica.

Contaminación: Es la presencia en el ambiente de sustancias o elementos dañinos para los seres humanos y los ecosistemas (seres vivos).

Contaminante: Toda materia, energía o combinación de estas, de origen natural o antrópico, que al liberarse o actuar sobre la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural o la degrade.

Disposición final: Infraestructura donde se vierten los residuos que no pueden ser valorizados, en el cual su manejo se realiza de manera sanitaria y ambientalmente segura.

Dosis óptima: Es la mínima cantidad de material y/o insumo que hace máxima la producción.

Economía circular: Es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido.

Penicillium: Hongo filamentoso que presenta conidióforos tabicados de pared lisa, ramificado al final, con métulas y fiálides en forma de botella, donde nacen conidios lisos, elipsoidales azules o verdeazulados en cadenas, sin ramificar, con un penacho o pincel característico. (EcuRed, Penicillium, 2019)

Permeabilidad: Se refiere a la factibilidad o dificultad con la que un líquido puede fluir a través de un medio permeable.

Relleno sanitario: Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos municipales a superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. (MINAM, 2016)

Residuo sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. (MINAM, 2016)

Responsabilidad del generador de un residuo: El generador de un residuo es responsable de este, desde su generación hasta su valorización o eliminación, en conformidad a la ley. (MINAM, 2016)

Tierra activada: Tierra para blanqueo que se ha tratado con ácido, para incrementar su capacidad de absorción del pigmento del aceite. (Rodríguez Guoz , 2007, pág. XIV)

Tierra de blanqueo: Tierras o arcillas especiales que al ser agregados en una proporción de aproximadamente un 1% a un aceite caliente, tiene la capacidad de absorber los pigmentos indeseables. (Rodríguez Guoz , 2007, pág. XIV)

Valorización: Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. (MINAM, 2016)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

H: La biosorción, utilizando el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum* permitirán recuperar la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

3.1.2. Hipótesis Específicas

H₁: Las características fisicoquímicas influirán significativamente en la recuperación de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

H₂: La cantidad óptima del hongo *Penicillium janthinellum* y su acción con el bagazo de la caña de azúcar permitirán la reducción de aceites y grasas en la arcilla residual.

H₃: El porcentaje de reducción de aceites y grasas será mayor al 60% en el tratamiento de la arcilla residual.

3.2. Definición conceptual de variables

3.2.1. Variable Independiente

X: Biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum*.

La biosorción se define como la eliminación de sustancias a partir de soluciones mediante materiales biológicos (biomasas). Dichas sustancias

pueden ser inorgánicos y orgánicas, así como en sus formas solubles e insolubles. (Cuizano, Llanos, & Navarro, 2009, pág. 498). La investigación emplea estos dos tipos de biomasas: hongo *Penicillium janthinellum* y el bagazo de caña de azúcar porque al interactuar entre ellas provocan una reducción en la concentración de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual.

3.2.2. Variable Dependiente

Y: Recuperación de la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

La recuperación consiste en la reutilización de los residuos que se generan en otro proceso distinto del que lo produjo mediante algún tratamiento previo (Haro Rodríguez , 2012, pág. 19). El proceso de blanqueo permite reducir el contenido de los contaminantes retenidos en el aceite comestible, como metales, fósforos, clorofila, pigmentos (no contaminantes), y otros productos de oxidación. (Cortés & Torres, 2016, pág. 15)

3.3. Operacionalización de variable

Tabla 7

Variable Independiente y Dependiente

| VARIABLE | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|--|---|------------------|
| Variable Independiente | El método de biosorción permite la interacción de la biomasa microbial denominado hongo <i>Penicillium janthinellum</i> con la biomasa inerte denominado bagazo de la caña de azúcar; ambos biosorbentes generan cambios en el proceso del tratamiento de la arcilla residual, bajo distintas cantidades durante un determinado tiempo. | Caracterización del Bagazo de la caña de azúcar | Potencial de hidrógeno | Ph |
| Biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo <i>Penicillium janthinellum</i> . | | | Conductividad eléctrica | μS/cm |
| | | | Potencial Redox | mv |
| | | | Temperatura | °C |
| | | Cantidad del hongo <i>Penicillium janthinellum</i> | Concentración del Hongo | conidias/ml |
| | | Operacionalización del tratamiento | Cantidad A=75 Cantidad B=150 Cantidad C=225 | ml |
| Variable Dependiente | La recuperación de la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible consiste en la reducción de la concentración de aceites y grasas mediante el método de biosorción utilizando el hongo <i>Penicillium janthinellum</i> el cual requiere un medio para que pueda sobrevivir, siendo este el bagazo de la caña de azúcar. | Concentración del aceite en la Arcilla Residual | Aceite residual final | mg/kg |
| Recuperación de la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible. | | Reducción | $A_i - A_f / A_i * 100$ | % |
| | | Características físicas de la Arcilla Residual. | Humedad | % |
| | | | Materia volátil | % |
| | | | Cenizas | % |
| | | | Carbono fijo | % |
| Poder calorífico | Kcal/Kg | | | |

| | | | | |
|--|--|--|------------------|-------|
| | | | Aceites y grasas | mg/kg |
|--|--|--|------------------|-------|

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

El desarrollo de la investigación fue de tipo aplicativo.

4.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue experimental, dado que en este estudio se manipularon las variables independiente y dependiente, el cual nos ayudó analizar los cambios de reducción de aceites y grasas.

4.2. Método de Investigación

El método de la investigación a aplicar fue el método experimental.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población está constituida por la arcilla residual generada como parte del blanqueamiento del aceite comestible en la empresa Alicorp.

4.3.2. Muestra

La muestra de arcilla residual de la empresa Alicorp, se realizó de acuerdo con la guía de muestreo de suelo del Decreto Supremo N° 011-2017/MINAM donde se tomaron 54 kilogramos de arcilla residual la que fue cuarteada de manera representativa.

Figura 1

Ubicación de la Empresa Alicorp S.A.A.



Figura 2

Muestra de la Arcilla Residual



Unidad Muestral: La unidad muestral de la investigación fue de 800 gramos de arcilla residual.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio fue realizado en el distrito de San Martín de Porres y los análisis se realizaron en el laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, bajo el cumplimiento de la norma NTP-ISO/IEC-17025:2006.

Los métodos de análisis están bajo la aprobación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

El periodo para el desarrollo de las pruebas experimentales fue de 45 días.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas Analíticas

Las técnicas analíticas que se utilizaron fueron las siguientes:

Tabla 8

Técnicas analíticas de parámetros de calidad

| Parámetros | Unidad de la medida | Instrumentos de medición | Norma |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|--|
| pH/ Temperatura | und/ °C | Multiparámetro | Norma Mexicana NMX-AA-25-1984 |
| Conductividad eléctrica | uS/cm | Multiparámetro | NMX-AA-093-SCFI- 2000 |
| Humedad | g/m ³ | Higrómetro | NMX –F-083-1986 |
| Aceites y grasas | mg/L | Soxhlet | Analytic Method Guidance for EPA Method 1664A Implementation and Use |

4.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos obtenidos a partir del proceso experimental y la observación fueron los siguientes:

- Ficha de datos 1: Datos de toma de muestra.
- Ficha de datos 2: Parámetros fisicoquímicos de arcilla residual.

- Ficha de datos 3: Caracterización de la arcilla residual y limpia.
- Ficha de datos 4: Resultados del tratamiento y reducción de aceites y grasas.

4.5.3. Equipos

Tabla 9

Equipos de Laboratorio

| Equipos | Modelo | Aplicación |
|-------------------|--|--|
| Balanza analítica | Eurolab | Balanza analítica. |
| Multiparámetro | PL-700ALS Scientific Measuring Instruments | Medición de los parámetros fisicoquímicos. |
| Equipo Soxhlet | Soxhlet | Análisis de aceites y grasas. |
| Estufa | Edibe (0 – 300 °C) | Secado de muestras y reactivos. |
| Mufla | Toky (0 – 1100 °C) | Secado de materia volátil, carbono fijo. |

4.5.4. Materiales

Pipetas, bureta, vaso de precipitado, placas Petri, papel de filtro, botellas de PVC de 500ml, pinzas (nueces), embudos, soporte universal, matraces de Erlenmeyer, lavatorios redondos, agua destilada, bolsas ziplock, guantes, mascarilla.

4.5.5. Reactivos

Hexano C₆H₁₄.

4.5.6. Insumos

Bagazo de la caña de azúcar y hongo *Penicillium janthinellum*.

4.6. Metodología de la Investigación

4.6.1. Determinación de las características fisicoquímicas antes y después del tratamiento de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible:

Se determinó según los análisis realizados de los siguientes parámetros a la arcilla residual antes y después del tratamiento experimental.

La principal característica antes del inicio de las pruebas experimentales a medir fue el de aceites y grasas tanto a la arcilla residual como a la arcilla limpia, y se determinó mediante el método Soxhlet, la misma que se realizó empleando hexano como disolvente, en la cual se secó primero la muestra a 105 °C por 60 minutos, seguido de ello se realizó la destilación del hexano permitiendo la separación de los aceites y grasas; en la que el hexano se recupera por condensación. Finalmente, se deja enfriar la muestra y se vuelve a pesar en una balanza analítica donde se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Aceites y Grasas (mgAG/kg)} = \frac{\text{PBR} - \text{PBI}}{\text{PESO kg}}$$

Donde:

PBR: Peso del Balón con aceite a 105°C x 2horas

PBI: Peso del Balón Inicial

PESO: Peso de la arcilla.

Temperatura: La temperatura se realizó utilizando un multiparámetro de Scientific Measuring Instruments la cual tomo la medida desde la caracterización de la muestra hasta los tratamientos experimentales que se realizó en todo el proceso.

Potencial de Hidrogeno (pH): El potencial de hidrogeno de la muestra se realizó mediante un extracto de arcilla residual en una relación 1:2 la que fue agitado en un equipo de rotación a 30 rpm por 30 minutos, la que luego se dejaron en reposo por 24 horas, y al medir este parámetro lo primero que se realizo fue calibrar el electrodo con buffer internacional HANNA de 10, 7 y 4. Luego se realizaron las mediciones de acuerdo con el software.

Conductividad eléctrica; se tomó 50 gramos de cada muestra de arcilla residual y arcilla limpia, las que fueron pesados en una balanza analítica, y se agregó 100 ml de agua destilada, para ponerlo en agitación constante en un equipo rotacional por 30 minutos; y realizar finalmente las lecturas.

Potencial Redox: El potencial Redox fue tomado del extracto de la arcilla residual que se utilizó para el potencial de hidrógeno.

Humedad; se analizó las muestras de la arcilla residual y arcilla limpia, se pesaron los crisoles y secaron dentro de la estufa por un periodo de 2 horas,

finalmente se dejó enfriar por 45 minutos ambas muestras para poder registrar los pesos en la balanza analítica.

$$\%H = \frac{W_{T+MH} - W_{T+MS}}{W_{T+MH} - W_T} \times 100$$

Donde:

WT: Peso del crisol.

WT+MS: Peso del crisol + la muestra seca.

WT+MH: Peso del crisol + la muestra húmeda.

Materia volátil; se analizó las muestras de la arcilla residual y arcilla limpia, luego se pesaron los crisoles y se secaron dentro de la estufa por un periodo de 2 horas, finalmente se dejó enfriar por 45 minutos ambas muestras para poder registrar los pesos en la balanza analítica.

$$\%MV = \frac{W_{T+MS} - W_{T+MSV}}{W_{T+MS} - W_T} \times 100$$

Donde:

WT: Peso del crisol.

WT+MSV: Peso del crisol + la muestra sin MV.

WT+MS: Peso del crisol + la muestra seca.

Cenizas; En el desarrollo de investigación de las características físicas de la arcilla para obtener el poder calorífico, las cenizas siguen el proceso continuo a partir de la materia volátil, lo que fue realizado a una temperatura de 900 °C por 1 hora para dejar enfriar y luego pesar en una balanza analítica.

Fórmula:

$$\% C = \frac{W_{T+MSV} - W_T}{W_{T+MSV} - W_T} \times 100$$

Donde:

WT: Peso del crisol.

WT+MSV: Peso del crisol + la muestra sin MV.

WT+MMV: Peso del crisol + la muestra de solidos volátiles.

Carbono fijo; para el cálculo del carbono fijo es por diferencia de 100 de la suma de los contenidos hallados en porcentajes de materia volátil y ceniza.

Fórmula:

$$\%CF = 100 - (\%Ceniza + \% Materia Volátil)$$

Poder calorífico, es importante porque es uno de los indicadores para determinar la calidad de una arcilla y su comportamiento en el proceso de tratamiento.

Fórmula:

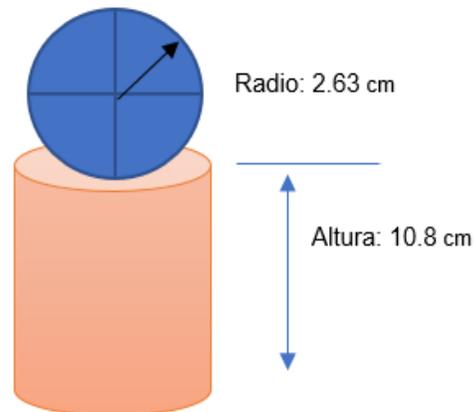
$$PC \text{ (Kcal/kg)} = (\text{Factor ASTM} \times \%CF) + (\text{Factor ASTM} \times \%MV)$$

Densidad aparente, el valor de densidad aparente es un índice del grado de compactación, es decir, la reducción del espacio poroso con radio equivalente mayor, llamado también espacio poroso no capilar, responsable del drenaje rápido del exceso de aceite y, por ende, de la aireación de la arcilla; resultando ser la densidad aparente, un buen indicador de la calidad de la arcilla, el método más aceptado en los estudios es el método del cilindro.

Fórmula:

$$V_C = \pi r^2 h$$

$$D_a = w_{as}/V_C$$



Donde:

VC: Volumen del Cilindro

h: Altura

r: Radio

Was: Peso de la arcilla seca.

$$V_c: 3.1416 * 2.62 \text{ cm}^2 * 10.8 \text{ cm} = 229.4 \text{ cm}^3$$

Capacidad de intercambio catiónico, para el análisis de CIC de la arcilla residual se pesó 5 gramos para luego tamizarlo a malla 10, en la que seguida se realizó la preparación con acetato de amonio 1N para inducirlo en el agitador magnético por un periodo de 30 minutos, finalmente se toman las lecturas para su cálculo.

Fórmula:

$$\text{CIC (meq/100gr)} = \frac{(\text{Vol.gast. NaOHf} - \text{Vol.gast. Blanco}) * N_{\text{NaOH}} * (100+w)}{\text{PS}}$$

Donde:

Vol.gast. NaOHf: Vol. Gast.NaOH en la solución filtrado

Vol.gast. Blanco: Vol. Gastado en el blanco con NaOH

N: Normalidad del hidróxido de sodio 0.1N

W: Humedad gravimétrica de la muestra

PS: Peso del suelo secado al aire

4.6.2. Determinación de la cantidad de hongo *Penicillium janthinellum* en su acción con el bagazo de caña de azúcar para la recuperación de la arcilla residual:

Las cantidades distintas de hongo *Penicillium janthinellum* que se usaron para la presente investigación fueron tomados en una relación volumen/peso, donde la primera dosis fue de 75 ml respecto al peso de la arcilla residual, siendo

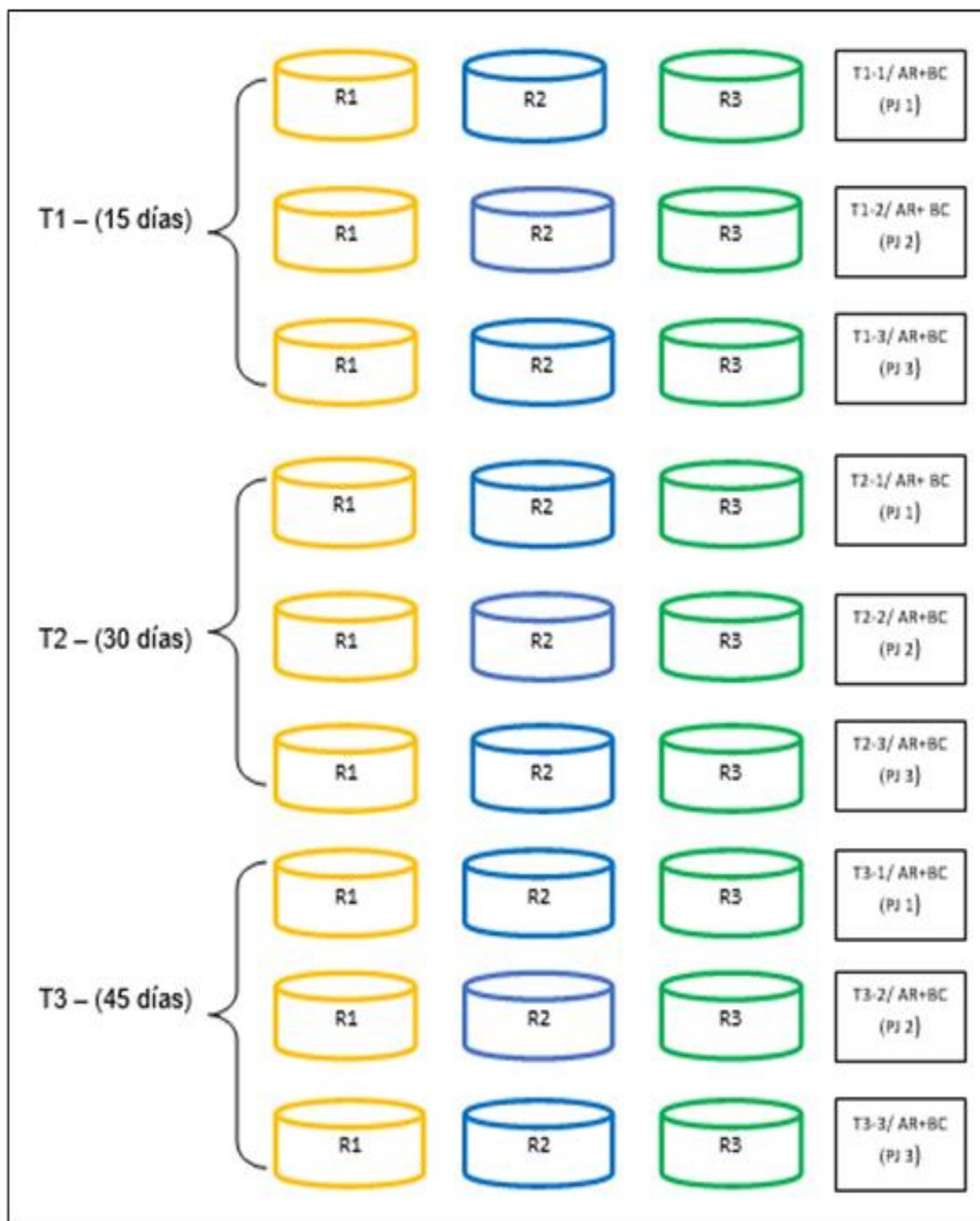
estos 1 500 gramos para cada una de las 27 bandejas; con este criterio se evaluaron las dos siguientes cantidades las cuales fueron 150 ml y 225 ml, encontrándose en la Tabla N° 14 los resultados de la concentración del hongo *Penicillium janthinellum*. Referente a la muestra de bagazo de la caña de azúcar, esta fue recolectada de los vendedores de jugo de caña de azúcar, para luego ser llevada al distrito de Chosica por ser un lugar de mayor temperatura debido a que en Lima en esa temporada se presentaban lloviznas, y pueda ser secado; el tiempo de secado fue aproximadamente de 10 días, luego se cortó con ayuda de una tijera en pequeños trozos.

Finalmente, se pesaron 250 gramos de bagazo de la caña de azúcar acondicionada para cada bandeja del tratamiento experimental.

A continuación, se esquematiza en la Figura N° 3, el tratamiento experimental.

Figura 3

Tratamiento Experimental



Leyenda:

T1: Tratamiento 1

T2: Tratamiento 2

T3: Tratamiento 3

AR: Arcilla residual 1 500 gramos.

R1: Repetición 1

R2: Repetición 2

R3: Repetición 3

BC: Bagazo de caña de azúcar 250 gramos.

PJ (1): Hongo *Penicillium janthinellum* 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml

PJ (2): Hongo *Penicillium janthinellum* 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml

PJ (3): Hongo *Penicillium janthinellum* 225 ml a una concentración de $1\ 012.5 \times 10^3$ conidias/ml

En la Figura N° 4 se muestran las bandejas con la arcilla residual y el bagazo de la caña de azúcar, a los primeros 15 días de tratamiento con distintas cantidades de hongo *Penicillium janthinellum*, siendo estas: 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml, 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml, y 225 ml a una concentración de $1\ 012.5 \times 10^3$ conidias/ml.

Figura 4

Primer Tratamiento por 15 días



En la Figura N° 5 se muestran las bandejas con la arcilla residual y el bagazo de caña de azúcar, a los 30 días de iniciado el tratamiento con distintas cantidades de hongo *Penicillium janthinellum*, siendo estas: 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml, 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml, y 225 ml a una concentración de $1\,012.5 \times 10^3$ conidias/ml.

Figura 5

Segundo Tratamiento por 30 días



En la Figura N° 6 se muestran las bandejas con la arcilla residual y el bagazo de caña de azúcar, a los 45 días de tratamiento con distintas cantidades de hongo *Penicillium janthinellum*, siendo estas: 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml, 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml, y 225 ml a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml.

Figura 6

Tercer Tratamiento por 45 días



4.6.3. Determinación del porcentaje de reducción de aceites y grasas en la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

El tratamiento experimental se realizó en 45 días; en las cuales de manera quincenal se analizaban las características físicos y químicas de la arcilla residual, siendo una de ellas el parámetro de aceites y grasas, en lo que se observó que a medida que pasaban los días su cantidad era reducida.

A continuación, se muestra la fórmula que es uso para la obtención del porcentaje de reducción tomando como valor inicial el resultado de la arcilla residual antes de iniciar el tratamiento experimental.

Fórmula:

$$\% = \frac{A_i - A_f}{A_i} \times 100$$

Donde:

%: Porcentaje de reducción de aceites y grasas.

A_i : Cantidad inicial de aceites y grasas en la arcilla residual.

A_f : Cantidad final de aceites y grasas en la arcilla residual.

4.7. Análisis y Procesamiento de datos

Realizado los análisis, los datos obtenidos fueron ingresados al programa Excel, y SPSS; para obtener la prueba de Normalidad, Anova y Tukey los que darán respuesta a la hipótesis del desarrollo de investigación.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

5.1.1. Determinación de las características fisicoquímicas antes y después del tratamiento de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

Tabla 10

Resultados de la concentración de aceites y grasas en la Arcilla.

| Muestra | Aceites y Grasas (mgAG/Kg) |
|------------------|----------------------------|
| Arcilla Limpia | 0.00 |
| Arcilla Residual | 21,826.10 |

En la tabla N° 10 se presentan los resultados del contenido de aceites y grasas presentes en la arcilla residual, la cual se obtuvo mediante el método Soxhlet. En este resultado se observó que la arcilla limpia no presenta contenido de aceites y grasas, a diferencia de la arcilla residual la cual retiene la grasa remanente generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

Tabla 11

Resultados de las Características Químicas de la Arcilla.

| Muestra | T °C | pH | CE (μ S/cm) | Eh (mv) ⁺ |
|------------------|-------|------|------------------|----------------------|
| Arcilla Limpia | 19.70 | 4.55 | 1,339.00 | 169.60 |
| Arcilla Residual | 19.00 | 4.77 | 4,960.00 | 157.00 |

Donde:

CE: Conductividad Eléctrica.

Eh: Potencial Rédox.

pH: Potencial de hidrógeno.

T: Temperatura.

Respecto a los valores de la conductividad eléctrica mostrados en la Tabla N° 11, esta nos permite conocer la capacidad que tiene la arcilla para conducir corriente eléctrica al aprovechar las sales que lo contiene y cuando la CE es elevada como se observa en la arcilla residual, esta nos indica que tiene una alta concentración de sales por la retención del aceite, sin embargo, el Potencial Redox tiene la capacidad de oxidación por la intervención del oxígeno atmosférico presentes en las muestras, para ello la arcilla residual obtiene un menor valor justamente por la oxidación del peróxido que contiene los aceite vegetales.

Tabla 12

Resultados de las Características Físicas de la Arcilla.

| Muestra | Humedad % | Materia Volátil % | Cenizas % | Carbono Fijo |
|------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------|
| Arcilla Limpia | 7.87 | 3.12 | 91.17 | 5.71 |
| Arcilla Residual | 15.21 | 31.23 | 58.89 | 9.88 |

La arcilla residual contiene un mayor valor de humedad que la arcilla limpia, aumentado este valor por el proceso de blanqueo.

El carbono aumenta porque la arcilla residual contiene el aceite la cual tiene carbono (cadena de carbono)

El resultado de la materia volátil es mayor para el caso de arcilla residual porque está compuesto en gran cantidad de aceite retenido e impurezas adsorbidas del aceite, como los fosfolípidos. Para el caso de la arcilla limpia se determinó 3.12% de volátiles que podrían estar conformados por compuestos orgánicos que se encuentran adheridos a la tierra.

El alto porcentaje de cenizas 91.17% de la arcilla limpia se debe a que este material solo contiene un 3.12% de materia volátil. Por otro lado, a consecuencia del 31.23% de material volátil de la arcilla residual el porcentaje de cenizas resulto menor a un 58.89%, debido a que a una temperatura de 900 °C se volatiliza toda la materia orgánica absorbida por la arcilla residual.

Tabla 13

Resultados de la caracterización física de la Arcilla.

| Muestra | Poder calorífico Kcal/Kg | Densidad Aparente (gr/ cm ³) | CIC (meq/100gr) |
|------------------|-----------------------------|---|-----------------|
| Arcilla Limpia | 842.62 | 0.9808 | 119.74 |
| Arcilla Residual | 4557.76 | 1.3080 | 76.97 |

En la tabla N° 13 se observó que la cantidad de poder calorífico en la arcilla residual es 540% más que el de la arcilla limpia, debido a que la arcilla residual retiene la grasa refinada del aceite vegetal.

Para el caso de la densidad aparente de la arcilla se observa que esta aumenta de 0.9808 gr/cm³ (arcilla limpia) a 1.3080 gr/cm³ (arcilla residual), razón de la adsorción de impurezas y aceite retenido en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

Finalmente, para el caso de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una propiedad de la arcilla para poder adsorber cationes, intercambiándose por otros cationes fijados en la superficie y en espacio interlaminares, es por ello que el resultado de la arcilla limpia resulto mayor a diferencia de la arcilla residual al retener el aceite tiene baja capacidad de intercambio catiónico.

A continuación, en la Tabla N° 14 se muestran los resultados de la concentración de las 3 dosis diferentes de hongo *Penicillium janthinellum*: 75 ml, 150 ml y 225 ml.

Tabla 14

Resultados de la concentración del Hongo Penicillium janthinellum

| Muestra | Volumen por dosis (ml) | Concentración por dosis (conidias/ml) |
|-----------|------------------------|---------------------------------------|
| PH (1500) | 75 | 337.5 x 10 ³ |
| PH (1500) | 150 | 675 x 10 ³ |
| PH (1500) | 225 | 1012.5 x 10 ³ |

Donde:

VPH: Peso del hongo *Penicillium janthinellum*.

Tabla 15*Primer Tratamiento 15 días – Características Fisicoquímicas*

| Muestra | Temperatura C° | Potencial de hidrógeno | CE (μS/cm) | Potencial Rédox (mv) |
|-------------|-------------------|---------------------------|------------|----------------------------|
| T1-(R1-75) | 20.00 | 4.23 | 3660.00 | 275 |
| T1-(R2-75) | 20.00 | 4.26 | 3661.00 | 276 |
| T1-(R3-75) | 20.00 | 4.24 | 3659.00 | 274 |
| T1-(R1-150) | 20.15 | 4.52 | 3120.00 | 251 |
| T1-(R2-150) | 20.15 | 4.54 | 3121.00 | 252 |
| T1-(R3-150) | 20.15 | 4.53 | 3119.00 | 250 |
| T1-(R1-225) | 20.10 | 4.67 | 2480.00 | 254 |
| T1-(R2-225) | 20.10 | 4.66 | 2481.00 | 255 |
| T1-(R3-225) | 20.10 | 4.68 | 2482.00 | 259 |

Tabla 16*Primer Tratamiento 15 días - Características Físicas y Capacidad de Intercambio**Catiónico*

| Muestra | Humedad | Materia Volátil | Cenizas | Carbono Fijo | Poder Calorífico | CIC |
|-------------|---------|--------------------|---------|-----------------|---------------------|-----|
| T1-(R1-75) | 43.43 | 37.90 | 54.83 | 7.27 | 5142.94 | 85 |
| T1-(R2-75) | 43.30 | 37.88 | 54.84 | 7.28 | 5142.56 | 84 |
| T1-(R3-75) | 43.35 | 37.85 | 54.86 | 7.29 | 5139.78 | 86 |
| T1-(R1-150) | 44.45 | 37.61 | 62.20 | 0.19 | 4528.78 | 89 |
| T1-(R2-150) | 44.40 | 37.60 | 62.21 | 0.19 | 4527.58 | 88 |
| T1-(R3-150) | 44.42 | 37.63 | 62.19 | 0.18 | 4530.36 | 90 |
| T1-(R1-225) | 46.48 | 34.72 | 57.72 | 7.56 | 4786.32 | 93 |
| T1-(R2-225) | 46.41 | 34.70 | 57.75 | 7.55 | 4783.10 | 91 |
| T1-(R3-225) | 46.44 | 34.71 | 57.71 | 7.58 | 4786.76 | 94 |

En el primer tratamiento a los 15 días se observa cómo va reduciendo la concentración de los aceites y grasas de acuerdo con la cantidad de hongo *Penicillium janthinellum*.

Tabla 17

Primer Tratamiento 15 días - Aceites y Grasas, y NO³⁻, CO, MO.

| Muestra | Aceite y Grasas (mgAG/Kg) | Nitratos (mg/l) | Carbono Orgánico (%) | Materia Orgánica (%) |
|-------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| T1-(R1-75) | 19,345.23 | 350 | 3.60 | 6.21 |
| T1-(R2-75) | 19,456.45 | 349 | 3.61 | 6.22 |
| T1-(R3-75) | 19,534.65 | 346 | 3.59 | 6.20 |
| T1-(R1-150) | 17,256.12 | 345 | 2.95 | 5.10 |
| T1-(R2-150) | 17,125.45 | 344 | 2.96 | 5.11 |
| T1-(R3-150) | 17,098.87 | 347 | 2.94 | 5.13 |
| T1-(R1-225) | 15,845.54 | 316 | 2.76 | 4.76 |
| T1-(R2-225) | 15,676.23 | 315 | 2.74 | 4.75 |
| T1-(R3-225) | 15,764.20 | 318 | 2.75 | 4.76 |

Seguidamente, se muestran los resultados a 3 cantidades diferentes de: 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml, 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml, y 225 ml a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml, y con 3 repeticiones por cada tratamiento con el hongo *Penicillium janthinellum* en la arcilla residual durante los primeros 30 días.

Tabla 18*Segundo Tratamiento 30 días – Características Fisicoquímicas*

| Muestra | Temperatura C° | Potencial de hidrógeno | CE (μ S/cm) | Potencial Redox (mv) |
|-------------|-------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| T2-(R1-75) | 21.00 | 4.53 | 2546.00 | 270 |
| T2-(R2-75) | 21.00 | 4.56 | 2540.00 | 272 |
| T2-(R3-75) | 21.00 | 4.54 | 2545.00 | 271 |
| T2-(R1-150) | 21.10 | 4.62 | 2341.00 | 248 |
| T2-(R2-150) | 21.10 | 4.64 | 2348.00 | 247 |
| T2-(R3-150) | 21.10 | 4.63 | 2369.00 | 246 |
| T2-(R1-225) | 21.05 | 4.77 | 2098.00 | 235 |
| T2-(R2-225) | 21.05 | 4.76 | 2088.00 | 232 |
| T2-(R3-225) | 21.05 | 4.78 | 2080.00 | 229 |

La temperatura se mantiene constante durante los primeros 30 días de iniciado el tratamiento, sin embargo, la conductividad eléctrica se va reduciendo a medida que aumenta la cantidad de hongo *Penicillium janthinellum*.

Tabla 19*Segundo Tratamiento 30 días - Características Físicas y Capacidad de Intercambio Catiónico*

| Muestra | Humedad | Materia Volátil | Cenizas | Carbono Fijo | Poder Calorífico | CIC |
|-------------|---------|--------------------|---------|-----------------|---------------------|-----|
| T2-(R1-75) | 43.06 | 34.24 | 59.34 | 6.42 | 4635.24 | 60 |
| T2-(R2-75) | 43.08 | 33.12 | 58.14 | 8.74 | 4691.08 | 69 |
| T2-(R3-75) | 43.05 | 35.58 | 60.04 | 4.38 | 4628.76 | 67 |
| T2-(R1-150) | 32.34 | 25.71 | 66.45 | 7.84 | 3728.08 | 74 |
| T2-(R2-150) | 32.36 | 25.45 | 65.95 | 8.60 | 3759.20 | 71 |
| T2-(R3-150) | 32.35 | 25.10 | 65.76 | 9.14 | 3761.48 | 70 |
| T2-(R1-225) | 40.86 | 10.23 | 69.76 | 20.01 | 2868.42 | 78 |
| T2-(R2-225) | 40.85 | 10.40 | 69.96 | 19.64 | 2858.48 | 76 |
| T2-(R3-225) | 40.84 | 10.35 | 69.99 | 19.66 | 2854.12 | 79 |

Tabla 20

Segundo tratamiento 30 días - Aceites y Grasas, y NO³⁻, CO, MO.

| Muestra | Aceite y Grasas (mgAG/Kg) | Nitratos | Carbono Orgánico | Materia Orgánica |
|-------------|---------------------------|----------|------------------|------------------|
| T2-(R1-75) | 17,123.56 | 324 | 3.24 | 6.05 |
| T2-(R2-75) | 17,234.43 | 325 | 3.20 | 6.01 |
| T2-(R3-75) | 17,342.65 | 323 | 3.23 | 6.00 |
| T2-(R1-150) | 12,456.89 | 319 | 2.35 | 5.05 |
| T2-(R2-150) | 12,234.34 | 316 | 2.37 | 5.01 |
| T2-(R3-150) | 12,321.21 | 314 | 2.39 | 5.00 |
| T2-(R1-225) | 10,123.90 | 308 | 2.10 | 4.34 |
| T2-(R2-225) | 10,351.28 | 306 | 2.06 | 4.27 |
| T2-(R3-225) | 10,258.71 | 303 | 2.08 | 4.21 |

Finalmente, se muestran los resultados a los 45 días de iniciado el tratamiento experimental.

Tabla 21

Tercer tratamiento 45 días – Características Fisicoquímicos

| Muestra | Temperatura C° | Potencial de hidrógeno | CE (μS/cm) | Potencial Rédox (mv) |
|-------------|----------------|------------------------|------------|----------------------|
| T3-(R1-75) | 20.00 | 4.38 | 2256.00 | 245 |
| T3-(R2-75) | 20.00 | 4.37 | 2248.00 | 243 |
| T3-(R3-75) | 20.00 | 4.35 | 2240.00 | 238 |
| T3-(R1-150) | 20.00 | 4.49 | 2167.00 | 237 |
| T3-(R2-150) | 20.00 | 4.52 | 2134.00 | 234 |
| T3-(R3-150) | 20.00 | 4.56 | 2128.00 | 235 |
| T3-(R1-225) | 20.05 | 4.80 | 1895.00 | 168 |
| T3-(R2-225) | 20.05 | 4.83 | 1868.00 | 160 |

| | | | | |
|-------------|-------|------|---------|-----|
| T3-(R3-225) | 20.05 | 4.87 | 1860.00 | 158 |
|-------------|-------|------|---------|-----|

Tabla 22

Tercer Tratamiento 45 días - Características Físicas y Capacidad de Intercambio Catiónico

| Muestra | Humedad | Materia Volátil | Cenizas | Carbono Fijo | Poder Calorífico | CIC |
|-------------|---------|-----------------|---------|--------------|------------------|-----|
| T3-(R1-75) | 35.52 | 32.25 | 60.19 | 7.56 | 4489.92 | 58 |
| T3-(R2-75) | 35.50 | 32.55 | 60.29 | 7.16 | 4493.12 | 53 |
| T3-(R3-75) | 35.51 | 32.15 | 60.39 | 7.46 | 4469.72 | 56 |
| T3-(R1-150) | 38.86 | 19.35 | 69.49 | 11.16 | 3237.12 | 62 |
| T3-(R2-150) | 38.85 | 19.65 | 69.39 | 10.96 | 3256.72 | 64 |
| T3-(R3-150) | 38.84 | 19.85 | 69.29 | 10.86 | 3272.52 | 60 |
| T3-(R1-225) | 37.70 | 9.25 | 81.79 | 8.96 | 1844.72 | 67 |
| T3-(R2-225) | 37.72 | 9.35 | 81.60 | 9.05 | 1864.10 | 65 |
| T3-(R3-225) | 37.71 | 9.65 | 81.78 | 8.57 | 1860.74 | 68 |

Tabla 23

Tercer tratamiento 45 días - Aceites y Grasas, y NO³⁻, CO, MO.

| Muestra | Aceite y Grasas (mgAG/Kg) | Nitratos | Carbono Orgánico | Materia Orgánica |
|-------------|---------------------------|----------|------------------|------------------|
| T3-(R1-75) | 13,432.67 | 245 | 3.12 | 5.41 |
| T3-(R2-75) | 13,210.23 | 246 | 3.10 | 5.38 |
| T3-(R3-75) | 13,328.12 | 248 | 3.05 | 5.40 |
| T3-(R1-150) | 9,567.34 | 226 | 2.12 | 4.23 |
| T3-(R2-150) | 9,438.23 | 225 | 2.07 | 4.30 |
| T3-(R3-150) | 9,378.12 | 227 | 2.08 | 4.28 |
| T3-(R1-225) | 7,124.45 | 198 | 2.02 | 3.12 |

| | | | | |
|-------------|----------|-----|------|------|
| T3-(R2-225) | 7,326.25 | 195 | 2.00 | 3.07 |
| T3-(R3-225) | 7,256.19 | 193 | 2.01 | 3.09 |

5.1.2. Determinación de la cantidad de hongo *Penicillium janthinellum* en acción con el bagazo de caña de azúcar para la recuperación de la arcilla residual.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden únicamente a los análisis realizados al bagazo de la caña de azúcar antes de iniciar los tratamientos experimentales.

Tabla 24

Características Fisicoquímicas del Bagazo de la Caña de Azúcar

| Muestra | T °C | pH | CE (µS/cm) | Eh (mv) | Humedad % |
|-----------------------------|-------|------|------------|---------|-----------|
| Bagazo de la caña de azúcar | 18.80 | 5.97 | 262 | 231 | 43 |

Donde:

CE: Conductividad Eléctrica.

Eh: Potencial Rédox.

pH: Potencial de hidrógeno.

T: Temperatura.

Los resultados obtenidos de la caracterización al bagazo de la caña de azúcar que se muestran en la tabla N° 24 permiten la recuperación del aceite durante el tratamiento experimental, el cual trabaja como sustrato para el hongo *Penicillium janthinellum* de 75 ml a una concentración de 337.5×10^3 conidias/ml, 150 ml a una concentración de 675×10^3 conidias/ml, y 225 ml a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml.

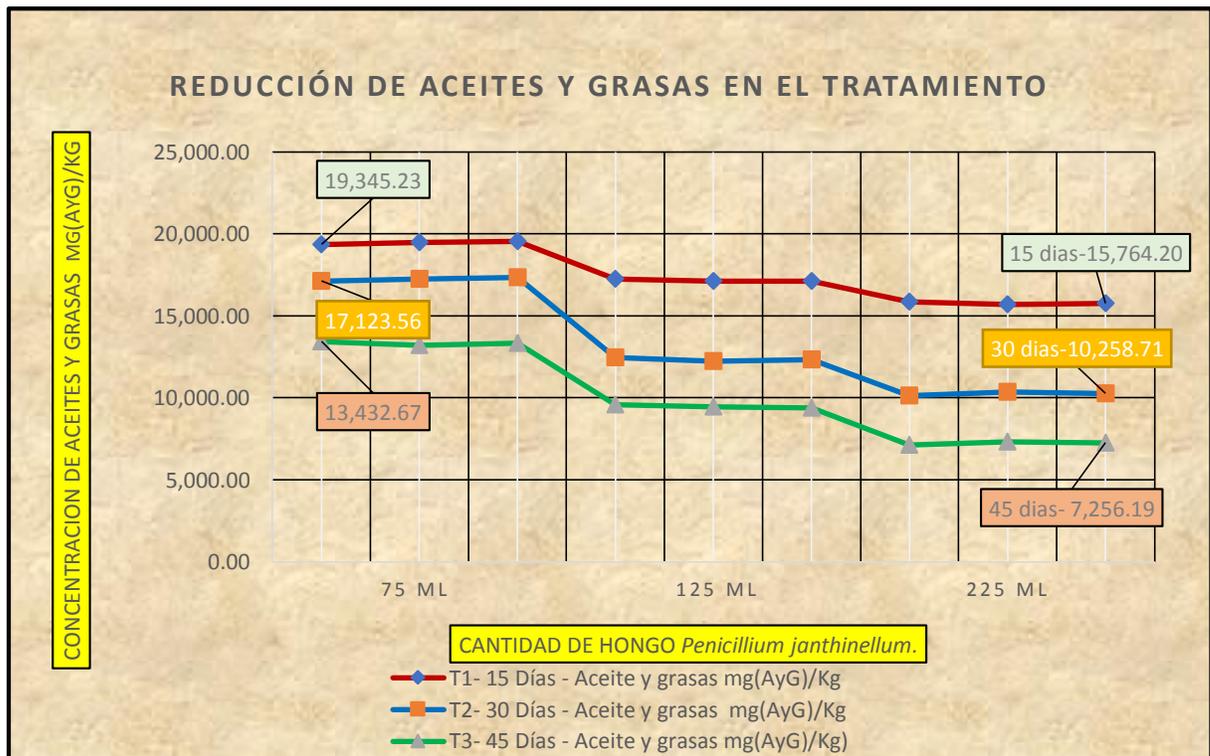
5.1.3. Determinación del porcentaje de reducción de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual.

Una vez obtenidos los resultados de aceites y grasas, se realizó de manera gráfica acorde a las cantidades trabajadas durante los primeros 15 días (T1_ 15 días), 30 días (T2_30 días) y 45 días (T3_45 días).

A continuación, en la Figura N° 7 se presentan los resultados.

Figura 7

Reducción de Aceites y Grasas en el Tratamiento Experimental



En la Tabla N° 25, se muestran los resultados del porcentaje de reducción de aceites y grasas, de la cual se observa que la cantidad que permitió una mayor reducción de aceites y grasas en 45 días fue con la que se trabajó a 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml, tanto en la segunda como en la tercera repetición, ya que se obtuvo una reducción del 66% y 67%, respectivamente, con respecto a la concentración inicial.

Tabla 25

Porcentaje de reducción de aceites y grasas del día 0 al día 45

| Cantidad | Repetición | Muestra | Aceite y grasas (mgAG/Kg) | % Reducción |
|---------------|------------|-------------|---------------------------|-------------|
| 75 ml | Primera | T3-(R1-75) | 13,432.67 | 38 |
| | Segunda | T3-(R2-75) | 13,210.23 | 39 |
| | Tercera | T3-(R3-75) | 13,328.12 | 39 |
| 150 ml | Primera | T3-(R1-150) | 9,567.34 | 56 |
| | Segunda | T3-(R2-150) | 9,438.23 | 57 |
| | Tercera | T3-(R3-150) | 9,378.12 | 57 |
| 225 ml | Primera | T3-(R1-225) | 7,124.45 | 67 |
| | Segunda | T3-(R2-225) | 7,326.25 | 66 |
| | Tercera | T3-(R3-225) | 7,256.19 | 67 |

5.2. Resultados inferenciales:

5.2.1 Análisis de datos para el pH.

Tabla 26

Prueba de Normalidad para el parámetro pH.

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| T_1 | ,248 | 9 | ,116 | ,828 | 9 | ,042 |
| T_2 | ,203 | 9 | ,200* | ,874 | 9 | ,134 |
| T_3 | ,195 | 9 | ,200* | ,864 | 9 | ,107 |

*Esto es un límite inferior de la significancia verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Software estadístico SPSS v26

Se realizó la prueba de Normalidad para el parámetro pH porque resulta ser relevante para el proyecto de investigación durante los 45 días de tratamiento, de modo que al obtener un valor menor a 4 de pH el hongo *Penicillium janthinellum* no podría continuar con la biosorción del aceite retenido en la arcilla residual.

Es por ello, en la tabla N° 26, se obtiene para el primer tratamiento (T_1) a 15 días del parámetro pH una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$), por tanto resulta una estadística no paramétrica (Spearman), a diferencia de los tratamientos a (T_2) 30 días y (T_3) 45 días la significancia resulto mayor a 0,05 ($p > 0,05$), siendo una estadística paramétrica por lo que se realizó la prueba de Pearson los cuales fueron tomados para la evaluación por la existencia de una

distribución normal de datos, y según el grado de libertad (gl) se trabajó con los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk porque la cantidad de muestras resultaron menor a 50, caso contrario se hubiera trabajado con los resultados de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 27

Prueba de Pearson para el parámetro pH.

| | | T_2 | T_3 |
|--|------------------------|--------|--------|
| T_2 | Correlación de Pearson | 1 | ,989** |
| | Sig. (bilateral) | | ,000 |
| <i>Prueba de Normalidad para el parámetro de aceites y grasas.</i> | N | 9 | 9 |
| T_3 | Correlación de Pearson | ,989** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | |
| | N | 9 | 9 |
| T_2 | Correlación de Pearson | 1 | ,989** |
| | Sig. (bilateral) | | ,000 |
| | N | 9 | 9 |
| T_3 | Correlación de Pearson | ,989** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | |
| | N | 9 | 9 |

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).
 Nota: Software estadístico SPSS v 26

Según la Correlación de Pearson los resultados obtenidos en los tratamientos a (T_2) 30 días y (T_3) 45 días obtuvieron el mismo valor de 989, lo que demostró que es una estadística inferencial paramétrica.

5.2.2 Análisis de datos para aceites y grasas.

Tabla 30

Prueba de Normalidad para el parámetro de aceites y grasas.

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| RAG_15 | ,216 | 9 | ,200* | ,839 | 9 | ,057 |
| RAG_30 | ,270 | 9 | ,057 | ,802 | 9 | ,022 |
| RAG_45 | ,232 | 9 | ,177 | ,827 | 9 | ,041 |

Nota: Software estadístico SPSS v 26

En la tabla N° 30 se muestra el resultado de la prueba de Normalidad aplicada para el parámetro de aceites y grasas en los tratamientos de 15 días, 30 días y 45, en la que se obtuvo para el primer tratamiento (RAG_15) a 15 días una significancia mayor a 0,05 ($p > 0,05$), por tanto resultó una estadística paramétrica (Pearson), a diferencia de los tratamientos a (RAG_30) 30 días y (RAG_45) 45 días la significancia resultó menor a 0,05 ($p < 0,05$), siendo una estadística no paramétrica por lo que se realizó la prueba de Spearman, y según el grado de libertad (gl) se trabajó con los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los dos últimos tratamientos.

Tabla 33

Prueba de Spearman para aceites y grasas.

| | | | RAG_30 | RAG_45 |
|-----------------|--------|----------------------------|--------|--------|
| Rho de Spearman | RAG_30 | Coeficiente de Correlación | 1,000 | ,933** |
| | | Sig. (bilateral) | | ,000 |
| | | N | 9 | 9 |
| | RAG_45 | Coeficiente de Correlación | ,933** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | |
| | | N | 9 | 9 |

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Nota: Software estadístico SPSS v 26

Se realizó la Correlación de Spearman para el tratamiento (RAG_30) a 30 días y el tratamiento (RAG_45) a 45 debido a que la significancia (sig) resultó menor a 0,05 por lo que no existe una distribución normal de los datos.

5.2.3 Análisis de datos para el porcentaje de reducción de aceites y grasas.

En las siguientes tablas se presentan los resultados estadísticos de la Prueba de Análisis de Varianza (Anova) para el porcentaje de reducción de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual en los tratamientos a 15 días, 30 días y 45 días.

Tabla 35*Estadísticos del Análisis de varianza para los tratamientos 1, 2 y 3.*

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del Intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|-------|----|------------|---------------------|----------------|--|-----------------|----------|----------|
| | | | | | Límite Inferior | Límite Superior | | |
| 1 | 9 | 174558,556 | 1612,13792 | 537,37931 | 16216,6567 | 18695,0545 | 15676,23 | 19534,65 |
| 2 | 9 | 13271,8456 | 3107,84052 | 1035,94684 | 10882,9479 | 15660,7433 | 10123,90 | 17342,65 |
| 3 | 9 | 10006,8444 | 2669,28087 | 889,76029 | 7955,0535 | 12058,6354 | 7124,45 | 13432,67 |
| Total | 27 | 13578,1819 | 3951,74543 | 760,51376 | 12014,9234 | 15141,4403 | 7124,45 | 19534,65 |

Nota: Software estadístico SPSS v 26**Tabla 36***Resultados del Análisis de Varianza - Anova.*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 250961815,4 | 2 | 125480907,7 | 19,442 | ,000 |
| Dentro de grupos | 155061774,2 | 24 | 6460907,257 | | |
| Total | 406023589,6 | 26 | | | |

Nota: Software estadístico SPSS v 26

En la tabla N° 36 se muestran los resultados del análisis de varianza en la que los números no resultaron muy claro debido a que son no paramétricos por tener una significancia menor a 0,05, y no se puede observar claramente la mejor dosis, es por ello se realiza la Prueba de Tukey, a continuación.

Tabla 37

Prueba de Tukey para los datos de los tratamientos 1, 2 y 3.

| TRATAMIENTO | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|-------------|---|------------------------------|------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 9 | 10006,8444 | | |
| 2 | 9 | | 13271,8456 | |
| 1 | 9 | | | 17455,8556 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Nota: Software estadístico SPSS v 26

Los resultados de la Prueba de Tukey corroboraron estadísticamente que la mejor reducción de aceites y grasas se obtuvo en el tercer tratamiento con la cantidad de 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml, siendo la más óptima; de este modo se acepta la hipótesis general de la presente investigación.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

1. Los resultados descriptivos e inferenciales obtenidos durante el proceso de biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum* demostraron la recuperación de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible, por lo que acepta la hipótesis general.
2. La concentración inicial de aceites y grasas contenidos en la arcilla residual en el día cero resultó 21 826,10 mgAG/kg, el cual fue calculado bajo el método de Soxhlet y contrastados con la prueba de Normalidad en el factor de aceites y grasas en la que se demostró la diferencia entre la cantidad de aceites y grasas durante el primer tratamiento con el tercer tratamiento, por lo que se acepta la hipótesis general.
3. Según la prueba de Normalidad para aceites y grasas, los análisis estadísticos demostraron que los resultados obtenidos son diferentes durante los tres tratamientos, por lo que el comportamiento de reducción de aceites y grasas a los 45 días bajo la cantidad de 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.50 \times 10^3$ conidias/ml resultó aceptable y de este modo se acepta la hipótesis general del investigador.
4. Se aplicó el método de Diferencia Honestamente Significativa de Tukey (HSD Tukey) en la tabla N° 31 para comparar los tres tratamientos aplicados a igual número de muestras bajo diferentes cantidades de hongo *Penicillium*

janthinellum en la arcilla residual, en la que resulto que los valores de las varianzas obtenidas fueron diferentes en los tres tratamientos, de modo que el porcentaje de reducción fue del 67%; por lo tanto, se acepta la hipótesis general.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Según (Salazar López, 2019) en su investigación de tesis, analizo el parámetro de intercambio catiónico tanto para la arcilla limpia y arcilla residual el cual tuvo el resultado de [35,1; 1,78], respectivamente, mientras que en nuestra investigación los resultados obtenidos para la capacidad de intercambio catiónico fue de [119,74; 76,97]; de este modo concluimos que la capacidad de intercambio catiónico de la arcilla residual resulto para ambas investigaciones menor que al de la arcilla limpia, puesto que en el proceso de blanqueo el objetivo de las arcillas limpias es realizar la retención y adsorción de impurezas y contaminantes, y las arcillas residuales poseen claramente menor capacidad de intercambiar iones al haber retenido aceites y grasas.

Según (Cortés & Torres, 2016), en su investigación midieron la cantidad inicial de aceites y grasas contenidas en la arcilla generada en el proceso de filtración del aceite comestible, el cual tuvo como resultado en una muestra de 10 gramos un total de 3 634 mg(AyG)/kg por el método Soxhlet, y en el presente trabajo el resultado obtenido de aceites y grasas para una muestra de 4.5 gramos de arcilla residual resulto 21 826,10 mg(AyG)/kg; sin embargo los investigadores indicaron que el resultado tendría inconsistencias debido a que al realizar la

extracción con solvente puede que haya quedado una gran cantidad de este por lo que la cantidad de aceites y grasas resulto menor que la del presente trabajo.

En nuestro estudio los valores obtenidos por la medición de materia volátil y cenizas en la arcilla limpia y residual resultaron inversamente proporcional, esto también debido a que la arcilla tiene la propiedad de adsorber las impurezas y el aceite retenido, es por ello por lo que el resultado de la materia volátil de la arcilla limpia para la presente investigación como en la de los autores (Haro, Guevara , De la Torre, & Aragón, 2014) resultó mucho menor al de la arcilla residual, ya que este último volatiliza a 900°C toda la materia orgánica. Por esta razón adicionalmente los contenidos de cenizas son superiores en la arcilla limpia para ambas investigaciones.

Según (Campian Avellaneda, 2018), en su estudio analizo la cantidad de aceites y grasas retenidas en el suelo contaminado con aceite dieléctrico en el día 0, 10 y 20 días de tratamiento bajo las concentraciones de 10 ml, 20 ml y 30 ml de *Penicillium janthinellum* y bajo granulometrías del bagazo de la caña de azúcar de 1mm, 2 mm, 3 mm; de este modo el resultado optimo al tratamiento fue de 30 ml de *Penicillium janthinellum* y con una granulometría de 1 mm a los 20 días, en la que se obtuvo un porcentaje de reducción de aceites y grasas al 73.26%; y lo que respecta a la presente investigación el hongo *Penicillium janthinellum* logro reducir un 67% la concentración de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual en los 45 días de tratamiento bajo 250 ml de *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.5 \times 10^3$ conidias/ml; esto se debe a que las tierras de blanqueo poseen

una alta fuerza de adsorción de contaminantes, según (Salazar López, 2019, pág. 26) , es por ello que la arcilla limpia retiene mayor cantidad de aceites y grasas que el suelo común; de este modo a los 45 días se obtuvo un 67% de reducción comparado con el aceite dieléctrico que logro un 73,26% en tan solo 20 días de tratamiento.

Según (Cerna Apaza, (2018)), demostró que luego de 35 días de tratamiento bajos tres cantidades distintas de hongo *Penicillium janthinellum* a 520 ml, 160 ml y 55ml, y una misma concentración de estiércol de vacuno y de rastrojo (180 y 120 gramos respectivamente), permitieron la reducción de 10 000 mgAG/kg a 7 487,77 mgAG/kg, el cual tuvo un porcentaje de reducción de un 25%; mientras que en la presente investigación la reducción de aceites y grasas retenidas en la arcilla residual fue de 21 826,10 mgAG/kg a 7 256,10 mgAG/kg, teniendo como porcentaje de reducción a un 67%; de este modo se comprueba nuevamente que el tratamiento con el hongo *Penicillium janthinellum*, permiten la reducción y degradación del aceite sea comestible o un hidrocarburo; resultando ser más eficiente para la recuperación de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.

6.3. Responsabilidad ética

La presente investigación denominada “Biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum* para la recuperación de la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible” ha sido elaborado con datos e información verídica, asimismo se respeta los derechos del

autor dado que existen citas, referencias y fichas; demostrando la veracidad y originalidad de la presente investigación.

CONCLUSIONES

1. En la evaluación de los tratamientos experimentales, se demostró la recuperación de la arcilla residual mediante el método de biosorción, utilizando biomásas tales como el bagazo de la caña de azúcar y el hongo *Penicillium janthinellum*; los cuales permitieron la reducción de aceites y grasas en la arcilla residual.

2. Se determinaron las características fisicoquímicas de la arcilla residual antes del tratamiento experimental, tales como: potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, potencial redox, temperatura y principalmente aceites y grasas con 21 826,10 mgAG/Kg, siendo este el de mayor concentración; sin embargo, después de los 45 días de tratamiento se determinaron nuevamente las características fisicoquímicas, en el cual la arcilla residual resulto con 7 124,45 mgAG/Kg de aceites y grasas; del mismo modo también se observaron variaciones mínimas en cuanto a los otros parámetros medidos.

3. La cantidad de 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.50 \times 10^3$ conidias/ml en su acción con 250 gramos de bagazo de la caña de azúcar permitió la mayor reducción de aceites y grasas en la arcilla residual durante el tratamiento experimental.

4. Los porcentajes de reducción de aceites y grasas en la arcilla residual durante los 15, 30 y 45 días de tratamiento experimental, resultaron al 38%, 57% y 67%, respectivamente; siendo el de mayor reducción el 67% obtenido

a los 45 días mediante 225 ml de hongo *Penicillium janthinellum* a una concentración de $1,012.50 \times 10^3$ conidias/ml.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar de manera periódica las características fisicoquímicas a fin de asegurar que los microorganismos estén degradando los aceites y grasas.

Se recomienda realizar pruebas con otras biomásas muertas y microbial, pudiendo ser restos de poda en sustitución del bagazo de caña de azúcar y *Lactobacillus* en reemplazo del *Penicillium*.

Se recomienda analizar el aprovechamiento de la arcilla residual recuperada para compostaje, debido a que contiene componentes orgánicos luego de la degradación del aceite con el hongo y bagazo de caña de azúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asuntos Ambientales SH Consulting. (s.f.). *Tratamiento de tierras de blanqueo usadas en el proceso productivo de aceites vegetales*. Lima.
- Barboza Quiroz , M., Infante Quispe, A., & Quispe Chilón , M. (2010). *Yacimientos No Metálicos*. Cajamarca.
- Becerra Quiroz , A. (2016). *Evaluación de la sustentabilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca - Colombia a partir del Análisis de Ciclo Vida*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Bermejo Campos, D. F. (2016). *“Remoción de Plomo y Cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao.* . Cuenca.
- Campian Avellaneda, D. (2018). *Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de Penicillium Janthinellum asociado con bagazo de caña de azúcar en Shangrilla, Puente Piedra* . Lima: Universidad Cesar Vallejo .
- Cerna Apaza, B. ((2018)). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos usando el hongo Penicillium janthinellum en los servicios generales de la UNALM - La Molina, 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Collantes Zegarra, L. (2019). *Capacidad biosorbente de Plomo de la cáscara de naranja (Citrus sinensis (L.) Osbeck) y la vaina de taya (Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze)*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cortés, L., & Torres, S. (2016). *Evaluación de alternativas para el aprovechamiento del residuo de la filtración de un aceite comestible*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Davila , P. (2015). Biosorción de Metales Pesados. *Latin American Journal of Science Education*, 3.
- EcuRed. (17 de 06 de 2018). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: <https://WWW.ecured.cu/bentonita>
- EcuRed. (Abril de 2019). *Penicillium*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Penicillium>
- Espinoza Morales , A., & Zapata Contreras, L. (2010). *Estudio de aceites vegetales comestibles* .

- García Romero , E., & Suárez Barrios , M. (s.f.). *LAS ARCILLAS: PROPIEDAD Y USOS*. Salamanca.
- Haro Rodríguez , C. A. (2012). *Diseño conceptual de una planta de recuperación de arcillas de blanqueo empleadas en la decoloración de aceites vegetales comestibles*. Quito.
- Haro, C., Guevara , A., De la Torre, E., & Aragón, C. (2014). Regeneración de Arcillas de Blanqueo Empleadas en la Decoloración de Aceites Vegetales Comestibles. *Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Metalurgia Extractiva.*, 8.
- Loor Alcivar , V., & Jara Valle, D. (2016). *Recuperación de aceite en tierra de blanqueo usada a través de extracción con solventes para obtener biodiesel*. . Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Márquez, L. (2013). *Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en Cañete para producir biodiesel*. Lima: Universidad de Piura.
- MINAM. (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima: Normas Legales.
- Monge Talavera, G., Cantanhede Goncalves, A., & Luisa Esparza, M. (2012). *MINIMIZACIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES Y PELIGROSOS*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Morales Avila , J. (2018). *Producción artesanal de calaminas ecológicas a partir del cogollo de piña y bagazo de la caña de azúcar del mercado Caqueta del distrito del Rimac - 2018*. Lima.
- Pintado, K. (2018). *Comparación de la Biosorción y Desorción de metales pesados mediante el uso de marlo de maíz (Zea mays) en aguas contaminadas*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Riba, J.-R. (2010). Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible. Catalunya.
- Rodríguez Guoz , E. R. (2007). *Análisis y reducción de pérdidas de producción en una industria de aceite de soya*. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Salazar López, J. (2019). *Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación del aceite de palma*. . Bogotá: Fundación Universidad de América.

Sanchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación*. Lima.

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES | POBLACIÓN Y MUESTRA | METODOLOGÍA |
|---|---|--|---|---|---|
| <p>¿Será posible recuperar la arcilla residual obtenida del proceso de blanqueo del aceite comestible mediante la biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo <i>Penicillium janthinellum</i>?</p> | <p>Objetivo General: Evaluar la recuperación de la arcilla residual obtenida del proceso de blanqueo del aceite comestible mediante la biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo <i>Penicillium janthinellum</i>.</p> <p>Objetivos Específicos: Determinar las características fisicoquímicas antes y después de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible. Determinar la cantidad del hongo <i>Penicillium janthinellum</i>, en su acción con el bagazo de la caña de azúcar, en la recuperación de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible. Determinar el porcentaje de reducción de aceites y grasas en la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> | <p>H₀: La biosorción, utilizando el bagazo de la caña de azúcar y el hongo <i>Penicillium janthinellum</i> permitirán recuperar la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> <p>H₁: Las características fisicoquímicas influirán en la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> <p>H₂: La cantidad del hongo <i>Penicillium janthinellum</i> y su acción con el bagazo de la caña de azúcar permitirán la reducción de aceites y grasas en la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> <p>H₃: El porcentaje de reducción de aceites y grasas será mayor al 60% en el tratamiento de la arcilla residual generada en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> | <p>1. Variable Independiente: Biosorción con el bagazo de la caña de azúcar y el hongo <i>Penicillium janthinellum</i>.</p> <p>2. Variable Dependiente: Recuperación de la arcilla residual generado en el proceso de blanqueo del aceite comestible.</p> | <p>Población: La población está constituida por la arcilla residual generada como parte del blanqueamiento del aceite comestible en la empresa Alicorp.</p> <p>Muestra: La muestra de arcilla residual de la empresa Alicorp, se realizó de acuerdo con la guía de muestreo de suelo del Decreto Supremo N°011-2017/MINAM donde se tomaron 54 kilogramos de arcilla residual la que fue cuarteada de manera representativa.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de Investigación: Aplicativo 2. Diseño de la Investigación: experimental 3. Recolección de la información: Tipo documental, observación directa. 4. Técnicas estadísticas: Se utilizará el Software SPSS versión 26 para los datos estadísticos. |

ANEXO 1 - Matriz de consistencia

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

ANEXO 2 - Ficha de muestreo

| <u>FORMATO DE TOMA DE MUESTRA PARA ANALISIS DE LABORATORIO</u> | | |
|---|--------------------------|-----------|
| Datos del Solicitante | | |
| Nombre: | Email: | Teléfono: |
| Empresa: | Fecha: | |
| Datos de la Muestra | | |
| Ubicación: | Código: | Peso: |
| Coordenadas: | Hora: | |
| Análisis solicitado: | | |
| Potencial Rédox: | Conductividad Eléctrica: | pH: |
| Temperatura: | Aceites y Grasas: | |

ANEXO 3 - Ficha de seguimiento y control

| RESPONSABLE | | LUGAR | | | | | | |
|----------------------|--|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|--|------------------------|--|
| FECHA | | | | | TIEMPO | | | |
| | | CODIGOS DE LAS MUESTRAS | PORCENTAJE - DOSIS | NUMERO DE REPETICIONES | CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS | | PROCENTAJE - REDUCCION | |
| TRATAMIENTO 0 | | TA | | | | | | |
| TRATAMIENTO 1 | | T1.1 | | | | | | |
| | | T1.2 | | | | | | |
| | | T1.3 | | | | | | |
| | | T1.4 | | | | | | |
| | | T1.5 | | | | | | |
| | | T1.6 | | | | | | |
| | | T1.7 | | | | | | |
| | | T1.8 | | | | | | |
| | | T1.9 | | | | | | |
| TRATAMIENTO 2 | | T2.1 | | | | | | |
| | | T2.2 | | | | | | |
| | | T2.3 | | | | | | |
| | | T2.4 | | | | | | |
| | | T2.5 | | | | | | |
| | | T2.6 | | | | | | |
| | | T2.7 | | | | | | |
| | | T2.8 | | | | | | |
| | | T2.9 | | | | | | |
| TRATAMIENTO 3 | | T3.1 | | | | | | |
| | | T3.2 | | | | | | |
| | | T3.3 | | | | | | |
| | | T3.4 | | | | | | |
| | | T3.5 | | | | | | |
| | | T3.6 | | | | | | |
| | | T3.7 | | | | | | |
| | | T3.8 | | | | | | |
| | | T3.9 | | | | | | |

ANEXO 4 - Ficha del procesamiento de datos

| Caracterización física – químicos de la arcilla residual | | | | |
|---|---------------------------|------------|----------------------|----------------------|
| Nombre de la investigación | | | | |
| Muestra: | | | Fecha: | |
| Parámetro | Resultado obtenido | | Observaciones | |
| Temperatura (°C) | | | | |
| Potencial de hidrogeno (pH) | | | | |
| Conductividad Eléctrica (uS/cm) | | | | |
| Potencial Redox (mv) | | | | |
| Caracterización física de la arcilla residual | | | | |
| Dosis de hongo <i>Penicillium janthinellum</i>: | | | | |
| Tratamiento: | | | Fecha: | |
| Parámetros | Resultado | | | Observaciones |
| | N° 1 | N°2 | N°3 | |
| Temperatura | | | | |
| Conductividad eléctrica | | | | |
| Potencial de | | | | |

| | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|
| Hidrogeno | | | | |
| Potencial redox | | | | |
| Humedad | | | | |
| Materia Volátil | | | | |
| Cenizas | | | | |
| Carbono Fijo | | | | |
| Poder Calorífico | | | | |
| CIC | | | | |
| Aceites y grasas | | | | |
| Carbono Fijo | | | | |
| Materia Orgánica | | | | |
| Nitratos | | | | |

ANEXO 5 - Informe técnico de los parámetros fisicoquímicos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de Arcilla Residual – Bagazo de Caña de Azúcar

Solicitado por: Sharon Daria Carbajal Ordoñez

Procedencia de la Muestra: Filtro de Aceite Domestico Alicorp - Lima

Recepción de la Muestra: 24 / 08 / 2019

Parámetros Físicos y Químicos

| Código | T°C | pH Relación: 1:1 | Conductividad eléctrica (µS/cm) Relación: 1:1 | Potencial Redox (Eh) (mv) |
|--------------------------|------|------------------------|---|---------------------------------|
| AL (arcilla Limpia) | 19.7 | 4.55 | 1339 | 169.6 |
| AR (arcilla Residual) | 19 | 4.77 | 4960 | 187 |

| Código | T°C | pH Relación: 1:1 | Conductividad eléctrica (µS/cm) Relación: 1:1 | Potencial Redox (Eh) (mv) |
|-----------------------------|------|---------------------|--|---------------------------------|
| Bagazo de Caña de Azúcar | 18.8 | 5.97 | 262 | 231 |

| Código | Aceites y Grasas (inicial) mgAG/Kg | Humedad de Arcilla (Inicial) (%) | Humedad de Bagazo de Caña de Azúcar |
|--------------------------|--|--|---|
| AR (arcilla residual) | 21,826.10 | 15.21 | 43 |
| AL (arcilla Limpia) | 0 | 7.87 | |

Método Soxhlet - Por Reflujo, Método Potenciometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 6 – Informe técnico de las características de la arcilla limpia y residual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Características de la Arcilla Limpia - Residual

| Código | Materia Volátil (%) | Cenizas (%) | Carbono Fijo (%) | Poder Calorífico Kcal/kg |
|--------------------------|---------------------|-------------|------------------|--------------------------|
| AL (arcilla Limpia) | 3.12 | 91.17 | 5.71 | 842.62 |
| AR (arcilla Residual) | 31.23 | 58.89 | 9.88 | 4557.76 |

| Código | Densidad Aparente (gr/cm ³) | Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100gr) | Porcentaje de Humedad Gravimétrica (%) |
|--------------------------|---|--|--|
| AL (arcilla Limpia) | 0.9808 | 119.74 | 8.76 |
| AR (arcilla Residual) | 1.308 | 76.97 | 15.01 |

ASTM D2216, ASTM D3175, ASTM D5142, ASTM D3172, ASTM D5865

Lima, 10 de Setiembre del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 7 - Informe técnico del primer tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tratamiento de Aceite en Arcilla Residual

Solicitado por: Sharon Daria Carbajal Ordoñez

Procedencia de la Muestra: Filtro de Aceite Domestico Alicorp - Lima

Recepción de la Muestra: 31 / 10 / 2019

Primer Tratamiento 15 días – (15/10/2019 – 30/10/2019)

| Código | Temperatura C° | Potencial de hidrogeno(pH) | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Potencial redox (mv) |
|-------------|----------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| T1-(R1-75) | 20.00 | 4.23 | 3660.00 | 275 |
| T1-(R2-75) | 20.00 | 4.26 | 3661.00 | 276 |
| T1-(R3-75) | 20.00 | 4.24 | 3659.00 | 274 |
| T1-(R1-150) | 20.15 | 4.52 | 3120.00 | 251 |
| T1-(R2-150) | 20.15 | 4.54 | 3121.00 | 252 |
| T1-(R3-150) | 20.15 | 4.53 | 3119.00 | 250 |
| T1-(R1-225) | 20.10 | 4.67 | 2480.00 | 254 |
| T1-(R2-225) | 20.10 | 4.66 | 2481.00 | 255 |
| T1-(R3-225) | 20.10 | 4.68 | 2482.00 | 259 |

| Código | Aceite y grasas mg (AyG)/Kg | Nitratos (mg/l) | Carbono Orgánico (%) | Materia Orgánica (%) |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| T1-(R1-75) | 19,345.23 | 350 | 3.60 | 6.21 |
| T1-(R2-75) | 19,456.45 | 349 | 3.61 | 6.22 |
| T1-(R3-75) | 19,534.65 | 346 | 3.59 | 6.20 |
| T1-(R1-150) | 17,256.12 | 345 | 2.95 | 5.10 |
| T1-(R2-150) | 17,125.45 | 344 | 2.96 | 5.11 |
| T1-(R3-150) | 17,098.87 | 347 | 2.94 | 5.13 |
| T1-(R1-225) | 15,845.54 | 316 | 2.76 | 4.76 |
| T1-(R2-225) | 15,676.23 | 315 | 2.74 | 4.75 |
| T1-(R3-225) | 15,764.20 | 318 | 2.75 | 4.76 |

Método Soxhlet - Por Reflujo, Método Potenciometría, Método Espectrofotometría UV

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Primer Tratamiento 15 días – (15/10/2019 – 30/10/2019)

| Código | Humedad (%) | Materia Volátil (%) | Cenizas (%) | Carbono Fijo (%) | Poder Calorífico Kcal/kg | Capacidad de Intercambio Cationico (meq/100gr) |
|-------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|--------------------------|--|
| T1-(R1-75) | 43.43 | 37.90 | 54.83 | 7.27 | 5142.94 | 85 |
| T1-(R2-75) | 43.30 | 37.88 | 54.84 | 7.28 | 5142.56 | 84 |
| T1-(R3-75) | 43.35 | 37.85 | 54.86 | 7.29 | 5139.78 | 86 |
| T1-(R1-150) | 44.45 | 37.61 | 62.20 | 0.19 | 4528.78 | 89 |
| T1-(R2-150) | 44.40 | 37.60 | 62.21 | 0.19 | 4527.58 | 88 |
| T1-(R3-150) | 44.42 | 37.63 | 62.19 | 0.18 | 4530.36 | 90 |
| T1-(R1-225) | 46.48 | 34.72 | 57.72 | 7.56 | 4786.32 | 93 |
| T1-(R2-225) | 46.41 | 34.70 | 57.75 | 7.55 | 4783.10 | 91 |
| T1-(R3-225) | 46.44 | 34.71 | 57.71 | 7.58 | 4786.76 | 94 |

ASTM D2216, ASTM D3175, ASTM D5142, ASTM D3172, ASTM D5865

Lima, 05 Noviembre del 2019



MSc. Atlio Mendoza
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 8 - Informe técnico del segundo tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tratamiento de Aceite en Arcilla Residual

Solicitado por: Sharon Daria Carbajal Ordoñez

Procedencia de la Muestra: Filtro de Aceite Domestico Alicorp - Lima

Recepción de la Muestra: 18 / 11/ 2019

Segundo Tratamiento 30 días – (30/10/2019 – 15/11/2019)

| Código | Temperatura C° | Potencial de hidrogeno(pH) | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Potencial redox (mv) |
|-------------|----------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| T2-(R1-75) | 21.00 | 4.53 | 2546.00 | 270 |
| T2-(R2-75) | 21.00 | 4.56 | 2540.00 | 272 |
| T2-(R3-75) | 21.00 | 4.54 | 2545.00 | 271 |
| T2-(R1-150) | 21.10 | 4.62 | 2341.00 | 248 |
| T2-(R2-150) | 21.10 | 4.64 | 2348.00 | 247 |
| T2-(R3-150) | 21.10 | 4.63 | 2369.00 | 246 |
| T2-(R1-225) | 21.05 | 4.77 | 2098.00 | 235 |
| T2-(R2-225) | 21.05 | 4.76 | 2088.00 | 232 |
| T2-(R3-225) | 21.05 | 4.78 | 2080.00 | 229 |

| Código | Aceite y grasas mg (AyG)/Kg | Nitratos (mg/l) | Carbono Orgánico (%) | Materia Orgánica (%) |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| T2-(R1-75) | 17,123.56 | 324 | 3.24 | 6.05 |
| T2-(R2-75) | 17,234.43 | 325 | 3.20 | 6.01 |
| T2-(R3-75) | 17,342.65 | 323 | 3.23 | 6.00 |
| T2-(R1-150) | 12,456.89 | 319 | 2.35 | 5.05 |
| T2-(R2-150) | 12,234.34 | 316 | 2.37 | 5.01 |
| T2-(R3-150) | 12,321.21 | 314 | 2.39 | 5.00 |
| T2-(R1-225) | 10,123.90 | 308 | 2.10 | 4.34 |
| T2-(R2-225) | 10,351.28 | 306 | 2.06 | 4.27 |
| T2-(R3-225) | 10,258.71 | 303 | 2.08 | 4.21 |

Método Soxhlet - Por Reflujo, Método Potenciometría, Método Espectrofotometría UV

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú

Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Segundo Tratamiento 30 días – (30/10/2019 – 15/11/2019)

| Código | Humedad (%) | Materia Volátil (%) | Cenizas (%) | Carbono Fijo (%) | Poder Calorífico Kcal/kg | Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100gr) |
|-------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|--------------------------|--|
| T2-(R1-75) | 43.06 | 34.24 | 59.34 | 6.42 | 4635.24 | 60 |
| T2-(R2-75) | 43.08 | 33.12 | 58.14 | 8.74 | 4691.08 | 69 |
| T2-(R3-75) | 43.05 | 35.58 | 60.04 | 4.38 | 4628.76 | 67 |
| T2-(R1-150) | 32.34 | 25.71 | 66.45 | 7.84 | 3728.08 | 74 |
| T2-(R2-150) | 32.36 | 25.45 | 65.95 | 8.6 | 3759.2 | 71 |
| T2-(R3-150) | 32.35 | 25.10 | 65.76 | 9.14 | 3761.48 | 70 |
| T2-(R1-225) | 40.86 | 10.23 | 69.76 | 20.01 | 2868.42 | 78 |
| T2-(R2-225) | 40.85 | 10.40 | 69.96 | 19.64 | 2858.48 | 76 |
| T2-(R3-225) | 40.84 | 10.35 | 69.99 | 19.66 | 2854.12 | 79 |

ASTM D2216, ASTM D3175, ASTM D5142, ASTM D3172, ASTM D5865

Lima, 24 Noviembre del 2019

MSc. Atilio Mendoza
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 9 - Informe técnico del tercer tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tratamiento de Aceite en Arcilla Residual

Solicitado por: Sharon Daria Carbajal Ordoñez

Procedencia de la Muestra: Filtro de Aceite Domestico Alicorp - Lima

Recepción de la Muestra: 02 / 12 / 2019

Tercer Tratamiento 45 días – (15/11/2019 – 30/11/2019)

| Código | Temperatura C° | Potencial de hidrogeno (pH) | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Potencial redox (mv) |
|-------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| T3-(R1-75) | 20.00 | 4.38 | 2256.00 | 245 |
| T3-(R2-75) | 20.00 | 4.37 | 2248.00 | 243 |
| T3-(R3-75) | 20.00 | 4.35 | 2240.00 | 238 |
| T3-(R1-150) | 20.00 | 4.49 | 2167.00 | 237 |
| T3-(R2-150) | 20.00 | 4.52 | 2134.00 | 234 |
| T3-(R3-150) | 20.00 | 4.56 | 2128.00 | 235 |
| T3-(R1-225) | 20.05 | 4.80 | 1895.00 | 168 |
| T3-(R2-225) | 20.05 | 4.83 | 1868.00 | 160 |
| T3-(R3-225) | 20.05 | 4.87 | 1860.00 | 158 |

| Código | Aceite y grasas (mg (AyG)/Kg) | Nitratos (mg/l) | Carbono Orgánico (%) | Materia Orgánica (%) |
|-------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| T3-(R1-75) | 13,432.67 | 245 | 3.12 | 5.41 |
| T3-(R2-75) | 13,210.23 | 246 | 3.10 | 5.38 |
| T3-(R3-75) | 13,328.12 | 248 | 3.05 | 5.40 |
| T3-(R1-150) | 9,567.34 | 226 | 2.12 | 4.23 |
| T3-(R2-150) | 9,438.23 | 225 | 2.07 | 4.30 |
| T3-(R3-150) | 9,378.12 | 227 | 2.08 | 4.28 |
| T3-(R1-225) | 7,124.45 | 198 | 2.02 | 3.12 |
| T3-(R2-225) | 7,326.25 | 195 | 2.00 | 3.07 |
| T3-(R3-225) | 7,256.19 | 193 | 2.01 | 3.09 |

Método Soxhlet - Por Reflujo, Método Potenciometría, Método Espectrofotometría UV

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer Tratamiento 45 días – (15/11/2019 – 30/11/2019)

| Código | Humedad (%) | Materia Volátil (%) | Cenizas (%) | Carbono Fijo (%) | Poder Calorífico Kcal/kg | Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100gr) |
|-------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|--------------------------|--|
| T3-(R1-75) | 35.52 | 32.25 | 60.19 | 7.56 | 4489.92 | 58 |
| T3-(R2-75) | 35.50 | 32.55 | 60.29 | 7.16 | 4493.12 | 53 |
| T3-(R3-75) | 35.51 | 32.15 | 60.39 | 7.46 | 4469.72 | 56 |
| T3-(R1-150) | 38.86 | 19.35 | 69.49 | 11.16 | 3237.12 | 62 |
| T3-(R2-150) | 38.85 | 19.65 | 69.39 | 10.96 | 3256.72 | 64 |
| T3-(R3-150) | 38.84 | 19.85 | 69.29 | 10.86 | 3272.52 | 60 |
| T3-(R1-225) | 37.70 | 9.25 | 81.79 | 8.96 | 1844.72 | 67 |
| T3-(R2-225) | 37.72 | 9.35 | 81.60 | 9.05 | 1864.10 | 65 |
| T3-(R3-225) | 37.71 | 9.65 | 81.78 | 8.57 | 1860.74 | 68 |

ASTM D2216, ASTM D3175, ASTM D5142, ASTM D3172, ASTM D5865

Lima, 5 de Diciembre del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe