

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Uso de la cáscara de Cacao (*Theobroma Cacao*) para la
remoción de aguas residuales domésticas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Lady Sheyla Carranza Reátegui

Mark Gabriel Pinchi Del Aguila

Asesor:

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, marzo del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

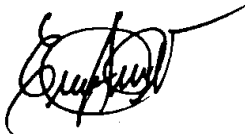
Yo, Mtro. Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Uso de la cáscara de Cacao (Theobroma Cacao) para la remoción de aguas residuales domésticas”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Mark Gabriel Pinchi Del Aguila y Lady Sheyla Carranza Reátegui para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 29 días del mes de marzo del año 2023.



Carmelino Almestar Villegas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 24 día(s) del mes de marzo del año 2023, siendo las 09:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la) secretario(a): Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez y los demás miembros:

Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra
y el (la) asesor(a) Mtro. Carmelino Almestar Villegas

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Uso de Cáscara de Cacao (Theobroma Cacao) para la remoción de turbidez de aguas residuales domésticas.

del(los) bachiller(es): a) Lady Sheyla Carranza Reategui

b) Mark Gabriel, Pinchi Del Águila

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Lady Sheyla Carranza Reategui

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A -	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): Mark Gabriel Pinchi Del Águila

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Peruana Unión campus Tarapoto por facilitarnos el laboratorio donde se desarrolló la investigación. Asimismo, agradecemos al señor Carlos Campos Amasifuén por brindarnos la materia prima para la obtención de la harina de cacao.

RESUMEN

El objetivo del artículo fue analizar la eficiencia de la harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la remoción de turbidez de aguas residuales domésticas. Las dosis del coagulante fueron 600 ,800 y 1000 mg/L, con velocidad rápida de 180 RPM por un minuto, velocidad lenta (40 y 60 RPM) por 15 minutos y tiempo de sedimentación de 15 minutos. El volumen de cada jarra fue de 1 L. Se encontró un p-valor de 0,001 para el factor velocidad lenta; es decir existe diferencia significativa de la turbidez para los dos valores de velocidad lenta. Para el factor concentración de floculante, el p-valor fue 0,737; es decir no existe diferencia significativa de la turbidez para los cuatro valores de concentración de floculante. Asimismo, el p-valor para la interacción velocidad lenta * Concentración fue 0,995; es decir no fue significativo. Se concluye que el uso de floculantes naturales es una alternativa sustentable para la remoción de turbidez del agua residual doméstica.

Palabras clave: coagulante natural, floculante natural, turbidez

ABSTRACT

The objective of the article was to analyze the efficiency of cocoa (*Theobroma cacao*) shell flour in removing turbidity from domestic wastewater. The coagulant doses were 600, 800, and 1000 mg/L, with a fast speed of 180 RPM for one minute, a slow speed (40 and 60 RPM) for 15 minutes, and a settling time of 15 minutes. The volume of each jar was 1 L. A p-value of 0.001 was found for the slow speed factor; that is, there is a significant difference in turbidity for the two slow speed values. For the flocculant concentration factor, the p-value was 0.737; that is, there is no significant difference in turbidity for the four values of flocculant concentration. Likewise, the p-value for the slow speed * Concentration interaction was 0.995; that is, it was not significant. It is concluded that the use of natural flocculants is a sustainable alternative for the removal of turbidity from domestic wastewater.

Keywords: natural coagulant, natural flocculant, turbidity

INTRODUCCIÓN

El agua potable es una necesidad básica en todo el mundo, sin embargo, las actividades antropogénicas ponen en peligro la calidad que esta posee, en especial en los países que están en proceso de desarrollo, originando así que cualquier población o comunidad se vea afectada¹.

En el Perú menos de la mitad de los habitantes no tienen acceso a los servicios de saneamiento y agua potable en sus viviendas, generalmente, las personas sin acceso a este recurso viven en zonas alejadas más conocidas como áreas rurales, centros poblados, caseríos, etc².

El departamento de San Martín a pesar de estar rodeada por diferentes fuentes hídricas no está libre de esta problemática, principalmente en las zonas alejadas de las principales ciudades. El agua potable debe cumplir ciertas características para que pueda ser consumida, uno de los parámetros más importantes es la turbidez, la cual puede ser removida por diferentes procesos, dentro de ellos está la coagulación, que consiste en la remoción de turbidez³.

Existen coagulantes químicos que son mayormente utilizados para el proceso de remoción de turbidez de agua residuales como es el sulfato de aluminio, aluminato de sodio y sulfato ferroso, pero estos tienen una desventaja al momento de sedimentarse, debido a que son compuestos químicos que generan una problemática ambiental⁴.

Desde otra perspectiva, muchos investigadores vienen desarrollando como alternativa de solución polímeros naturales de origen vegetal y animal, debido a que son rentables económicamente, de tal manera que permiten contrarrestar el uso excesivo de coagulantes convencionales en el tratamiento de aguas residuales⁵.

En tal sentido resultó de mucha importancia la selección del cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante para la remoción de turbidez de las aguas residuales domésticas. De lo antes mencionado, en el presente estudio se busca analizar la eficiencia de la harina de cacao (*T. cacao*) para la remoción de turbidez del agua residual doméstica. Asimismo, en el departamento de San Martín, el cacao es uno de los cultivos principales y que durante la etapa de post cosecha se genera grandes cantidades de residuos, los cuales pueden ser aprovechados como coagulantes naturales.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el campus de la Universidad Peruana Unión- filial Tarapoto, ubicado en el departamento de San Martín, provincia de San Martín, distrito de Morales, el cual se encuentra a una altitud de 283 m.s.n.m., teniendo como coordenadas 345607 (E) y 9284368 (N).

El método que se utilizó fue experimental, ya que se determinó la eficiencia de remoción de turbidez de aguas residuales con la harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), por medio del cual se observaron los efectos que se producen en la variable independiente.

Para la muestra se consideró un volumen de 25 L de agua residual doméstica de la Urbanización La Planicie, Distrito de Morales. La toma de muestra tuvo las coordenadas 345375 (E) y 9284789 (N). El diseño experimental estuvo compuesto por dos factores: Dosis de solución madre de harina de cáscara de cacao con tres niveles y un control (600, 800 y 1000 mg/L), con velocidad rápida de 180 RPM durante un minuto, velocidad lenta (40 y 60 RPM) en un tiempo de 15 minutos y tiempo de sedimentación de 15 minutos. El volumen de cada jarra fue de 1 L. Los tratamientos del ensayo fueron: 0 mg /L x 40 RPM, 600 mg/L x 40 RPM, 800 mg/L x 40 RPM, 1000 mg/L x 40 RPM, 0mg /L x 60 RPM, 600 mg/L x 60 RPM, 800 mg/L x 60 RPM y 1000 mg/L x 60 RPM⁶. Para obtener la harina de cáscara de cacao se utilizó la metodología de⁷, la cual se indica el en siguiente flujograma.

Figura 1. Diagrama de flujo de obtención de la harina de cáscara de cacao

A continuación, se describen las operaciones de la obtención del floculante natural⁷:

Selección de la materia prima: Se escogió las mazorcas de cacao con un índice de madurez adecuado.

Pesado: En esta operación se procedió a pesar las mazorcas de cacao seleccionados teniendo como resultado 4,450 kg.

Cortado de mazorcas: Esta etapa consiste en cortar las mazorcas en dos partes iguales.

Extracción de semillas: Se realizó la extracción de semillas de aquellas mazorcas de cacao cortadas en dos partes iguales.

Triturado: Consiste en cortar o triturar la mazorca de cacao en cuadros pequeños para dar un secado adecuado.

Secado: Se procedió a secar la mazorca de cacao triturado en cuadritos durante 5 días.

Molido: Se procedió a moler 3 veces consecutivas la cáscara de cacao seco en un molino manual, obteniendo así 0,105 g de harina de cáscara de cacao.

Almacenado: La harina de cáscara de cacao obtenida se colocó en una bolsa Ziploc para su almacenamiento correspondiente a temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la turbidez

Al desarrollar el análisis de varianza, se encontró un p-valor de 0,001 para el factor velocidad lenta; es decir existe diferencia significativa de la turbidez para los dos valores de velocidad lenta. Por otro lado, para el factor concentración de floculante, el p-valor fue 0,737; es decir no existe diferencia significativa de la turbidez para los cuatro valores de concentración de floculante. Asimismo, el p-valor para la interacción velocidad lenta * Concentración fue 0,995; es decir no fue significativo (Tabla 1).

Al realizar el gráfico de medias de la turbidez del agua residual después del tratamiento, se encontró menores valores de turbidez con la velocidad lenta de 60 RPM con un valor promedio de 70,75 NTU, mientras que para la velocidad lenta de 40 RPM con un valor promedio de 96,75 NTU (Figura 1).

Análisis del pH

El menor valor del pH del agua residual se obtuvo para el tratamiento 0 mg/L x 40 RPM con un valor de 6,97; mientras que el mayor valor de pH se obtuvo para el tratamiento 1000 mg/L x 60 RPM con un valor de 7,32 (Tabla 2).

Índice Willcomb

El menor valor del índice de Willcomb se obtuvo para los tratamientos 0 mg /L x 40 RPM y 0 mg /L x 60 RPM con un valor de 2, es decir un flóculo visible, uniformemente distribuido y con una sedimentación lenta. Mientras que mayor valor del índice de Willcomb se obtuvo para los tratamientos 1000 mg /L x 40 RPM y 800 mg /L x 60 RPM con un valor de 6, es decir un flóculo de tamaño considerablemente grande, pero precipita con lentitud (Tabla 3).

Eficiencias de remoción de turbidez

La mayor eficiencia de remoción de turbidez del agua residual se obtuvo con el tratamiento de 0 mg/L x 60 RPM con un valor de 50,51%; mientras que la menor eficiencia se obtuvo con 1000 mg/L x 40 RPM con un valor de 24,49% (Tabla 4).

Discusión

De los resultados obtenidos, podemos determinar que el uso de la harina de cáscara de cacao para la remoción de turbidez en aguas residuales domésticas, es eficiente con la velocidad lenta de 60 RPM con un valor promedio de 70,75 NTU, mientras que la velocidad lenta con 40 RPM dio como valor promedio de 96,75 NTU, consecutivamente en el análisis de varianza se encontró un p-valor de 0,001 para el factor velocidad lenta; es decir existe diferencia significativa de turbidez para los dos valores de velocidad lenta. Por otro lado, para el factor concentración de floculante, el p-valor fue de 0,737; es decir no existe diferencia significativa de la turbidez para los cuatro valores de concentración de floculante. De acuerdo con⁸ que utilizó como coagulante natural materia prima de aguacate y mucilago de café, encontraron que, el derivado de aguacate pudo remover un 44,27% de turbidez, mientras que la solución de mucilago de café con buffer de fosfato fue el que tuvo un mejor resultado consiguiendo una remoción del 65% de turbidez. De la misma forma⁹ afirma que en su investigación aplicó variedades de coagulantes de origen vegetal tales como moringa, cactus, neem y maíz, con tiempo de coagulación de 10 segundos a 120 RPM (mezcla rápida), floculación de 20 minutos a 45 RPM y sedimentación de 20 minutos, obteniendo el valor más alto de remoción de turbidez en la moringa, logrando remover un 96,8%. Así como lo confirma¹⁰ manifestando en su investigación la importancia y eficiencia de la moringa oleífera como coagulante de origen vegetal para la remoción de turbidez, teniendo como metodología 5 tratamientos de 400 mg cada uno, con distintas dosis (0 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL y 30 mL), el tiempo de floculación fue de 30 minutos, obteniendo la dosis óptima de 15 mg con 0 UNT, obteniéndose un 100% de remoción. También¹¹, utilizó como coagulante natural, las semillas de guanábana (*Anona muricata*) en la tratabilidad de aguas residuales domésticas, aplicando una cantidad de 0,8 g/500 mL, logrando remover un 54,78% de turbiedad, igualmente cabe señalar que el coagulante de origen vegetal afectó ligeramente el pH del agua, hallándose entre 8,92 y 7,58. Por otro lado, utilizó⁷ los residuos de la cáscara de cacao para elaborar un coagulante natural, con el cual obtuvo un porcentaje de remoción de turbidez del 91,2%, mientras que la eficiencia para los sólidos suspendidos fue 48,78% y para el color fue 73,19%.

CONCLUSIONES

Se encontró un p-valor de 0,001 para el factor velocidad lenta; es decir existe diferencia significativa de la turbidez para los dos valores de velocidad lenta. Para el factor concentración de floculante, el p-valor fue 0,737; es decir no existe diferencia significativa de la turbidez para los cuatro valores de concentración de floculante. Asimismo, el p-valor para la interacción velocidad lenta * Concentración fue 0,995; es decir no fue significativo. Se concluye que el uso de floculantes naturales es una alternativa sustentable para la remoción de turbidez del agua residual doméstica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carrasquero S, Montiel S, Faría E. Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Sonalum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas [Internet]. 2017. Available from: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1941>
2. Oxfam. Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable [Internet]. 2022. Available from: <https://peru.oxfam.org/qué-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable>
3. Choque D, Choque Y, Solano A, Ramos B. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnol Química*. 2018;38(2):298–309.
4. Cabrera N, Simancas E, Hernández A. Ensayo de coagulantes naturales extraídos de *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleífera* en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias. *Prospectiva*. 2018;16(2):94–9.
5. Ortiz V, López G, Torres CA, Pampillón L. Almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas / Cassava Starch (*Manihot esculenta* Crantz) As a coadyuvant in the coagulation flocculation of domestic wastewater. *CIBA Rev Iberoam las Ciencias Biológicas y Agropecu*. 2018;7(13):18–46.
6. López J, López M. Actividad coagulante del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) para remover turbidez y color en el tratamiento de aguas. *Kaos GL Derg*. 2020;8(75):147–54.
7. Daviran J. Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en las aguas del Río Chillón. 2021;1–89.
8. Barreto J, Vargas D. Evaluación de la eficiencia de la semilla de aguacate y mucílago de café como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domesticas. *Universidad Libre*; 2019.
9. Aguirre SE, Piraneque N V., Cruz RK. Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Inf tecnológica*. 2018;29(3):59–70.
10. Vasquez M. Diseño de la Operación de Clarificación empleando la Moringa como Coagulante y Floculante Natural para la reducción de la turbidez del agua. 2019;0–3.
11. Massa L. Semillas de Guanábana (*anona moricata*) como coagulante-floculante orgánico en el tratamiento de aguas residuales domésticas del cercado de Ica. 2019. 2021;1–69.

FIGURAS Y REFERENCIAS

Figura 1. Diagrama de flujo de obtención de la harina de cáscara de cacao

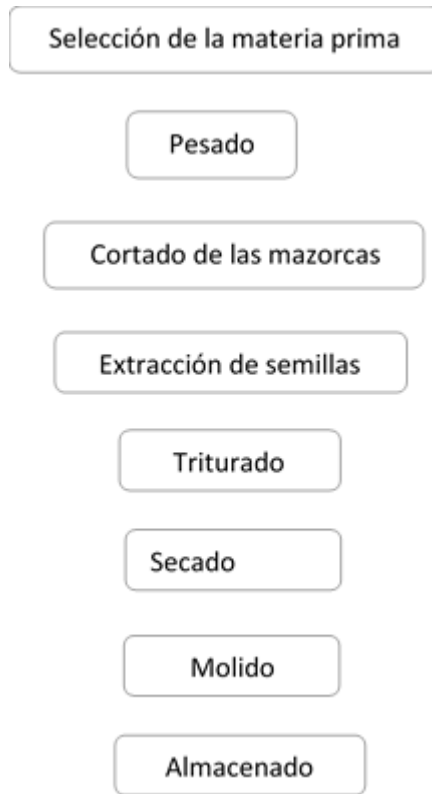


Figura 2. Gráfico de medias de los tratamientos

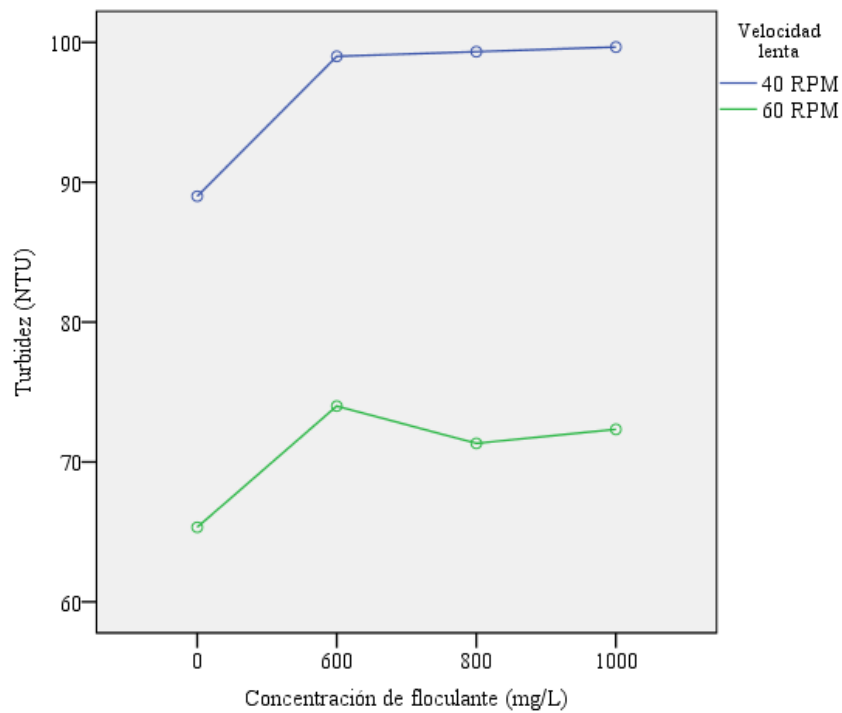


Tabla 1. Análisis de varianza de la turbidez

Origen	Suma de cuadrados	GL	Cuadrático promedio	F	p-valor
Modelo corregido	4,425,167	7	632,17	2,31	0,079
Interceptación	168337,500	1	168337,50	613,90	0,000
Velocidad lenta	4056,000	1	4056,00	14,79	0,001
Concentración	350,833	3	116,94	0,43	0,737
Velocidad lenta * Concentración	18,333	3	6,11	0,02	0,995
Error	4387,333	16	274,21		
Total	177150,000	24			
Total corregido	8812,500	23			

Tabla 2. Valor del pH de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	pH
T1	0 mg /L x 40 RPM	6,97
T2	600 mg/L x 40 RPM	7,20
T3	800 mg/L x 40 RPM	7,26
T4	1000 mg/L x 40 RPM	7,26
T5	0mg /L x 60 RPM	7,21
T6	600 mg/L x 60 RPM	7,28
T7	800 mg/L x 60 RPM	7,31
T8	1000 mg/L x 60 RPM	7,32

Tabla 3. Índice Willcomb de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Eficiencia porcentual
T1	0 mg /L x 40 RPM	2
T2	600 mg/L x 40 RPM	4
T3	800 mg/L x 40 RPM	4
T4	1000 mg/L x 40 RPM	6
T5	0mg /L x 60 RPM	2
T6	600 mg/L x 60 RPM	4
T7	800 mg/L x 60 RPM	6
T8	1000 mg/L x 60 RPM	4

Tabla 4. Eficiencias de remoción de turbidez

Tratamiento	Descripción	Eficiencia porcentual
T1	0 mg /L x 40 RPM	32,58
T2	600 mg/L x 40 RPM	25,00
T3	800 mg/L x 40 RPM	24,75
T4	1000 mg/L x 40 RPM	24,49
T5	0 mg /L x 60 RPM	50,51
T6	600 mg/L x 60 RPM	43,94
T7	800 mg/L x 60 RPM	45,96
T8	1000 mg/L x 60 RPM	45,20

ANEXOS

Evidencia de Sumisión



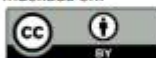
EVIDENCIA DE SUMISIÓN DEL ARTÍCULO

EFICIENCIA DE LA HARINA DE CÁSCARA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Autores: Mark Gabriel Pinchi Del Aguila, Lady Sheyla Carranza Reátegui
Asesor: Mtro. Carmelino Almaraz Villegas

Link de la página web: <http://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu>

Indexada en:



INDIGO Analytics

Revisada/Indizada

Comité Editor
Revista SCP



Resolución del Proyecto de Tesis

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 1089-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 08 de noviembre de 2022

VISTO:

El expediente de **Lady Sheyla Carranza Reategui**, identificado(a) con código universitario N° 201720273 y **Mark Gabriel Pinchi Del Águila**, identificado(a) con código universitario N° 201711507, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la designación del Comité Dictaminador del proyecto de tesis;

Que **Lady Sheyla Carranza Reategui** y **Mark Gabriel Pinchi Del Águila**, han concluido el desarrollo de la tesis en formato artículo y con la opinión favorable de su asesor, solicitan la designación del Comité Dictaminador respectivo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 08 de noviembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Designar el Comité Dictaminador encargado de administrar el proceso de dictamen correspondiente a la tesis en formato artículo, titulada "Uso de la harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para la remoción de turbidez de aguas residuales domésticas", presentado por **Lady Sheyla Carranza Reategui** y **Mark Gabriel Pinchi Del Águila**, otorgándoles un plazo máximo de diez (10) hábiles, posterior a la fecha de recepción de la presente resolución, para emitir el dictamen respectivo a través de la plataforma oficial.

Dictaminador 1: Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra
Dictaminador 2: Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
Interesado
Jurado (02)
Archivo