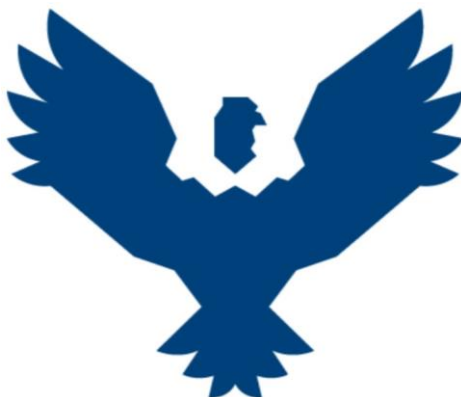




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TITULO DE LA TESIS

Remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*), Cusco 2022.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Contaminación Ambiental de Aire, Agua, Suelo y

Otras Formas de Contaminación

PRESENTADO POR:

Bach. Royer Obando Ccallohuanca Atamari

TITULO A OPTAR:

Ingeniero Ambiental

ASESOR:

Mgt. Ing. Uriel Raúl Fernández Bernaola

CUSCO – PERÚ – 2022



ctivado_a_partir_de_endocarpio _de_durazno_prunus_p_rsica_2. docx

por Royer Callohuanca

Uriel Raúl Fernández Bernaola
DNI: 43130855
Docente de la E.P. de Ingeniería Ambiental - UAC

Fecha de entrega: 27-abr-2023 05:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2077635895

Nombre del archivo: ctivado_a_partir_de_endocarpio_de_durazno_prunus_p_rsica_2.docx (9.84M)

Total de palabras: 25811

Total de caracteres: 139459



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TÍTULO DE LA TESIS

Remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*), Cusco 2022.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Contaminación Ambiental de Aire, Agua, Suelo y

●tras Formas de Contaminación

PRESENTADO POR:

Bach. Royer Obando Ccallohuanca Atamari

TÍTULO A OPTAR:

Ingeniero Ambiental

ASESOR:

Mgt. Ing. Uriel Raúl Fernández Bernaola

CUSCO – PERÚ – 2022

Uriel Raúl Fernández Bernaola
DNI: 43130855
Docente de la E.P. de Ingeniería Ambiental - UAC



INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe	Fuente de Internet	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe	Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco	Trabajo del estudiante	1%
4	www.researchgate.net	Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es	Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upn.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe	Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unsa.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uandina.edu.pe	Fuente de Internet	<1%

Uriel Raúl Fernández Bernaola
DNI: 43130855
Docente de la E.P. de Ingeniería Ambiental - UAC

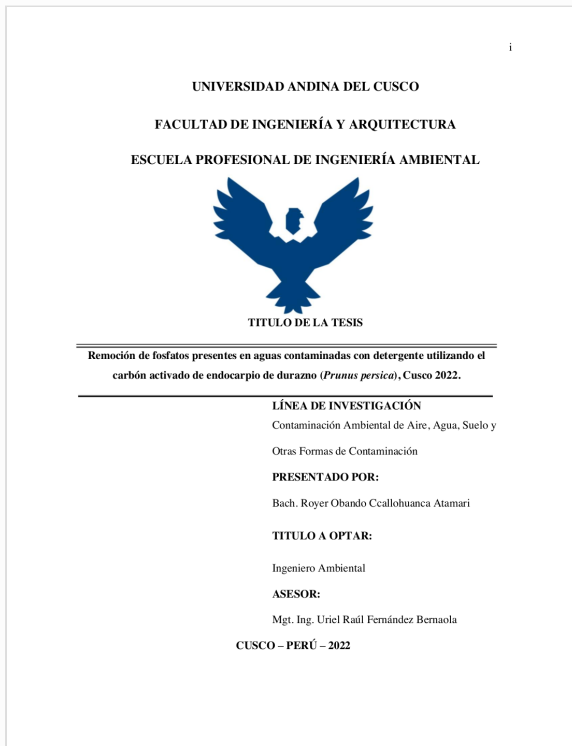


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Royer Callohuanca
Título del ejercicio: Tesis Royer
Título de la entrega: ctivado_a_partir_de_endocarpio_de_durazno_prunus_p_rsica...
Nombre del archivo: ctivado_a_partir_de_endocarpio_de_durazno_prunus_p_rsica...
Tamaño del archivo: 9.84M
Total páginas: 128
Total de palabras: 25,811
Total de caracteres: 139,459
Fecha de entrega: 27-abr.-2023 05:44p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2077635895



Uriel Raúl Fernández Bernaola
DNI: 43130855
Docente de la E.P. de Ingeniería Ambiental - UAC



AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida y brindarme la salud y sabiduría para concretizar mi carrera profesional, por cuidar a mi familia.

A mis padres por acompañarme durante el desarrollo de mi vida profesional y personal, por su apoyo mutuo e incondicional que me brindaron día a día.

A mi asesor Ing. Raúl Fernández Bernacla por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental por su dedicación, paciencia y compartir sus conocimientos para mi formación profesional.

Por último, pero no por eso menos importante a mis amigos y compañeros de clase por las anécdotas que hemos compartido juntos durante nuestra etapa de formación profesional.



DEDICATORIA

A mi querido padre Oswaldo Ceallohuanca Ceaso y a mi madre Nancy Atamari Mamani por todo el apoyo que siempre me han brindado durante mi etapa universitaria, por sus enseñanzas e inculcarme buenos valores para contribuir con desarrollo de la sociedad y sobre todo el cuidado del medio ambiente.



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación de Problema.....	15
1.2.1. <i>Problema General</i>	15
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	15
1.3. Justificación	16
1.3.1. <i>Conveniencia</i>	16
1.3.2. <i>Relevancia Social</i>	16
1.3.3. <i>Implicancia Practica</i>	17
1.3.4. <i>Valor Teórico</i>	17
1.3.5. <i>Utilidad Metodológica</i>	17
1.4. Objetivos de Investigación	18
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	18
1.5. Delimitación del Estudio	18
1.5.1. <i>Delimitación Espacial</i>	18
1.5.2. <i>Delimitación Temporal</i>	19
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del Estudio.....	20
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	20
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	21
2.2. Bases Teóricas	23
2.2.1. <i>Detergentes</i>	23
2.2.1.1. Principales componentes de los detergentes	23
2.2.1.2. Fosfatos	25
2.2.1.3. Tipos de fosfatos	27
2.2.1.4. Fuente de los fosfatos.....	28



2.2.1.5.	Problemas ambientales	29
2.2.1.6.	Remoción de fosfatos en aguas contaminadas	30
2.2.2.	<i>Adsorción en Carbón Activado</i>	32
2.2.2.1.	Carbón activado.....	32
2.2.2.2.	Propiedad del carbón activado	34
2.2.2.3.	Tipos de carbón activado.....	34
2.2.2.4.	Características fisicoquímicas del carbón activado.....	36
2.2.2.5.	Carbón activado a partir de endocarpio de durazno	39
2.2.2.6.	Prunus persica	40
2.2.2.7.	Parámetros de adaptación del cultivo Prunus persica	42
2.2.2.8.	Endocarpio de durazno como residuos solido aprovechable	42
2.2.3.	<i>Sistema de Adsorción</i>	43
2.2.3.1.	Sistema batch o lotes	43
2.2.3.2.	Factores que afectan a la adsorción.....	44
2.2.3.3.	Tamaño del carbón y sus efectos en la velocidad de adsorción	45
2.3.	Hipótesis	46
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i>	46
2.3.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	46
2.4.	Variable	46
2.4.1.	<i>Identificación de Variables</i>	46
2.4.2.	<i>Operacionalización de Variables</i>	47
2.5.	Definición de términos	49
3.	CAPITULO III: MÉTODO	50
3.1.	Enfoque de la Investigación	50
3.2.	Alcance del Estudio	51
3.3.	Diseño de Investigación.....	51
3.3.1.	<i>Diseño Metodológico</i>	51
3.3.2.	<i>Diseño de ingeniería</i>	67
3.4.	Población	68
3.5.	Muestra	68
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	68
3.7.	Validez y Confiabilidad de Instrumentos	69
3.8.	Plan de Análisis de Datos	70
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	71



4.1.	Resultados respecto a los objetivos específicos	71
4.1.1.	<i>Características del endocarpio de durazno</i>	71
4.1.2.	<i>Rendimiento de producción del carbón activado</i>	74
4.1.3.	<i>Características del carbón activado de endocarpio de durazno</i>	78
4.1.4.	<i>Influencia de la masa del adsorbente, tiempo de adsorción y pH en la capacidad de adsorción</i>	81
4.2.	Evaluar la remoción de fosfatos usando el carbón activado.....	89
4.3.	Contrastación de hipótesis	91
4.3.1.	<i>Contrastación de Hipótesis General</i>	91
4.3.2.	<i>Contrastación de Hipótesis Específicas</i>	94
5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	97
5.1.	Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	97
5.2.	Limitaciones del estudio.....	98
5.3.	Comparación crítica con la literatura existente	98
5.4.	Implicancias del estudio	101
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6.1.	Conclusiones.....	102
6.2.	Recomendaciones	104
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	114
	VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	116
	ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO	117
	ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA	127



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del carbón activado según el diámetro de los poros	35
Tabla 2 Taxonomía de <i>Prunus persica</i>	41
Tabla 3 Operacionalización de variables	47
Tabla 4 Numero de malla según U.S. Standard Sieve	61
Tabla 5 Parámetros de factores considerados para el proceso de adsorción.....	62
Tabla 6 Diseño experimental	63
Tabla 7 Preparación de reactivo combinado	64
Tabla 8 Técnica e instrumento de recolección de datos.....	69
Tabla 9 Características del durazno de la variedad prisco	71
Tabla 10 Contenido de humedad del endocarpio de durazno	73
Tabla 11 Contenido de cenizas del endocarpio de durazno	73
Tabla 12 Contenido de material volátil del endocarpio de durazno	74
Tabla 13 Rendimiento de producción de otros materiales precursores	75
Tabla 14 Características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno	79
Tabla 15 Remoción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno	81
Tabla 16 Análisis de varianza para capacidad de adsorción de fosfatos	82
Tabla 17 Coeficiente de regresión para capacidad de adsorción	83
Tabla 18 Variables optimas dentro del rango de experimentación.....	84
Tabla 19 Concentración inicial y final de fosfatos	92
Tabla 20 Prueba de normalidad	92
Tabla 21 Estadística de muestras emparejadas	93
Tabla 22 Prueba de T-Student.....	93



Tabla 23 Caracterización del carbón activado de endocarpio de durazno	114
Tabla 24 Parámetros medidos durante el tratamiento	115
Tabla 25 Validación de instrumentos.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 Formas de fosforo en relación del pH	26
Figura 3 Sistema de tratamiento por precipitación química de fosfatos.....	30
Figura 4 Sistema de tratamiento biológico	31
Figura 5 Proceso de carbonización	33
Figura 6 Granulo del carbón activado.....	37
Figura 7 Composición del fruto de durazno	40
Figura 8 Diagrama de un sistema por lotes o batch.....	44
Figura 9 Mapa de localización de productores de durazno en la provincia de Calca.....	53
Figura 10 Durazno de variedad Prisco y endocarpio.....	55
Figura 11 Elaboración del carbón activado a partir de endocarpio de durazno.....	57
Figura 12 Procedimientos seguido en la investigación.....	67
Figura 13 Determinación del rendimiento de la obtención de carbón activado	76
Figura 14 Diagrama de Pareto estandarizado para la capacidad de adsorción	85
Figura 15 Efectos principales para la capacidad de adsorción de fosfatos.....	86
Figura 16 Interacción para capacidad de adsorción de fosfatos	87
Figura 17 Superficie de respuesta estimada para el carbón activado de endocarpio de durazno	88
Figura 18 Contornos de la superficie estimada.....	89
Figura 19 Remoción de fosfatos	90



RESUMEN

La contaminación de aguas superficiales por fosfatos presentes en los detergentes es uno de los problemas ambientales que debe ser considerado con mayor importancia y desarrollar técnicas económicas de remoción de fosfatos. Esta investigación se basó en el estudio de la remoción de fosfatos utilizando el método de la adsorción. Para lo cual se elaboró un carbón activado de endocarpio de durazno del cual se determinaron las características de humedad, cenizas y material volátil, luego a ello se realizó la impregnación con H_3PO_4 al 85 % y una carbonización a 550 °C. Además, se obtuvo un rendimiento del endocarpio de durazno mayor al 40 %, posterior a ello se realizó la caracterización del carbón activado teniendo una densidad aparente de 0.59 g/cm³, humedad 2.42 %, cenizas 2.72 %, carbono fijo 97.74 %, granulometría de 75 µm, pH de 6.15 y porcentaje de remoción de azul de metileno de 98.6 % todo ello dentro de los valores de la NTP 0.27.025-1982, Norma ASTM D-1762 y NTP 311.331-2019, finalmente se preparó una solución de detergente a nivel de laboratorio a una concentración de 30 mg/L y se determinó una concentración inicial de fosfato de 1.96 mg/L, la remoción de fosfatos se realizó por prueba de jarras de 11 repeticiones combinando los factores de pH, cantidad de adsorbente y tiempo obteniendo como resultado una capacidad de adsorción mayor de 3.07 mg/g y una remoción de 78.33 % de fosfatos a un pH de 8, tiempo 30 minutos y cantidad de adsorbente de 0.13 g toda las pruebas se trabajó a una velocidad de agitación de 400 rpm y se determinó los fosfatos por espectrofotometría UV-Vis a 830 nm.

Palabra clave: Fosfatos, remoción, capacidad de adsorción, carbón activado, endocarpio de durazno.



ABSTRACT

The contamination of surface water by phosphates present in detergents is one of the environmental problems that should be considered with greater importance and economic phosphate removal techniques should be developed. This research was based on the study of phosphate removal using the adsorption method. For which an activated carbon was elaborated from peach endocarp of which the characteristics of humidity, ashes and volatile material were determined, then the impregnation with H_3PO_4 at 85 % and a carbonization at 550 °C were carried out. In addition, a yield of the precursor material of more than 40 % was obtained, after which the characterization of the activated carbon was carried out, having an apparent density of 0.59 g/cm³, humidity 2.42 %, ash 2.72 %, fixed carbon 97.74 %, granulometry of 75 μm, pH of 6.15 and methylene blue removal percentage of 98.6 % all within the values of NTP 0.27.025-1982, ASTM Standard D-1762 and NTP 311.331-2019, finally a detergent solution was prepared at laboratory level at a concentration of 30 mg/L and an initial phosphate concentration of 1.96 mg/L, phosphate removal was performed by jar test of 11 repetitions combining the factors of pH, amount of adsorbent and time obtaining as a result a higher adsorption capacity of 3.07 mg/g and a removal of 78.33 % of phosphates at a pH of 8, time 30 minutes and amount of adsorbent of 0.13 g all the tests were worked at an agitation speed of 400 rpm and phosphates were determined by UV-Vis spectrophotometry at 830 nm.

Keyword: Phosphates, removal, precursor material, activated carbon, peach endocarp.



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental es uno de los problemas que afronta la sociedad en la actualidad, y se desarrolla con una mayor frecuencia, esto conlleva a que la tierra está experimentando un cambio causado por diferentes actividades antropogénicas según (Seven, 2017 citado en Diestra Goicochea, 2017). Las personas son los principales causantes de la contaminación y daños al medio ambiente, interviene y afecta en muchos de los procesos de manera directa e indirecta por sus acciones.

Según la ONU en el objetivo de desarrollo sostenible seis, afirma que más del 80 % de los efluentes domiciliarios son vertidos directamente a los ríos y océanos (GeoInnova, 2019), todo esto conlleva a la degradación del ambiente ocasionado por actividades del ser humano; y las medidas correctivas a nivel mundial, gubernamental, socio-económicas, científicos, tecnológicos y culturales que al interactuar de manera aislada en muchas ocasiones dificultan la realización de actividades correctivas (Reyna Ramos, 2008).

En el Perú existen diversas normativas que regulan la calidad del agua, como los estándares de calidad de agua para diferentes sectores industriales y poblacional, que regulan diversos parámetros del agua para su adecuada gestión de los recursos hídricos supervisados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Sin embargo, en los efluentes tratados del sector industrial o poblacional persisten algunos contaminantes como los metales pesados, fosfatos, nitratos entre otros. Resultando así, que los sistemas de tratamiento de efluentes son poco eficientes para algunos contaminantes afectando la calidad del recurso hídrico para su aprovechamiento (INACAL, 2015).

La contaminación de cuerpos de agua natural en la región de Cusco tiene un origen antropogénico en mayor proporción y con menor incidencia de forma natural, el crecimiento poblacional es uno de los factores que altera o tiene incidencia en la contaminación del agua por



el uso de productos sintéticos poco biodegradables. “La pérdida de la calidad del agua del río Saphy donde desciende el ICA de 72 a 45; en el río Cachimayo pierde su calidad y el ICA desciende de 68.6 a 60.2, todo esto afectado por efluentes domésticos, escombros y residuos sólidos” (Gil Mora & Flores Boza, 2022).

Para analizar esta problemática ambiental por contaminación de fosfatos en aguas naturales es necesario mencionar las causas, como la generación de espumas que impide la actividad biológica, disminuye el oxígeno del agua consecuente a ello se origina la eutrofización de los cuerpos de agua (Clubiagua, 2018). Los fosfatos presentes en los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes ya que no se descomponen con facilidad por la actividad de los microorganismos (Urrutia Ulloa, 2021), por ello la presente investigación tiene una relevancia porque permite aportar conocimientos sobre el efecto de la adsorción con carbón activado obtenido a partir del endocarpio de durazno, para la remoción de compuestos fosfatados de medios acuosos.

La presencia de fosfatos como contaminantes de agua es un tema que se debe considerar con mayor importancia debido a la escasez y poca disponibilidad de las fuentes de agua. Los fosfatos son sustancias solubles que los vegetales necesitan para su crecimiento, pero cuando la concentración de los fosfatos en el agua es elevada inducen la propagación desmesurada de las algas y demás organismos que provocan la contaminación y eutrofización de los sistemas acuáticos (Lavie, et al., 2010).

Para lograr una gestión integral y sostenible del agua, es de suma importancia contar con tecnologías apropiadas tanto para la potabilización como para el tratamiento de efluentes (Morató, et al., 2006), sin olvidar que es importante la búsqueda de nuevas tecnologías de tratamiento de agua de acuerdo a las oportunidades y condiciones que presenta cada lugar.



Cusco es una de las regiones de mayor cultivo de duraznos que destina esta variedad tanto al mercado local como exterior con un porcentaje de producción del 3.87 % del total nacional según el Ministerio de Agricultura y Riego; por lo tanto, es vital ampliar la ventaja no solo para la utilización de la mayor parte notable de la producción de productos naturales, la cual genera residuos orgánicos por la pepa de durazno por ello es importante buscar la valorización de los residuos de durazno mediante su transformación a carbón activado, el cual presenta características de adsorción que lo convierten en un descontaminante eficiente (Calixtro Asencios, 2016).

La presente investigación busca evaluar la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes en condiciones de laboratorio utilizando el carbón activado obtenido a partir del endocarpio de durazno (*Prunus persica*), previamente analizando las características del endocarpio de durazno como la densidad, contenido de cenizas y material volátil, así como, el rendimiento y las características fisicoquímicas del carbón activado obtenido como la densidad, contenido de cenizas, material volátil, granulometría, carbono fijo, pH. Además, se analizó la influencia del pH de la solución, cantidad de adsorbente y tiempo en la remoción de fosfatos.



1.1. Planteamiento del Problema

La polución del agua dulce es uno de los principales problemas que la sociedad afronta. El agua es un recurso importante para el desarrollo de la sociedad y al mismo tiempo es un recurso limitado dado que apenas el 0.01 % del agua dulce del planeta proviene de los ríos, lagos, humedales y por la distribución geográfica, haciendo más relevante esta problemática para la sociedad debido a que el 1 % del agua superficial a nivel mundial es de fácil acceso y apta para el consumo humano (AGUA.org.mx, 2017).

El desarrollo de la sociedad y el avance tecnológico son factores relacionados con el consumo de muchos productos del individuo como en la alimentación, vestimenta e higiene; resaltando lo último, uno de los productos más utilizados son los detergentes, son productos químicos sintéticos que son empleados en proporciones considerables para la limpieza doméstica e industrial y presentan un comportamiento de contaminantes del agua al ser vertidas en las alcantarillas de los efluentes.

Los detergentes utilizados en la limpieza doméstica e industrial causan contaminación en cuerpos de agua cuando son vertidos directamente a lagos y cursos de agua como indirectamente por las alcantarillas de las aguas residuales, provocando una disminución dentro de la solubilidad del oxígeno disuelto del agua y la tensión superficial, degradando así la vida acuática al ser vertidos a lagos y cursos de agua, causando una disminución en la capacidad de disolución del oxígeno en el agua, de esta manera dificulta el funcionamiento de los sistemas biológicos acuáticos debido a que fomenta el proceso de eutrofización (Rodríguez Pimentel, 2017).

Esta afectación genera un incremento de nutrientes en las aguas, principalmente de fosfatos y nitratos, que provoca un crecimiento vegetativo, es decir del fitoplancton, así como los detergentes contienen fosfatos a su vez tienen nitrógeno que son causantes de esta problemática y



también pueden incrementar los niveles de cloro y de compuestos organoclorados; algunos de carácter tóxico y carcinógeno (Delgado-Blas, 2011 citado en Jurado Falconi, et al., 2017).

Para ello en la presente investigación se presenta una alternativa para el tratamiento de los fosfatos en aguas contaminadas con detergentes como de otras actividades que generen efluentes con carga contaminante de fosfato, utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno como un adsorbente de bajo costo y de fácil aplicación en diferentes sistemas de tratamientos de aguas residuales, industrias y lavanderías en la ciudad de Cusco.

1.2. Formulación de Problema

1.2.1. Problema General

- ✓ ¿Es posible remover fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*), Cusco 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuáles son las características del endocarpio de durazno para la elaboración del carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes?
- ✓ ¿Cuál es el rendimiento de producción de carbón activado de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes?
- ✓ ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes?
- ✓ ¿Cuál es la influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes?
- ✓ ¿Cuál es la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno?



1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

El desarrollo de la investigación se justifica debido a que no existe investigación o iniciativa de estudio en la zona con respecto a la remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno, también permitirá mejorar la calidad de los cuerpos de agua y conservar las especies acuáticas. En la emergencia sanitaria (Covid-19) se incrementó el uso de los detergentes y sus derivados para realizar la limpieza, higiene y otras actividades esto generó un incremento en la concentración de los detergentes en los efluentes domiciliarios, por ello el presente trabajo de investigación busca implementar un descontaminante eficiente y con bajos costos a partir del endocarpio de durazno; así mismo, Cusco es una de las regiones de mayor cultivo de duraznos que destina esta variedad tanto al mercado local como exterior; por lo tanto, es vital ampliar la ventaja no solo para la utilización de la mayor parte notable de la producción de productos naturales, sino también para buscar la valorización de los residuos de durazno mediante su transformación a carbón activado que genere ingresos económicos a los productores y consumidores de durazno.

1.3.2. Relevancia Social

El crecimiento poblacional en la región de Cusco demanda agua de calidad para diferentes actividades como el consumo, uso agrícola, industrial, etc. Por ello es importante implementar alternativas de tratamiento de fosfatos para aguas contaminadas con detergentes la cual permitirá el tratamiento de estos efluentes, consecuente a ello asegurando la calidad de vida de los pobladores, la seguridad alimentaria en la región de Cusco y la conservación de los ecosistemas acuáticos aprovechables por la población.



1.3.3. Implicancia Practica

Esta investigación fue realizada porque hay una necesidad de implementar nuevas técnicas para el tratamiento de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, para mejorar la calidad del recurso hídrico y conservar las especies acuáticas, la investigación permitirá remover fosfatos de aguas residuales.

1.3.4. Valor Teórico

El presente trabajo de investigación de remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes con carbón activado a partir del endocarpio de durazno, brinda un aporte teórico de nuevas alternativas eficientes para el tratamiento de fosfatos en aguas contaminadas con detergentes que pueden ser implementados en sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales o incluidas en nuevos proyectos de depuración de aguas residuales.

1.3.5. Utilidad Metodológica

El trabajo de investigación brinda un aporte para la obtención de un adsorbente a partir del endocarpio de durazno utilizando la técnica de la activación química del carbón activado, luego se determinaron las características fisicoquímicas del adsorbente obtenido como la densidad, pH, cantidad de cenizas, material volátil y carbono fijo; por consiguiente, el carbón activado de endocarpio de durazno permitirá la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, por lo cual esta técnica puede ser utilizada en la obtención de adsorbentes con otros precursores o materia prima y ser utilizadas en el tratamiento de diferentes contaminantes presentes en agua.



1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. *Objetivo General*

- ✓ Evaluar la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*), Cusco 2022.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- ✓ Determinar las características del endocarpio de durazno para la elaboración del carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ Determinar el rendimiento de producción del carbón activado de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ Determinar las características fisicoquímicas del carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ Evaluar la influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ Determinar la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno.

1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. *Delimitación Espacial*

La investigación se desarrolló en contexto teórico y práctico del presente trabajo para un análisis adecuado, el cual pertenece a la Universidad Andina del Cusco, con coordenadas 13°32'15"S 71°54'14"O situada en el distrito de San Jerónimo, en la provincia de Cusco.



1.5.2. Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación se realizó a cabo en los meses de enero hasta mayo del año 2022 la cual consiste en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes en contexto de contaminación artificial de medios acuosos en la ciudad de Cusco, mediante el proceso adsorción con carbón activado del endocarpio de durazno ya que es un método de alta eficiencia y de fácil manejo de los materiales adsorbentes utilizados y aplicada en mayor proporción por el sector industrial para el tratamiento de aguas contaminadas.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Maldonado Páez (2018), realizó su trabajo de investigación para determinar la remoción de detergentes aniónicos tipo sulfato disuelto en agua en sistemas agitados y columnas empacadas. De acuerdo a sus pruebas realizadas en laboratorio determinó que el carbón activado de Cusco de palmiste presenta mayor adsorción de detergente alcanzando un valor de remoción de 92,5 % realizado en un sistema batch. Además, tuvo como conclusión que el efluente de la columna empacada con este carbón activado alcanzó una concentración máxima permisible de 0,5 mg/L de detergente en un tiempo de operación de 26 días, trabajando con un caudal de 6 cm³/min.

Castaneda Castro (2017), realizó una investigación de la reducción de hierro manganeso y detergente en el agua, mediante la arena verde de manganeso y carbón activado. En sus pruebas realizadas de adsorción utilizando el carbón activado obtuvo una remoción del 85 % del detergente en el agua, realizó el tratamiento en sistemas de columnas empacadas con carbón activado. Además, tuvo como conclusión que el efluente de la columna empacada con el carbón activado alcanzó una concentración final de 0,535 mg/L de detergente, realizando la inspección durante un tiempo 8 semanas, se trabajando con un caudal de 7,6 cm³/min.

Casallas & Ibáñez (2016), en su trabajo de investigación realizó un diseño de un sistema a nivel piloto para la remoción de detergentes aniónicos de una solución preparada con características a la de una lavandería con el propósito de disminuir la concentración letal media (CL50-48) para *Daphnia Pulex*. Todo esto determinado mediante bioensayos, la concentración letal media CL50-48 del detergente aniónico ROTEX, presenta como componente activo el lauril alquil sulfato y de los demás detergentes comerciales como del (FAB TOTAL, ARIEL, DERSA).



Se evaluó una solución preparada con características de una lavandería y se determinó la CL50-48 en concentración % (v/v) de una muestra no tratada y de una muestra tratada mediante un sistema de filtración integrado por un filtro de arena y un filtro de carbón activado bituminoso. Como resultado se obtuvo una reducción de la concentración de detergentes aniónicos presentes en la solución preparada con características de una lavandería con una eficiencia del 73 %.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Calixtro Asencios (2016), realizó su trabajo de investigación con el propósito de implementar un carbón activado a partir del endocarpio de la pepa del durazno a través del método de activación química y que este dentro de los parámetros de calidad según NTP 207 y NMX-F-245. La metodología se llevó a cabo en tres fases, en la primera se determinó las propiedades químicas del precursor, en la segunda se realizó la activación del endocarpio de la pepa de durazno, y en la tercera se estimó la calidad del carbón activado obtenido, la caracterización de la calidad del carbón activado se realizó de acuerdo con la norma ASTM. Como resultados obtuvo 5.9 como promedio de pH, 5.3 % de humedad, 14.9 % de volatibilidad, 7.2 % de ceniza, 73.4 % de carbón fijo, por ende, el carbón activado estuvo dentro de los rangos de las normas NTP 207 y NMX-F-245.

Rincón Silva (2016), en su investigación tuvo como objetivo caracterizar y evaluar la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos del carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos. La metodología consistió en la carbonización de los materiales lignocelulósicos a una temperatura final de 600 °C, estando en una atmósfera de nitrógeno con un flujo de 50 cm³ por minuto y una velocidad de calentamiento lineal de 5 °C por minuto, con un tiempo de contacto de 2 horas. Como resultados se obtuvo que las muestras obtenidas eran de carácter ácido ya que el contenido de sitios ácidos es mayor que el contenido de sitios básicos, a



su vez se evidenciaron valores de adsorción de hasta 32,258 mg/g y 58,824 mg/g del fenol y cloro fenol respectivamente. Concluyendo que las semillas de eucalipto, el hueso de durazno y la semilla de pino son materiales lignocelulósicos apropiados para la elaboración de carbones activados, por un proceso económico y con reducidos gastos energéticos y con adecuadas áreas superficiales y superficies químicas para la adsorción de contaminantes fenólicos prioritarios desde solución acuosa.

Obregón Olortegui (2019), en su estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en la remoción de nitratos y fósforos totales del purín de un establo de ganado vacuno, utilizando carbón activado de cáscara de maracuyá y endocarpio de durazno. La metodología consistió en la carbonización de la cáscara de maracuyá que fue a 400 °C y el endocarpio de durazno a 600 °C durante un tiempo de 1 hora. El activante químico utilizado fue ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85 % durante 24 horas, luego fueron lavados con agua desionizada obteniéndose un pH final de 5. Los resultados fueron, para 250 g de carbón activado de cáscara de maracuyá, resulto una adsorción de nitratos de 0.102 mg NO_3^- /g carbón; en comparación a 500 g de carbón activado de endocarpio de durazno, resulto una adsorción de nitratos de 0.051 mg NO_3^- /g carbón. En cuanto a la remoción de fósforo total el carbón activado de cáscara de maracuyá, resulto ser el más eficiente con una adsorción de 1.37 mg P/g carbón, concluyéndose que la cáscara de maracuyá, y el endocarpio de durazno son eficientes para la remoción de nitratos y fósforos totales como carbón activado.

Isla & Fiorella (2018), su estudio de investigación está basado en evaluar la influencia de la dosis y agitación del carbón activado de *Prunus persica* (L.) Basch. incrustado con fierro (III), en la remoción de fosfatos de soluciones acuosas. Utilizó el compuesto químico de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 60 % como agente activante. Realizó 27 experimentos; en donde evaluó tres dosis de carbón activado: 2, 4 y 6 g/L, tres velocidades de agitación: 100, 150 y 200 rpm y tres temperaturas



de carbonización: 300, 500 y 700 °C, todo ello con el fin de determinar la temperatura óptima de carbonización y de la capacidad de adsorción. Las concentraciones finales de los fosfatos se determinaron por la técnica de la espectrofotometría. Se tuvieron como resultados que el carbón activado obtenido a 700 °C fue el que presentó mayor porcentaje de adsorción de azul de metileno a 660 nm, con un valor de 91.82 %. Asimismo, este carbón (elaborado a 700 °C) a una dosis de 6 g/L y velocidad de agitación de 200 rpm fue el más eficiente en la remoción de fosfatos, con 93.03 %; seguido por la dosis de 6 g/L y velocidad de agitación de 100 y 150 rpm con porcentajes de 90.53 % y 92.77 %, respectivamente. Y se tuvo como conclusión, que, a mayor velocidad de agitación, mayor es el porcentaje de remoción; sin embargo, la dosis de carbón activado no tuvo influencia significativa en los experimentos realizados.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Detergentes

El detergente en polvo es una mezcla formulada de ingredientes que incluye predominantemente surfactantes, constructores, lejías y rellenos. A nivel mundial, la gran mayoría de los detergentes en polvo se fabrican por secado por pulverización o por aglomeración/granulación mecánica; de estos dos procesos de producción, la mayoría de los detergentes posee una estructura que les permiten tener alta actividad en los interfaces de agua aceite y aire agua, resultando eficientes al utilizar en el lavado de las prendas (Farshchi, Hassanpou, & Bayly, 2019), como principales causas que presentan los detergentes en los cuerpos de agua es la generación de espumas en aguas superficiales, lagos, plantas de aguas residuales.

2.2.1.1. Principales componentes de los detergentes

En los detergentes el ingrediente activo cumple un papel importante en el desempeño y características del detergente, razón por la cual los fabricantes permanentemente buscan los



mejores ingredientes que los favorezca a posesionarse en el mercado, por lo que el ingrediente más utilizado en la actualidad en la fabricación de los detergentes es la sal sódica del alquilbenceno sulfonato lineal, la cual se añade a la composición a través de gránulos que normalmente forman el componente agregado más grande en la formulación; por consiguiente, este componente es responsable de las propiedades físicas y de muchas características relacionadas con el rendimiento de la formulación, tales como la tendencia de apelmazamiento y la tasa de disolución (Farshchi, Hassanpou, & Bayly, 2019).

La composición de los detergentes comerciales domésticos es:

A. Tensoactivos

Un tensoactivo es una molécula compuesta que se caracteriza por ser anfifílica, por que presenta dos partes definidas, un extremo que le gusta el agua (hidrofílico) y otro extremo que le gusta el aceite (lipofílico). Dicha composición le permite tener alta actividad en las interfaces aire-agua y agua-aceite, que permite solubilizar moléculas polares y no polares. Se clasifican en anfóteras, aniónicos, no iónicos y catiónicos (cada tipo contiene propiedades limpiadoras diferente) (Guerrero Fernández , 2007). Se encuentran en un porcentaje de 15 a 20 % en los detergentes (Sanz Tejedor).

B. Secuestradores de Ca y Mg

Son solubles en agua y no precipitan, retienen el calcio y magnesio que están presente en agua e impiden que la suciedad retorne al tejido, el más usado es el tripolifosfatos de sodio, se encuentran en un porcentaje de 30 a 40 % en los detergentes (Sanz Tejedor).

Como sabemos que los fosfatos causan contaminación en los cuerpos de agua debido a que incentiva el desarrollo de las algas y plantas acuáticas que consumen el oxígeno O₂ del agua; así, iniciándose el proceso de la eutrofización en cuerpos acuáticos.



C. Enzimas

Esta es una de las sustancias del detergente más eficaces a bajas temperaturas, rompen las moléculas de las manchas presente en las prendas debido a las proteínas (huevo, leche, sangre) y estas se encuentran en los detergentes en un porcentaje de 1 a 2 %, (Sanz Tejedor).

Las enzimas son proteínas, polímeros que están formados por aminoácidos covalentemente unidos entre sí, que catalizan en los organismos una gran variedad de reacciones químicas (Ramírez Ramírez & Ayala Aceves, 2014).

D. Blanqueadores

Los blanqueadores son compuestos orgánicos decolorados que poseen fluorescencia azulada, dejan las prendas más blancas y quitan las manchas más difíciles y están presentes en un 12 a 20 % de los detergentes (Sanz Tejedor).

E. Perfumes

Son lo que dan el olor a las prendas o ropa luego del lavado.

F. Relleno

El relleno de los detergentes en polvo, se le agrega silicato de sodio que le da una estabilidad a la mezcla y una mayor disolución. No tiene la característica o función limpiadora, solo se agrega para aumentar el volumen del detergente, se encuentran de 6 a 8 % y los detergentes son completados hasta el 100 % con sulfato de sodio (Sanz Tejedor).

2.2.1.2. Fosfatos

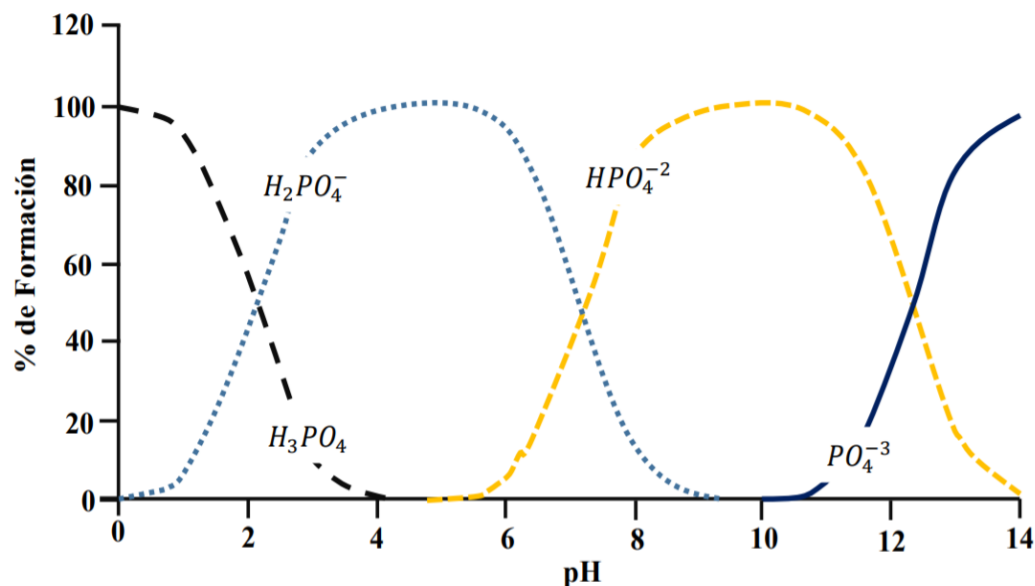
El fósforo en el agua se encuentran en forma de fosfatos, que a su vez se clasifican en ortofosfatos, polifosfatos o fosfatos orgánicos, por lo general suelen estar presentes en forma de disolución y partículas granuladas; sin embargo, no se transforman en compuestos volátiles; por lo tanto, no son perecibles en la atmósfera (Illana Gregori, 2014) debido a que tiene una dinámica de afinidad con los recursos hídricos y terrestres así como en los organismos vivos (Wanat, 2017), por lo que



la separación de este elemento puede llevarse a cabo a través de tres formas distintivas como precipitación química, eliminación orgánica o cristalización (Illana Gregori, 2014).

Figura 1

Formas de fosforo en relación del pH



NOTA: Beltrán-Rocha et al., (2017) citado en (Obregón Olórtegui, 2019).

Como se observa en la figura, los fosfatos tienen la peculiaridad de ser sensibles ante la variación del pH, en función de la acidez y alcalinidad, por lo que se hallarán diferentes formas de fosforo (Ahumada Triviño & Severiche Betin, 2018); por ejemplo, la disponibilidad de los fosfatos se reduce en pH comprendidos entre un valor de 9 y 11, este intervalo favorece la precipitación química con Ca^{+2} , formando fosfato de calcio ($Ca_3(PO_4)_2$) (Beltrán, et al, 2017).

De esta manera, se puede expresar que el fósforo es un sustento esencial para la subsistencia de todas las formas de vida; así como de las plantas, los animales y además del hombre, actuando como abono para los suelos, utilizando de esta forma como fertilizantes para la agricultura; sin embargo, uno de los problemas asociados al uso de este elemento se presenta en los organismos acuáticos, cuando se presentan concentraciones elevadas en los cuerpos de agua, estimula la



propagación de algas según (Service, Iida, & Shock, 2009 citado en (Ahumada Triviño & Severiche Betin, 2018)).

2.2.1.3. Tipos de fosfatos

Las aguas residuales contienen en un promedio de 5 a 20 mg/L de fósforo total, del cual el 1-5 mg/L es orgánico y el resto inorgánico (Illana Gregori, 2014).

Los tipos de fósforo en los cuerpos de agua natural se encuentran en composición orgánica e inorgánica de forma disuelta o suspendidas, en donde los de tipo inorgánico están comprendidas de ortofosfatos, polifosfatos y metafosfatos; los de tipo orgánico están comprendidos de ésteres, fosfonatos, ácidos nucleicos, fosfolípidos, azúcares, proteínas, ácido aminofosfórico, fosfoamidas (Sánchez de Fuentes, 2001).

El fósforo se encuentra en soluciones acuosas como:

Ortofosfato

Es uno de los fosfatos más comunes está comprendido por un átomo de fósforo unido a cuatro átomos de oxígeno, disponibles para el metabolismo biológico sin posteriores disociaciones. (LENNTECH, s.f.).

Los polímeros lineales o polifosfatos en las aguas naturales son hidrolizados lentamente a ortofosfatos, el fósforo de tipo orgánico igualmente pueden ser hidrolizados mediante las reacciones químicas o biológicas y encontrarse como ortofosfatos en el agua (Sánchez de Fuentes, 2001).

Polifosfatos

Son moléculas que presentan dos o más átomos de oxígeno y en algunos casos presentan átomos de hidrógeno combinados en una complejidad molecular. Generalmente los polifosfatos experimentan un proceso de hidrólisis y se convierten en ortofosfatos. Este proceso de transformación es muy lento (LENNTECH, s.f.).



Los iones pirofosfatos $O_7P_2^{4+}$ y tripolifosfatos $O_{10}P_3^{5-}$, representan el primero y segundo de las cadenas lineales de los polifosfatos formados mediante la condensación del ortofosfato. El polifosfato y el meta, son denominados fosfatos complejos o aglomerados que están presentes en aguas naturales debido a que son provenientes de descargas de efluentes domésticos o industriales que contienen detergente y generados por los organismos acuáticos (Sánchez de Fuentes, 2001).

2.2.1.4. Fuente de los fosfatos

Las fuentes de fosfatos en aguas naturales en forma natural dada por la descomposición de los depósitos y rocas fosfóricas, generalmente el ortofosfato es generado mediante la erosión. La forma antropogénica comprende de los efluentes domésticos e industriales, la escorrentía de áreas agrícolas y domésticas.

Los compuestos de fosfatos que se encuentran en las aguas superficiales provienen de:

- **Agricultura:** El fósforo presente en el estiércol del animal y los abonos químicos son imprescindible para el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, cuando estas plantas no utilizan completamente el nutriente, pueden perderse en los campos de agricultura impactar negativamente en la calidad del agua (EPA, 2021).
- **Aguas pluviales:** Cuando la precipitación cae sobre las localidades, escurren sobre áreas rígidas, como los tejados, carreteras, etc. transportando contaminantes, incluido el fósforo, a las alcantarillas o canales fluviales (EPA, 2021).
- **Aguas residuales:** Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son encargadas de tratar grandes volúmenes de efluentes, generalmente estos sistemas no funcionan de manera eficiente para el tratamiento del fósforo antes de descargar a los cuerpos de agua. También existe la contaminación de agua por fosfatos de aquellos efluentes domiciliarios conectados directamente a los cuerpos naturales de agua (EPA, 2021).



- **En el hogar:** El uso de los fertilizantes, desechos del patio y los jabones como los detergentes contienen fósforo, que contribuyen a la contaminación de cuerpos de agua por nutrientes si no se realiza un manejo de manera adecuada (EPA, 2021).

La carga de fosfatos total se compone de ortofosfatos más polifosfatos y compuestos de fósforo orgánico, siendo generalmente una proporción más elevada de ortofosfatos (Pütz, 2008).

2.2.1.5. Problemas ambientales

Los fosfatos actúan como nutrientes para las plantas acuáticas en este medio y que estimulan su crecimiento, la degradación ambiental por el incremento de los nutrientes como de los fosfatos en los cuerpos de agua, es un tema complejo debido a que afecta la diversidad biológica marina.

Las principales consecuencias del exceso de fosfatos presentes en aguas superficiales son las siguientes:

- La eutrofización es uno de los problemas ambientales que está directamente relacionado con la presencia excesiva de los nutrientes, se calcula aproximadamente que 1 gramo de fosfato o fósforo puede ocasionar el crecimiento de 100 gramos de algas y cuando estas mueren, durante el proceso de su descomposición demandan aproximadamente 150 gramos de oxígeno. Para que se dé el inicio de la eutrofización en aguas lóxicas se da a una concentración crítica de fosfatos de 0.1 a 0.2 mg/L, en las aguas lenticas se da el inicio de la eutrofización a una concentración crítica de 0.005 a 0.01 mg/L (Pütz, 2008).
- La presencia excesiva de fosfatos en el agua permite el crecimiento de las algas acuáticas que los ecosistemas no presentan la capacidad de depurarlos. El aumento excesivo del alga deteriora la calidad del agua, disminuye el oxígeno disuelto, reduce los alimentos y hábitats que los organismos acuáticos necesitan para sobrevivir. Como consecuencia mueren

diversas especies acuáticas en otras ocasiones son perjudiciales para el hombre, porque producen toxinas y aumenta el crecimiento bacteriano (EPA E. , 2021).

2.2.1.6. Remoción de fosfatos en aguas contaminadas

La eliminación del fósforo por la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas (PTAR) es un tema clave para evitar la eutrofización de aguas superficiales promoviendo así el cuidado de los recursos hídricos. La remoción de los fosfatos se consigue normalmente mediante la precipitación química y otra la eliminación biológica del fósforo.

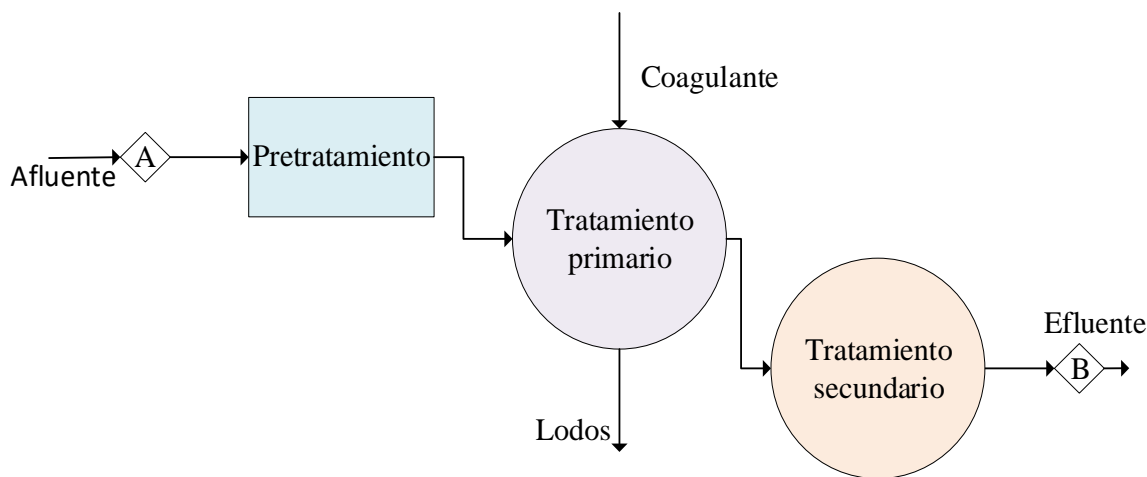
Precipitación química.

La precipitación química para la eliminación del fosfato inorgánico se realiza mediante la mezcla del agua residual con un coagulante, los coagulantes más utilizados para llevar esta operación son el calcio, aluminio y hierro (LENNTECH, s.f.).

La eliminación de los fosfatos por la precipitación química esto se lleva mediante la adición de sales metálicas al agua residual como coagulantes la cual permite la precipitación del fosfato junto a los sólidos suspendidos (Barbe, Desjobert, & Neveu, 2000).

Figura 2

Sistema de tratamiento por precipitación química de fosfatos



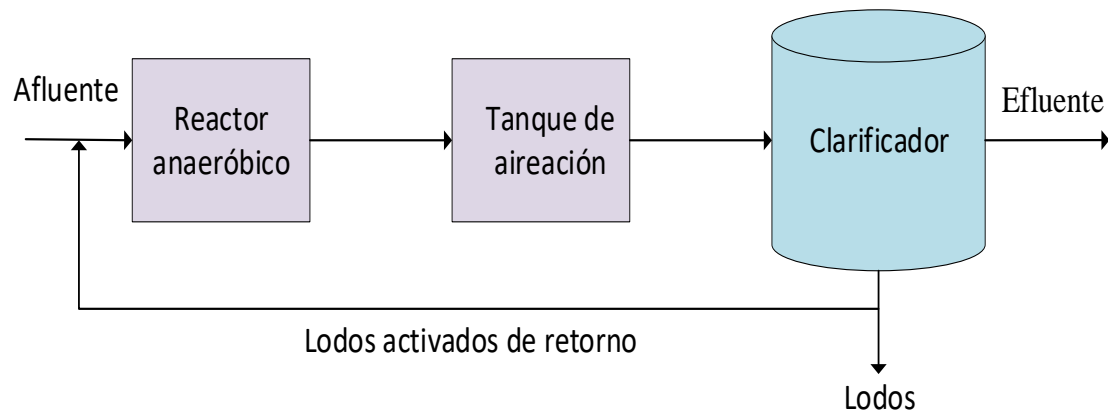
NOTA: Elaboración propia, referencia (LENNTECH, s.f.).

Tratamiento biológico.

El fósforo presente en el efluente del agua residual es incorporado a la célula de la biomasa, que como consecuencia es eliminado en la deposición del lodo (LENNTECH, s.f.).

Figura 3

Sistema de tratamiento biológico



NOTA: Elaboración propia, referencia (LENNTECH, s.f.).

Mediante adsorción

El proceso de la adsorción hace referencia a la concentración del adsorbato en la superficie del adsorbente. Los solutos presentes en la solución se depositan en forma de capa en la parte superficial del adsorbente, esto originado por el desequilibrio de las fuerzas superficiales. En la parte interna del adsorbente, se encuentran moléculas que están rodeadas de moléculas equivalentes y con ello son retenidas a fuerzas equilibradas. Y en la parte superficial las moléculas se encuentran sometidas a fuerzas no equilibradas. Debido a que las fuerzas excedentes son bastante elevadas, logrando atrapar las moléculas de un soluto que se encuentre en contacto con el adsorbente. A este proceso se conoce como adsorción física o de Van Der Waals (Sette Ramalho, 2003).



En la adsorción se conoce al sólido como adsorbente y al soluto como adsorbato, los carbones activados granulares y en polvo son empleados con mayor incidencia como adsorbente en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Sette Ramalho, 2003).

El carbón activado, son elaborados de diferentes materiales entre las cuales los más utilizados son la madera, cascaras o aquellos materiales con características carbonosas, las cuales son sometidas a procesos térmicos que consiste en la deshidratación y carbonización del material precursor (Sette Ramalho, 2003).

2.2.2. Adsorción en Carbón Activado

2.2.2.1. Carbón activado

El carbón activado conocidos también como adsorbente, presentan una gran variedad de acuerdo al material precursor utilizado para su elaboración, las cuales tienen características predominantes como la porosidad y cristalinidad, este material tiene una similitud al grafito según Gonzáles (2017) citado en (Moreno Santos, Rios Hurtado, & Flores Villaseñor, 2021); también se le denomina carbón activado a todo aquel que fue elaborado de materiales carbonosos o lignocelulósicos, una de las características de este material obtenido es debido a que presenta una elevada área superficial y se obtiene mediante la carbonización (E.U. POLITECNICA).

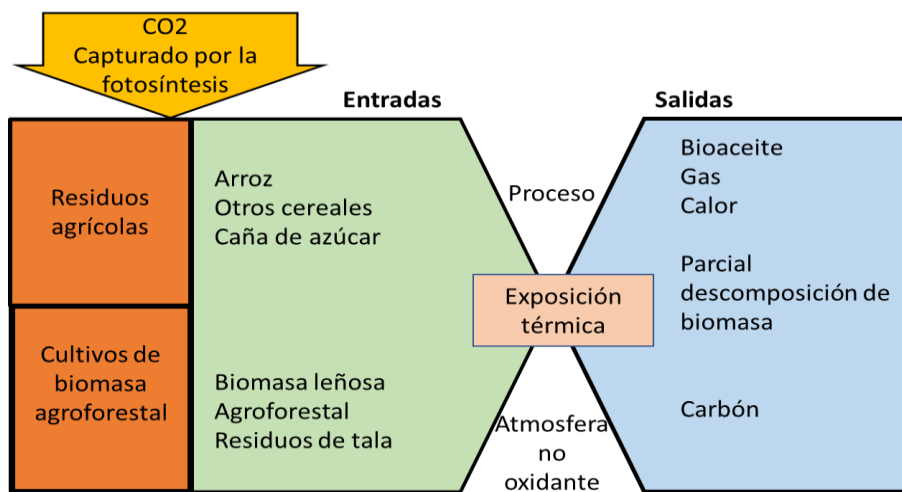
Uno de los átomos principales que presenta un carbón activado es el carbono las cuales se encuentran unidas mediante enlaces covalente, también pueden presentar otros átomos como el nitrógeno, oxígeno, azufre y son denominados heteroátomos que principalmente son provenientes de la materia prima utilizada, según Rodríguez – Reinoso (1998) citado en (Moreno Santos, Rios Hurtado, & Flores Villaseñor, 2021); todos estos unidos o enlazados por débiles fuerzas de Van Der Waals. El carbón activado en un inicio tiene un comportamiento hidrófobo, posteriormente debido a sus grupos oxigenados presentes en el carbón activado tiene un comportamiento hidrófilo,

según Hernández – Rodríguez y col., (2017) citado en (Moreno Santos, Rios Hurtado, & Flores Villaseñor, 2021).

Los criterios utilizados para elegir una materia prima carbonosa que tengan un potencial para obtener carbón activado de alta calidad con un bajo contenido inorgánico, volumen, costo y trabajabilidad de la materia prima, mínimo impacto ambiental y vida de almacenamiento de la materia prima (Al-Salem, et al., 2017); por lo tanto, para lograr la carbonización de la materia prima, se realiza con el propósito de la descomposición fisicoquímica bajo la acción del calor, resultado de ello se obtienen productos como carbón, gases y líquidos, las cantidades están relacionadas de acuerdo a las propiedades de la materia prima utilizado, como de los parámetros o técnicas empleadas para la operación del equipo de calentamiento (Prias, et al, 2011).

Figura 4

Proceso de carbonización



NOTA: Adaptado de (Pariona Palomino, Matos Ormeño, & Huilca Huanaco, 2020)

En este estudio se producirá carbón activado a partir de residuos de pepa de durazno, lo cual nos permite reducir la huella medioambiental de la agricultura mediante la valorización de residuos no aprovechados propias de esta actividad, dándole un valor agregado como una materia prima con



un gran potencial para obtener carbón activado, debido a que presenta características adecuadas de acuerdo al proceso de la carbonización, que permiten la adsorción de diferentes compuestos orgánicos, inorgánicos y los metales pesados.

2.2.2.2. Propiedad del carbón activado

El carbón activado cuenta con características específicas que le permite ser un adsorbente adecuado, estas características dependen de la materia prima, también se consideran la carbonización y la técnica de activación utilizada (química o física); estos procesos permitirán que el carbón activado se utilice en una gran gama de aplicaciones o tratamientos. El carbón activado presenta una elevada área superficial, diámetros de poros, elevada porosidad y un buen volumen; las cuales le brindaran unas excelentes propiedades físicas. También presentaran propiedades químicas en la parte superficial provenientes de su activación, según Taoufik y col., (2019) citado en (Moreno Santos, Rios Hurtado, & Flores Villaseñor, 2021).

Las propiedades fisicoquímicas del adsorbente obtenido son las que facilitan la capacidad de adsorción, las propiedades químicas del adsorbente le proporcionan una mayor afinidad hacia el adsorbato esto inducido por sus grupos funcionales presentes en la parte superficial; en relación a las propiedades físicas del adsorbente le brinda una mayor capacidad de retención de solutos y una buena propagación de moléculas en el interior del carbón activado, según Dilokekunakul y col., 2020 citado en (Moreno Santos, Rios Hurtado, & Flores Villaseñor, 2021).

2.2.2.3. Tipos de carbón activado

El carbón granulado y el carbón pulverizado son producidos con los mismos métodos; sin embargo, el primero tiene la ventaja de no requerir un proceso de separación, asimismo puede reactivarse mediante calentadores a 700 °C y volver a ser utilizado, pues la técnica consiste en la formación de biomasa que ayudara degradar el soluto adsorbido y con ello se libera las áreas de



adsorción, incrementando así la vida útil del adsorbente. Por el contrario, el carbono en polvo debe ser aislado del agua mediante procesos de filtración, sedimentación o por la coagulación y floculación, pero tiene la ventaja que permite dosificar una cantidad necesaria conforme a los tipos de contaminantes, según Carbotecnia, 2014 citado en (Espinal Heredia, 2017).

El carbón activado granular, es utilizado mediante la técnica de contacto entre el agua a tratar y el adsorbente. En este caso presentan una diferencia en el tamaño de partículas debido a que uno es mayor que el otro, y generalmente es utilizado para remover oligoelementos conocidos también elementos traza, especialmente orgánicos o aquellos que resistieron el tratamiento biológico presentes en el agua. El carbón activado en polvo, es utilizado cuando hay presencia de compuestos orgánicos tóxicos, se añade al agua a remediar posterior a ello se realiza la agitación, pasado un tiempo de contacto se deja sedimentar las partículas para su separación. Son procesos discontinuos, (Condorchem envitech, 2022).

Tabla 1

Clasificación del carbón activado según el diámetro de los poros

Tipos de poros	Diámetro (nm)	Especificaciones
Microporos:	≤ 2.00	Se llenan a presiones relativas bajas como consecuencia del solapamiento del potencial de adsorción.
Ultra microporos	≤ 0.70	
Super microporos	0.70 – 2.00	
Mesoporos	2.00 - 50.00	En ellos se origina la condensación capilar del soluto formando un menisco.
Macroporos	>50.00	Para llenarlos se demandan presiones relativas cercanas a la saturación.

NOTA: Acevedo, 2014 citado en (Obregón Olórtegui, 2019).



2.2.2.4. Características fisicoquímicas del carbón activado

2.2.2.4.1 *Características químicas*

El carbón activado desde la perspectiva de sus propiedades químicas, es un carbón básicamente puro, al igual que el diamante y los diversos carbonos minerales o del material lignocelulosas. Todos los carbones presentan una capacidad para adsorber, que consiste en que un sólido denominado adsorbente retiene en la parte superficial a ciertos tipos de solutos, denominados adsorbatos y que estas pueden estar presentes o contenidas en un gas o líquido; la distribución química del carbón activado está dada en proporciones de en un 75 a 80 % en carbono, 5 a 10 en cenizas, 60 % en oxígeno y 0.5 % en hidrógeno (E.U. POLITECNICA).

La química superficial del adsorbente, está dada por la coexistencia de grupos superficiales ácidos y alcalinas la cual representa una naturaleza anfótera. Si un carbón activado es básico o ácido dependerá de gran manera de la concentración de estos grupos y de la fuerza que presenta como ácido o base de los mismos. La presencia de los heteroátomos asimismo puede alterar las propiedades ácido - base de las soluciones que estarán en contacto con el adsorbente, o incluso puede aumentar la acidez superficial, permitiendo que actúe como un catalizador (Martínez de Yuso Ariza, 2012).

2.2.2.4.2 *Características físicas*

El carbón activado por lo general presenta una estructura microcristalina que en gran medida se asemeja a la del grafito. Debido a la estructura que contienen los carbones activados se le da lugar para la distribución de tamaño de poro que están bien definidas. Así mismo, se pueden diferenciar tres tipos de poros diferentes según su radio: macroporosos (radio mayor a 25 nm), mesoporos (radio en un rango de 1 - 25 nm), microporos (radio menor a 1 nm) (E.U. POLITECNICA).



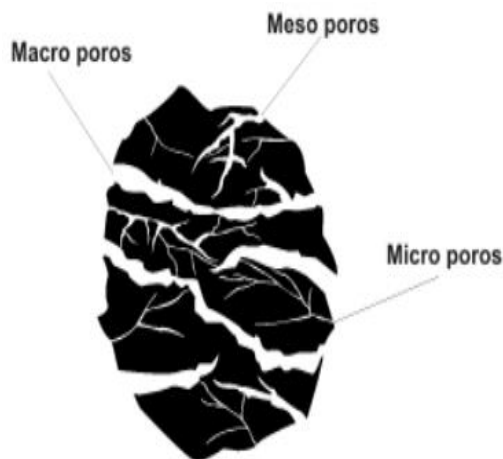
Los carbones activados como adsorbentes tienden a ser muy cambiantes esto debido a que se pueden controlar la distribución y el tamaño de poros, esto al momento de elegir la materia prima para su elaboración, como el método de su activación y el control de las condiciones de carbonización, con ello se puede satisfacer la necesidades específicas para remover un compuesto en especial (Martínez de Yuso Ariza, 2012).

De acuerdo a la clasificación de IUPAC, los poros se clasifican en función de su tamaño de diámetro en tres grupos principales.

De acuerdo a IUPAC, cabe precisar que la clasificación de los poros se realiza de acuerdo al diámetro que presentan los carbones activados y estas presentan tres grupos.

Figura 5

Granulo del carbón activado



NOTA: (Martínez de Yuso Ariza, 2012).

Para que presente una mayor adsorción el carbón activado se realiza el tratamiento con un adsorbente de característica microporoso, debido a que son los responsables de aportar en gran medida a la superficie específica del adsorbente, también a la par son importantes los mesoporosos y macroporosos debido a que facilitan el ingreso de los solutos a los microporos (Spaltro, 2017).

Las características fisicoquímicas importantes del carbón activado son:



A. Densidad aparente

Es el peso en un volumen determinado (g/cm^3) del adsorbente previamente habiendo sido secado totalmente en el aire, esta característica del carbón activado nos permitirá determinar el volumen necesario que se necesita para contener una masa del mismo (Ruiz Menendez A. P., 2018).

B. Contenido de Humedad

Es una de las características del adsorbente, que nos indica cuando se tiene un mayor contenido de humedad, se tendrá en proporciones menores el carbón activado efectivo para el tratamiento según Hassler (1988) citado en (Ruiz Menendez A. , 2018), también cabe mencionar que los porcentajes de humedad no afecta el poder de la adsorción.

C. Contenido de material volátil

Esta característica del adsorbente nos indicara la pérdida de peso en productos gaseosos al que se conoce como material volátil, en donde se excluye el vapor húmedo del carbón activado obtenido Según ASTM (1976) citado en (Ruiz Menendez A. P., 2018).

D. Contenido de cenizas

Es una de las características importantes del adsorbente, que debido a la cantidad y disposición de cenizas presentes en el carbón activado tienen la capacidad de influir en el proceso de la adsorción y como en otras características del adsorbente. En el caso de la remediación del agua, la desventaja primordial de las cenizas radica cuando su porcentaje es mayor, será menor la cantidad de carbón activado efectivo para el tratamiento, Hassler (1988) citado en (Ruiz Menendez A. P., 2018).

E. Contenido de carbono fijo

Es una de las características del adsorbente que nos indica la presencia del carbono total presente y en pequeñas cantidades del oxígeno, nitrógeno, hidrogeno y azufre, para su determinación se halla del total menos el porcentaje de material volátil y el contenido de cenizas, ASTM D-1762 citado en (Ruiz Menendez A. P., 2018). También la presencia del carbono total está afectada por



la lignina de la materia prima, los alquitranes presentes y de los gases no condensables, Hassler (1988) citado en (Ruiz Menendez A. , 2018).

F. pH

Esta característica del adsorbente, principalmente está afectado por el agente activante utilizado en el método químico, cuando se utiliza el ácido fosfórico para la activación, el adsorbente obtenido contiene fosfatos que al disolver en agua se convierten en ácidos y por tanto se reflejado en la disminución del pH; una de las formas para eliminar la presencia de fosfatos del carbón activado es mediante el método del lavado, (Ruiz Menendez A. P., 2018).

2.2.2.5. Carbón activado a partir de endocarpio de durazno

El endocarpio de durazno tomadas como materia prima no tienen una estructura de carbono ni una textura que las hagan capaces de adsorber cualquier contaminante. Por lo que el propósito del proceso de activación consiste en mejorar el volumen de los poros, ampliar el diámetro de los poros e incrementar la porosidad del adsorbente mediante tres métodos diferentes como activaciones físicas, químicas y fisicoquímicas (Canales Flores & Prieto Garcia, 2016). Estos tratamientos cambian de manera irreversible la superficie de la materia prima para permitir la retención por adsorción de sustancias orgánicas e inorgánicas, de esta manera la activación tanto térmica se realiza por la elección de vapor o dióxido de carbono como oxidante, mientras que la activación química es debido a la presencia de ácidos inorgánicos y óxido metálico (Ziati, et al., 2017).

Además, de acuerdo con Canales-Flores y Prieto-García, (2016), el ácido fosfórico como agente activante actúa como un catalizador que causa reacciones de hidrólisis, deshidratación, condensación y reticulación para mejorar las propiedades estructurales del carbono. Además, en el proceso de la activación por el método químico, las moléculas de H_3PO_4 pueden formar H_2O y ácidos polifosfóricos que ayudan en la carbonización de compuestos volátiles, lo que da como



resultado un aumento de la porosidad. Por otro lado (Ruiz Menendez A. , 2018) explica el método de activación con H_3PO_4 , al utilizar materia prima como la madera y pepas de durazno con tamaños de partículas en promedio de 3 mm, a una temperatura de 50 °C, el ácido fosfórico presenta una facilidad para difundirse al interior de las partículas del endocarpio de durazno y también reduciendo su contracción hasta obtener un valor óptimo de rendimiento del 50 %. En donde las partículas de la materia prima adquieren una elasticidad y produciéndose cambios durante su carbonización, debido a ello la temperatura de carbonización es menor cuando se realiza el carbón activado por el método de activación química.

2.2.2.6. Prunus persica

Prunus persica es el nombre científico del fruto de durazno, el cual significa manzana algodonada. Su cultivo en el Perú desde el año 2009 ha sido fomentado por el organismo estatal como el Gobierno Territorial del Cusco a través de sus proyectos productivos, potenciando el desarrollo de productos naturales caducifolios, como el durazno, con el objetivo de optimar los contextos socioeconómicos de los personales agrarios, por lo que numerosos agricultores se han enfocado en esta acción, pero el volumen de la oferta no se conoce con precisión, así como las tecnologías de producción y el manejo post – cosecha (Huacac Osorio, 2019).

Figura 6

Composición del fruto de durazno



NOTA: Adaptado de (Mena Alanoca, 2015)



Sin embargo, se estima que los productos naturales presentan ciertas características para ser aprovechado o transformado en otros productos adquiriendo un valor económico, de interés comercial y social. De esta manera diversos estudios han verificado que el endocarpio de durazno, semilla de aceituna y cascara de naranja es un recurso potencialmente valioso como fuente de generación de calor, biometanización y compostaje (Tovar, 2017). De esta manera, la taxonomía de la *Prunus persica* se presenta a continuación:

Tabla 2

Taxonomía de Prunus persica

Descripción	Tipo
Reino	<i>Vegetal</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Pterópsida</i>
Clase	<i>Angiosperma</i>
Sub clase	<i>Dicotiledónea</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Género	<i>Prunus</i>
Especie	<i>Prunus persica</i>
Nombre común	<i>Durazno</i>

NOTA: Adaptado de (Bissanti, 2018).

El endocarpio de durazno tiende a retardar las reacciones microbiológicas, químicas y la formación de enzimas, por ello es considerado ideal en la clarificación de aguas crudas, ayudando a reducir el impacto de sustancias químicas como el aluminio, un elemento dañino para la salud (Carrasquero, et al., 2019).



2.2.2.7. Parámetros de adaptación del cultivo Prunus persica

Es un tipo de planta originario de China cultivado en climas templados, los límites latitudinales de producción oscilan entre los 45° LN hasta 40° LS, los factores para su éxito en cultivación son las siguientes: suelos, con drenaje elevado y con profundidad efectiva de 1 o 1.5 metros de texturas blandas; temperaturas, se requiere temperaturas mayores a 10 °C para evitar que ingresen en el proceso de Endo dormancia; humedad, valores inferiores al 75 %; pH, un valor medio del 6.0; climas, un clima templado facilita condiciones favorables para su cultivo; y fotoperiodo, es necesario que se considere una iluminación de 10 y 14 horas diarias (Zambrano & Perdomo, 2019).

2.2.2.8. Endocarpio de durazno como residuos sólido aprovechable

La producción de durazno a nivel nacional para el año 2017, según el Ministerio de Agricultura y Riego (2019) fue de 45,688.00 toneladas, mientras que la región Cusco registró para este año una producción de 1,769.00 toneladas es decir el 3.87 % del total nacional; por otro lado, la superficie cultivada mantiene esta tendencia con el 3.90 % del total nacional, mientras que el rendimiento obtenido en la región Cusco (8,449 kg/ha) es menor al promedio nacional (8,976.3 kg/ha) para el año 2017, según la misma fuente (Huacac Osorio, 2019).

Además, la alta demanda del durazno para la preparación de diversos sub productos como la mermelada, pulpas de fruta, entre otros, genera residuos orgánicos, para los cuales en la actualidad no se tiene una industria que le dé un valor agregado a los residuos incorporando tecnologías de fácil aplicabilidad para mejorar el aprovechamiento de los residuos (Marín Vásquez, 2019). Por lo tanto, cuando son dispuestos inadecuadamente dan origen a contaminación por la fermentación de material residual produciendo olores desagradables y filtrando contaminantes tanto al suelo como a los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas. Asimismo, la transferencia de este



desperdicio en los vertederos puede causar problemas de funcionamiento en el relleno debido a la alta sustancia de humedad en la pepa de durazno (Maiti & Bidinger, 2015).

El endocarpio de durazno puede ser aprovechada para la remediación de aguas residuales mediante el proceso de la adsorción de sustancias contaminantes.

2.2.3. Sistema de Adsorción

La adsorción nos permite remover compuestos como los orgánicos y los metales pesados que pueden estar presentes en un medio acuoso o gaseoso, esta técnica tiene una alta eficiencia y su empleabilidad es sencilla, ya que la elaboración de los adsorbentes puede presentarse con bajos costos y sirviendo para distintas aplicaciones. Esta técnica es implementada a nivel industrial y de laboratorio el cual consiste en la extracción de un soluto de una fase para que esta se concentre en una fase sólida, (Vera Gaskell & Morocho Chuchuca, 2015).

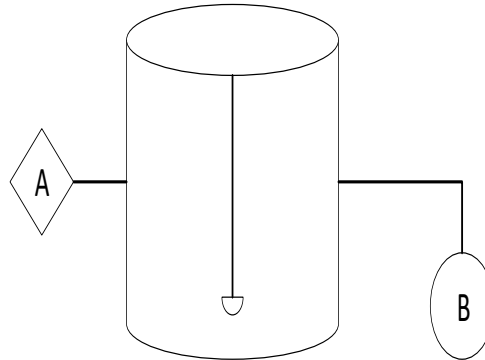
Los factores que tienen una mayor incidencia en el proceso de la adsorción son el pH, tamaño del adsorbente, temperatura, el tipo de contaminante. La interacción de pH principalmente está reflejada el comportamiento de los contaminantes en un medio acuoso, estos pueden precipitar o estar disueltas de acuerdo a la variación del pH y el comportamiento del contaminante en una solución (Reyes, et al., 2016).

2.2.3.1. Sistema batch o lotes

Un sistema batch, comprende cuando una cantidad de materia prima es introducida al inicio de un proceso, luego de un periodo (tiempo) se extrae la cantidad total de materia prima que fueron transformados en productos y residuos. Generalmente son procesos por etapas (Sacome, 2018). Para la remoción de los fosfatos se realizará la simulación de un sistema por lotes o lechos agitados.

Figura 7

Diagrama de un sistema por lotes o batch



NOTA: Referencia de un sistema por lotes

2.2.3.2. Factores que afectan a la adsorción

El proceso de adsorción, es la atracción de una sustancia soluble en la parte superficial de un sólido. Uno de las propiedades fundamentales del carbón activado en este caso será el área específica disponible, dado que la sustancia soluble a remover se ha de concentrar en el área del mismo. Una de las prioridades es tener una mayor calidad de las aguas y consecuente a ello se está realizando el proceso de la adsorción con mayor incidencia. El cual es una técnica que presenta una mayor eficiencia, y por lo tanto es implementado en la etapa final de los sistemas de tratamientos de efluentes (Condorchem envitech, 2022).

- ✓ Solubilidad: A una menor solubilidad, la adsorción mejora.
- ✓ Estructura: A mayor ramificación de las estructuras, se incrementa la adsorción.
- ✓ Peso molecular: Con moléculas mayores, mejora la adsorción.
- ✓ Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma en la adsorción.
- ✓ Polaridad: A una polaridad menor, mejora la adsorción.
- ✓ Grado de saturación: Cuando se presenta insaturados, mejorara adsorción.



La técnica de la adsorción con diversos adsorbentes se ve afectado por diversos factores tanto del adsorbente y como del soluto, así como también de la solución en el que se lleva a cabo este fenómeno (Condorchem envitech, 2022).

Presenta los siguientes factores según (Textos Cientificos, 2006).

A. Propiedades relacionado con el tipo de carbón activado

El proceso de la adsorción se incrementa, conforme se aumenta el diámetro de los poros del adsorbente esta relación es de una y cinco veces mayor al diámetro de la sustancia a adsorber (Textos Cientificos, 2006).

B. Propiedades relacionadas con el adsorbato

Con relación al adsorbato se presenta una mayor adsorción de las sustancias orgánicas no polares en comparación a las polares. Así también al disminuir la solubilidad del adsorbato se incrementa la adsorción en la fase líquida (Textos Cientificos, 2006).

C. Propiedades relacionadas con la solución

La teoría revisada indica que en el proceso de la adsorción no es afectado por la variación de la temperatura; pero generalmente al incrementar la temperatura se incrementa la solubilidad del adsorbato y con ello disminuye la adsorción en la fase líquida (Textos Cientificos, 2006).

2.2.3.3. Tamaño del carbón y sus efectos en la velocidad de adsorción

El carbón activo puede estar presente en gránulos, pellets y polvo, en las tres formas son los más comunes.

Cuando es mucho más menor las partículas del carbón activado, el proceso de adsorción aumenta, el carbón activado en polvo presenta velocidad de adsorción mayor a la del carbón activado granular. (Gonzales Mora & Teruya Chinen, 2004).



2.3. Hipótesis

2.3.1. *Hipótesis General*

- ✓ El carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*) presenta una influencia alta en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente, Cusco 2022.

2.3.2. *Hipótesis Específicas*

- ✓ Las características del endocarpio de durazno permiten obtener un buen carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ El carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno presenta un rendimiento alto de producción para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ Las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno ayudan en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.
- ✓ La influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo de adsorción y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, es alta.
- ✓ La capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentan valores altos.

2.4. Variable

2.4.1. *Identificación de Variables*

La investigación se trabajará con variable independiente y dependiente. Como variable independiente se tiene **carbón activado de endocarpio de durazno**, y como variable dependiente se tiene **remoción de fosfatos en agua contaminada con detergente**.



2.4.2. Operacionalización de Variables

Tabla 3
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual de las variables	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidades	Instrumento	
<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Carbón activado de endocarpio de durazno</p>	<p>El carbón activado es un sólido de color negro derivado de materiales carbonosos y se obtiene mediante la carbonización (E.U. POLITECNICA). Las propiedades físicas y químicas del carbón activado son las que proporcionan la capacidad de adsorción del material, la capacidad física le infiere una gran capacidad de retención y buena difusión de moléculas; mientras las químicas le proporcionan una gran afinidad hacia las moléculas debido a sus grupos funcionales (Moreno Santos y col., 2021).</p>	<p>Se obtendrá carbón activado a partir de endocarpio de durazno, utilizando el método de activación química empleando como agente impregnante ácido fosfórico, luego se realizará una caracterización física y química del carbón activado para determinar su capacidad de adsorción</p> $Q = \frac{(C_i - C_f) * V}{Mca}$	Características del endocarpio de durazno	Contenido de humedad	%	Reporte de laboratorio Cuaderno de campo	
				Contenido de cenizas	%		
				Material volátil	%		
			Rendimiento de producción	Rendimiento	%		Características fisicoquímicas del carbón activado
			Densidad aparente	g/ml			
			Contenido de humedad	%			
			Contenido de material volátil	%			
			Contenido de ceniza	%			
			Contenido de carbono fijo	%			
			pH	1-14			
Granulometría	nm, Malla # 200						



Variable	Definición conceptual de las variables	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidades	Instrumento
			Capacidad de adsorbente	Concentración inicial	Ci	
				Concentración final	Cf	
				Volumen de solución	ml	
				Masa de carbón activado	g	
<p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes</p>	<p>La remoción del fosfato por la adsorción es el método que permite eliminar compuestos que se encuentren en un medio acuoso, presentando una alta eficiencia y es de fácil manejo ya que el desarrollo de esta técnica es de bajo costo sirviendo en diversas aplicaciones en la industria química y a nivel de laboratorio. (Gaskell y Morocho, 2015).</p>	<p>La remoción de fosfatos con el carbón activado se realizará mediante la interacción de los parámetros de adsorción considerados y también considerar las características del adsorbente con las propiedades físicas de la solución acuosa, el tamaño, la forma y la estructura interna de las partículas, la remoción de fosfatos se determina con la siguiente ecuación.</p> $\%R = \frac{(Ci - Cf)}{Ci} \times 100$	Parámetros de adsorción	Masa de adsorbente	g	<p>Reporte de laboratorio</p> <p>Cuaderno de campo</p>
				pH	1-14	
				Tiempo	Min	
			Porcentaje de remoción	Concentración inicial	Ci	
Concentración final	Cf					

NOTA: V=volumen de la solución, Mca= masa del carbón activado



2.5. Definición de términos

Contaminación de agua dulce

La polución de cuerpos de agua, tanto superficiales y subterráneas compone un problema medio ambiental. Ya que grandes cantidades de sustancias tóxicas originadas por la actividad antropogénica son vertidas a los cuerpos de agua. En circunstancias especiales son contaminadas de manera natural como por el arsénico. (Tolcachier).

Productos de limpieza

La contaminación por los productos de limpieza degrada el aire también el agua, la contaminación del agua por estos productos es origina por efluentes con contaminantes como los detergentes y jabones. Estos efluentes generan la eutrofización, la consecuencia es el consumo de O₂ del agua y la muerte de toda forma de vida. (Lopez, 2016).

Aguas residuales

Las aguas residuales tienen las características de presentar en un porcentaje mayor material orgánico, en el Perú solamente se ha ejecutado el 30% del presupuesto público en el tratamiento de efluentes domésticos según el plan nacional de saneamiento para el año 2016. (Larios, Gonzales , & Morales, 2015).

Contaminación de agua por detergentes

El incremento de los detergentes en el ambiente ocasiona consecuencias negativas en las membranas celulares de seres vivos, también los detergentes ocasionan la eutrofización, debido a los altos niveles de fosforo procedentes de trifosfato, que es uno de los ingredientes de los detergentes comerciales domésticos (Jurado, Saenz, Velasquez, Azaldegui, & Benavides, 2017).



CAPITULO III: MÉTODO

El método permite conseguir información para la investigación, la cual es particular y específica de una determinada disciplina, complementada al procedimiento científico a través de la valoración de los resultados que conlleva mediante la observación directa (Bunge, 2017), de esta manera, el método científico definirá el desarrollo y ejecución de las experimentaciones a través de la secuencia de los procedimientos y procesos para estimar las hipótesis que generará nuevos conocimientos según los resultados.

3.1. Enfoque de la Investigación

Un trabajo de investigación de enfoque cuantitativo se considera debido a que los datos son obtenidos mediante mediciones, las cuales se representan numéricamente (cantidades) y son analizados por métodos estadísticos. También, los trabajos de investigación cuantitativos son secuenciales y probatorios. Debido a que cada etapa del estudio procede a una siguiente etapa y no se puede esquivar las etapas (Hernández Sampieri, 2014).

Por ende, el presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo, debido a los objetivos planteados en el estudio y de las condiciones metodológicas; ya que se realizó un trabajo secuencial, iniciando con la recolección de la materia prima (pepa de durazno), caracterización del endocarpio de durazno, elaboración de carbón activado, cálculo de rendimiento de producción de carbón activado, caracterización del carbón activado, preparación de agua contaminada con detergentes (fosfatos) y por último la remoción de fosfatos; todos estos datos son cantidades exactas que nos permitirá realizar un análisis y describir los fenómenos ocurridos durante el trabajo de investigación realizado.



3.2. Alcance del Estudio

El alcance de la presente investigación es de carácter explicativo, debido a que un estudio explicativo busca responder las causas ocurridas por la experimentación. También, su propósito es explicar del por qué sucede un cambio o acción y a qué condiciones estas se manifiestan debido a la interacción de dos o más variables, entonces un estudio explicativo busca explicar la relación de causa y efecto de los fenómenos que se estudian (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Por ende, el presente trabajo de investigación es de tipo explicativo. Debido a que se analizó la interacción de las variables de estudio, y logrando una relación entre ambas. Esta relación se constató en los cambios de concentración de fosfato en aguas contaminadas con detergentes antes y después de la aplicación del carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño del trabajo de investigación fue de diseño experimental, debido a que este estudio está basado en el control de una de las variables, la cual será manejado o alterado de manera intencional. Para el estudio se manejará la variable independiente (causas), para analizar la evolución del cambio de la variable dependiente (efectos) después del tratamiento experimental (Hernández Sampieri, 2014).

3.3.1. Diseño Metodológico

En el presente estudio se realizaron los siguientes procedimientos, iniciando con la recolección y acondicionamiento del endocarpio de durazno, caracterización del endocarpio de durazno, elaboración del carbón activado, caracterización física y química del adsorbente obtenido, preparación de agua sintética a nivel de laboratorio contaminado con fosfato, realización



de prueba de jarras para la remoción de fosfato y por último la determinación de fosfato y análisis de los datos obtenidos.

Materiales y equipos utilizados

- Materia prima (endocarpio de durazno).
- Horno de secado (Memmert)
- Mufla (Thermo Scientific de temperatura máxima de 1400 °C)
- Crisol con tapa
- Pinza de laboratorio
- Desecador de vidrio
- Balanza analítica compacta HR-250AZ
- Campana de extracción de gases
- Papel toalla
- Mortero con pilón
- Embudo
- Papel filtro
- Agua destilada
- Vaso precipitado
- Cloruro de zinc
- Agitador magnético
- Matraz de 400 ml
- Probeta de 100 ml
- Equipo de protección personal
- Carbón activado de endocarpio de durazno
- Cucharilla metálica de laboratorio
- Tamices de laboratorio
- pH-metro
- Termómetro
- Equipo de baño maría
- Probeta de 5 ml
- Luna de reloj
- Matraz
- Espectrofotómetro UV-visible
- Tubo de ensayo
- Gradillas
- Pipeta

Reactivos

- Ácido sulfúrico 5N, grado analítico
- Ácido fosfórico al 85 %



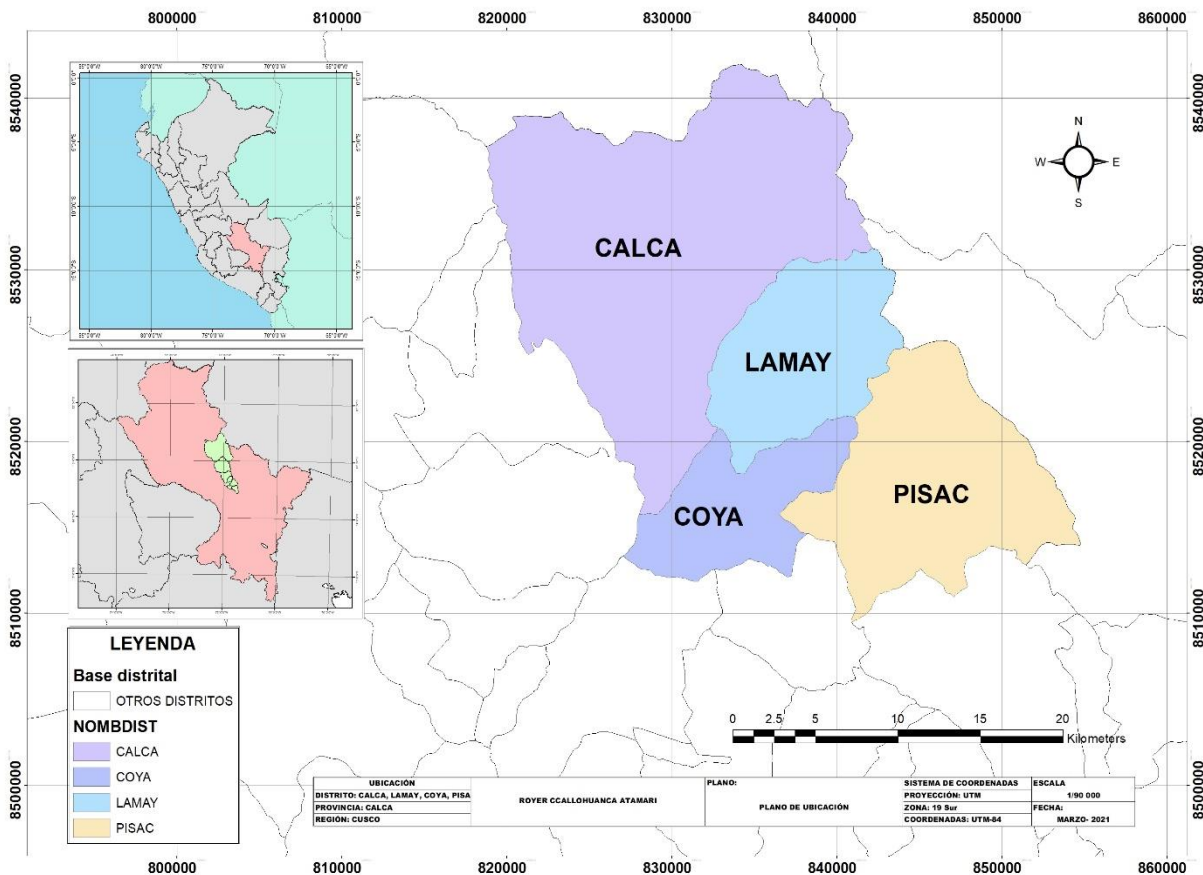
- Tartrato de antimonio
- Molibdato de amonio
- Ácido ascórbico 0.1 M
- Fosfato di ácido de potasio

Recolección y acondicionamiento de materia prima

El durazno fue recolectado de los vendedores de fruta del mercado Rosaspata ubicado en el distrito y provincia de Cusco. Dicha materia prima procede de los distritos de Calca, Lamay, Coya, Pisac pertenecientes a la Provincia de Calca, Departamento de Cusco.

Figura 8

Mapa de localización de productores de durazno en la provincia de Calca



NOTA: Mapa ubicación de los distritos de la provincia de calca dedicadas a la producción del durazno.



El lugar de ejecución de la presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

↳ **Características del endocarpio de durazno**

La caracterización del endocarpio de durazno comienza con la recolección del durazno y quitándoles la pulpa, posteriormente se secó a temperatura ambiente, para eliminar la humedad persistente se llevó a cabo el secado del endocarpio de durazno en un horno a 60 °C durante 24 horas (Ribas, et al, 2020).

Posterior a ello se empezó quitar la semilla y solo quedando el endocarpio o parte que cubre la semilla de la pepa de durazno, prosiguiendo a ello se realizó la caracterización del endocarpio de durazno.

A. Determinación morfológica del durazno

Las características morfológicas del durazno, son de la variedad Prisco; donde se determinaron su peso, perímetro que tenían antes de obtener la pepa de las mismas.

Se tomaron una muestra representativa de 11 duraznos de la variedad Prisco para determinar su masa, densidad antes de ser despulpadas para la extracción del endocarpio. También se determinó la masa del endocarpio durazno.

Figura 9

Durazno de variedad Prisco y endocarpio



Nota: Durazno de variedad Prisco, Producido en los distritos de Calca y adquiridos de los vendedores de frutas del mercado de Rosaspata Cusco.

B. Determinación del contenido de humedad

El endocarpio de durazno, se colocó un aproximado de 5 gramos en un recipiente y a continuación fue llevado al horno de secado a 110 °C durante un tiempo de 60 minutos. Para la determinación del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente ecuación, según ASTM D-1762 citado por (Ruiz Menendez A. , 2018).

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial de la materia prima (gramos)

B: Peso seco de la materia prima (gramos)

C. Contenido de cenizas

Para determinar el contenido de cenizas del endocarpio de durazno, se empleó un aproximado de 5 gramos que fue colocado en un crisol y se introdujo a la mufla a 700 °C durante un tiempo de 60



minutos. Luego se deja enfriar en un desecador de vidrio durante un tiempo de 1 hora y por último se pesó. Para determinar el porcentaje de ceniza se utiliza la siguiente ecuación, según ASTM D-1762 citado por (Ruiz Menendez A. , 2018).

$$\text{Cenizas (\%)} = \left(\frac{A - B}{C} \right) \times 100$$

Donde:

A: Peso del crisol y residuo de ceniza – 700 °C (gramos)

B: Peso del crisol vacía (gramos)

C: Peso inicial del material volátil (gramos)

D. Contenido de material volátil

En la determinación del contenido de material volátil del endocarpio de durazno, se empleó aproximadamente 4 gramos de materia prima. La muestra fue puesta en un crisol luego se introdujo a una mufla a 700 °C durante un tiempo de 15 minutos. Para determinar el porcentaje de material volátil se utilizó la siguiente ecuación, GGsegún ASTM D-1762 citado por (Ruiz Menendez A. , 2018).

$$\text{Material volatil (\%)} = \left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra inicial (gramos)

B: Peso de la muestra luego de calcinar a 700 °C (gramos)

➤ **Elaboración del carbón activado a partir de endocarpio de durazno**

Durante el proceso de la elaboración del carbón activado de endocarpio de durazno empezó una vez finalizado la caracterización del endocarpio.

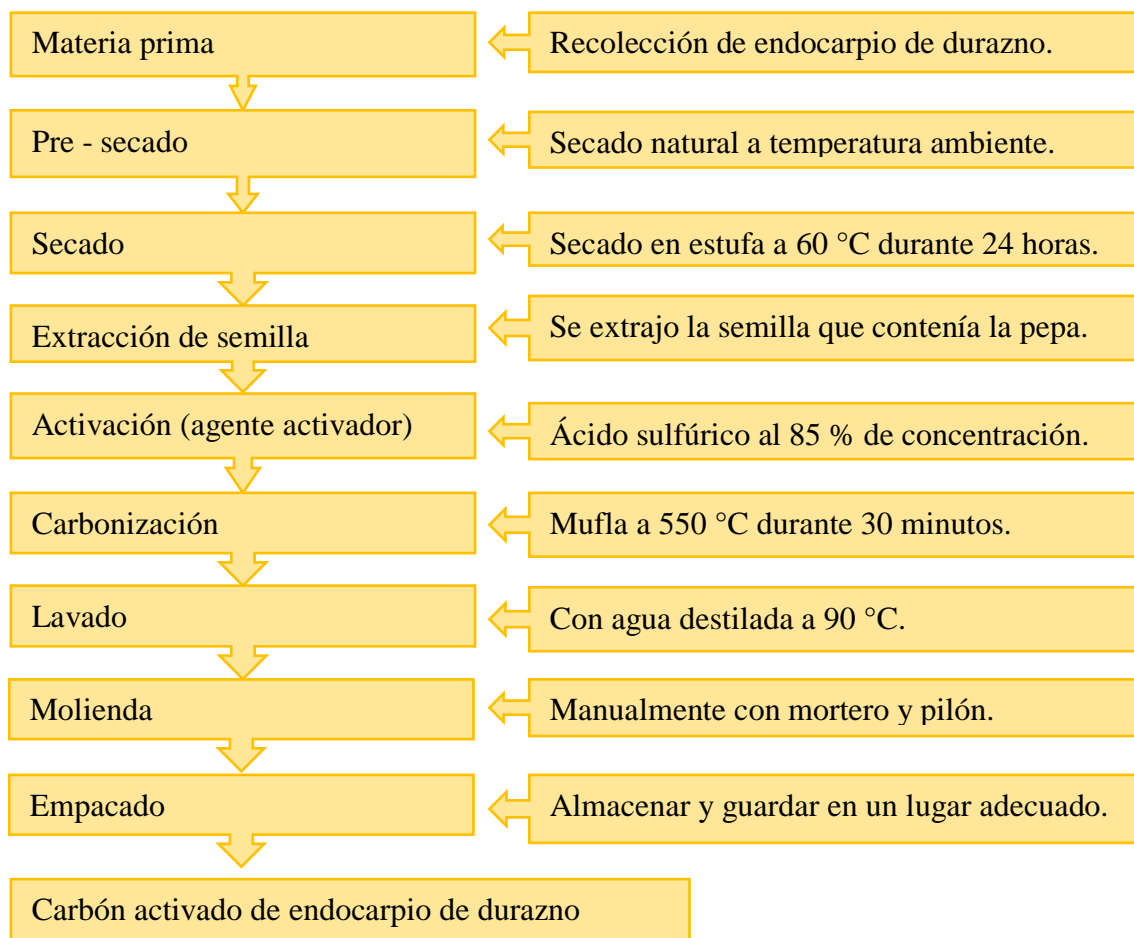


Procedimiento

Se siguió el siguiente diagrama para la elaboración del carbón activado de endocarpio de durazno según la técnica utilizada por (Jha, Mallick, Shrestha, & Rajbhandari, 2019).

Figura 10

Elaboración del carbón activado a partir de endocarpio de durazno



➤ **Análisis del rendimiento de producción del carbón activado obtenido**

Para determinar el rendimiento del endocarpio de durazno en la obtención del carbón activado se determina según la ecuación descrita por Ruiz Menéndez (2018).



$$Y (\%) = \frac{MCA}{Mp} \times 100$$

Donde:

MCA: Masa del adsorbente obtenido (gramos)

Mp: Masa del endocarpio de durazno – antes de carbonización (gramos)

↳ **Caracterización fisicoquímica del carbón activado obtenido**

Se realizó las siguientes caracterizaciones al carbón activado obtenido a partir del endocarpio de durazno.

A. Densidad aparente

La determinación de la densidad aparente del carbón activado de endocarpio de durazno se realizó en base a la metodología de (Ruiz Menendez A. , 2018) quien realizó según la NTP 15-000-1982. Se colocó en una probeta de 5 ml el carbón activado obtenido. Se revisa a que no varíe el volumen del carbón activado y finalmente se pesa.

$$\rho (g/ml) = \frac{MCA}{VCA}$$

Donde:

MCA: masa del carbón activado obtenido (gramos)

VCA: volumen de carbón activado en la probeta (ml)

B. Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se utilizó la metodología de (Ruiz Menendez A. , 2018) quien realizó según ASTM D-1762. Se pesó un aproximado de 1 gramo de carbón activado y fue colocado la muestra en un horno a 105 °C por un tiempo de 3 horas hasta tener un peso constante. Se dejó enfriar en un desecador de vidrio y en seguida se realizó el pesado.



$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial del carbón activado obtenido (gramos)

B: Peso seco del carbón activado – 105 °C (gramos)

C. Contenido de material volátil

Para determinar el contenido de material volátil se utiliza la metodología de (Ruiz Menendez A. , 2018) quien realizó según ASTM D-1762. Se Colocó una muestra de carbón activado (1 gramo) en un crisol, luego se introdujo a una mufla a 950 °C, primero permaneciendo en la puerta de la mufla durante un tiempo de 2 minutos posterior a ello sobre el borde exterior de la mufla por un tiempo de 3 minutos y finalmente un tiempo de 6 minutos en la parte inferior con la puerta cerrada de la mufla. Posteriormente, se dejó enfriar y fue pesado.

$$\text{Contenido de material volátil (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso seco del carbón activado obtenido (gramos)

B: Peso del carbón activado sin material volátiles – 950 °C (g)

D. Contenido de cenizas

En la determinación del contenido de cenizas se utiliza la metodología de (Ruiz Menendez A. , 2018) quien realizó según ASTM D-1762. Se colocó en crisoles destapados carbón activado de endocarpio de durazno (1 gramo) y se introdujo en una mufla a 750 °C durante 6 horas. Se dejó enfriar los crisoles con las tapas colocadas aproximadamente 1 hora y fue pesado.



$$\text{cenizas (\%)} = \frac{B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso seco del carbón activado obtenido (gramos)

B: Peso de la ceniza – 750 °C (gramos)

E. Carbono fijo total

Para determinar el carbono fijo total se utiliza la metodología de (Gonzales Mora & Teruya Chinen, 2004), los valores de carbono fijo se obtuvieron restando del 100 % de los valores porcentuales de material volátil como de las cenizas.

$$\text{carbono fijo (\%)} = 100 \% - (\%MV + \%MC)$$

Donde:

% M_C: Porcentaje de contenido de cenizas

% M_V: Porcentaje de material volátil

F. Potencial hidrogenión – pH

Se pesó aproximadamente 0,5 gramos de carbón activado obtenido secado a una temperatura de (105 ± 2 °C) durante un tiempo de 1 hora. Posterior a ello se transfiere el carbón activado a un vaso precipitado y se agrega 25 ml de agua destilada, consiguiente a ello se homogeniza con la ayuda de una varilla de vidrio, luego fue calentado a baño maría en un vaso precipitado a 80 °C durante un tiempo agitando lentamente. Finalmente se efectúa la lectura del pH, manteniendo la temperatura de 75 ± 5 °C. luego se deja enfriar la muestra a temperatura de ambiente y se realiza la segunda medición del pH. La diferencia entre ambas mediciones no debe ser mayor a 0.15; en caso que no cumpla se vuelve a realizar la prueba esto según la (NTP 0.27.025-1982) utilizada por (Ruiz Menendez A. , 2018).



G. Tamaño de partículas del carbón activado

La determinación del tamaño de partículas del carbón activado de endocarpio de durazno se realizó según la NTP 311.331.2019 (norma técnica de carbón activado).

Tabla 4

Numero de malla según U.S. Standard Sieve

Numero de malla	Abertura (mm)
20	0.841
25	2.00
30	0.595
60	0.250
80	0.177
100	0.149
200	0.074
325	0.044
400	0.037

NOTA: Adaptado de (Carbotecnia, 2021).

Preparación de aguas sintéticas contaminadas con detergentes

Las pruebas de laboratorio de los sistemas de tratamiento de aguas grises a menudo utilizan aguas residuales sintéticas para proporcionar un material de alimentación consistente; sin embargo, se utilizan productos comerciales, con composiciones que pueden variar según la región geográfica y con el tiempo, por lo que no se pueden reproducir con precisión; sin embargo, (Ziemba, Larivé, Reynaert, & Morgenroth, 2018) establece una cantidad de 30 mg/L de detergentes para simular la contaminación por este producto.

En base al dato de (Ziemba, Larivé, Reynaert, & Morgenroth, 2018) se realizará la preparación de muestra de agua sintética contaminado.



1. Se realizó la mezcla de tres detergentes (Bolívar, Marsella y Ace, referencia figura 1), luego se pesó 1 gramo de detergente mezclado.
2. Se disolvió 1 gramo de detergente mezclado en agua destilada, luego la solución fue colocada en un matraz de un litro y fue aforado.
3. Posteriormente se sacó 30 ml del matraz aforado con ayuda de una pipeta.
4. La solución de 30 ml fue colocada en otro matraz de un litro y aforado.
5. La concentración de la solución en el segundo matraz es de 30 mg/L.

Diseño experimental

En la remoción del fosfato, se considera tres factores (Cantidad de adsorbente del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH) cada uno de ellos a dos niveles (máximo y mínimo), además con tres réplicas de punto central.

Tabla 5

Parámetros de factores considerados para el proceso de adsorción

	Factor	Mínimo	Máximo
Factor	Cantidad de adsorbente (g)	0.13	0.25
	Tiempo (min)	30.00	90.00
	pH (escala)	6.00	8.00

Para realizar el diseño experimental utilizamos el programa STATGRAPHICS Centurión, se realiza un diseño factorial de $(2^n + 3)$ donde “n” son los factores y “2” son los niveles mínimo y máximo como de los tres puntos centrales, de acuerdo a ello se tendrá que realizar 11 experimentos en el laboratorio según la tabla 6.



Tabla 6

Diseño experimental

Prueba	Cantidad de adsorbente (g)	pH (escala)	Tiempo (min)
1	0.13	6	90
2	0.25	8	30
3	0.13	6	30
4	0.25	8	90
5	0.13	8	30
6	0.13	8	90
7	0.25	6	90
8	0.25	6	30
9	0.19	7	60
10	0.19	7	60
11	0.19	7	60

Proceso de adsorción

El proceso de adsorción se llevó a cabo por prueba de jarras, con el siguiente procedimiento:

- En once (11) vasos precipitados de 250 ml se agregó la mezcla artificial (agua con detergente).
- Se Pesó el carbón activado de endocarpio de durazno de acuerdo al diseño experimental.
- La agitación fue llevado a una velocidad de 400 rpm.
- Fue realizado la prueba de jarra de cada muestra de acuerdo a los tiempos establecidos en el diseño experimental.
- Se dejo sedimentar y se realizó su posterior filtrado de la muestra.
- Finalmente se llevó la determinación de la concentración final de fosfatos por espectrofotometría UV-visible.

Determinación de fosfatos

Este proceso se desarrolló por el método ácido ascórbico en el laboratorio con la finalidad de distinguir la presencia de fosforo soluble, esta técnica en comparación con otras técnicas es más



precisa para determinar fosfatos también se caracteriza porque genera menos de la mitad del volumen de desechos.

El método utilizado fue del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental) con código TP0094, versión 03 (Bojaca, Duque, & Lasso, 2007), de acuerdo a ello se preparó el reactivo combinado:

Tabla 7

Preparación de reactivo combinado

# de muestras aprox.	Volumen preparado.	H ₂ SO ₄ N (mL)	Tartrato (mL)	Molibdato (mL)	Ácido ascórbico (mL)
25	100 mL	50	5	15	30
20	80 mL	40	4	12	24
12	50 mL	25	2.5	7.5	15
7	30 mL	15	1.5	4.5	9

Nota: Referencia (Bojaca, Duque, & Lasso, 2007), para el presente estudio se realizó para 12 muestras.

La solución patrón de fosfato de 50 mg (P-PO₄)/L, se pesó 0.25 g de fosfato di ácido de potasio grado analítico, antes se secó a 105 °C durante dos horas, luego se disolvió en agua destilada 0.22 g en un volumen de 1000 mL. (1.00 mL=50.00 ug).

Luego se prepararon diferentes concentraciones para determinar la curva de calibración a partir de la solución patrón de 50 mg P-PO₄/L.

- Se preparo un estándar intermedio de 10 mg/L a partir de la solución patrón de 50 mg/L, tomando 20 mL y llevándola a volumen de un matraz de 100 mL aforado con agua destilada.
- Se preparo un estándar de 1.00 mg/L a partir de la solución intermedia de 10 mg/L, tomando 10 mL de esta solución y llevándolo a un matraz de 100 mL y aforándolo con agua destilada.
- Se preparo un estándar de 0.5 mg/L a partir de la solución intermedia de 10 mg/L, tomando 5 mL de esta solución y llevándolo a un matraz de 100 mL y aforándolo con agua destilada.



- Se preparo un estándar intermedio de 0.30 mg/L a partir de la solución patrón de 1.00 mg/L, tomando 30 mL y llevándola a volumen de un matraz de 100 mL aforado con agua destilada.
- Se preparo un estándar de 0.10 mg/L a partir de la solución intermedia de 1.00 mg/L, tomando 10 mL de esta solución y llevándolo a un matraz de 100 mL y aforándolo con agua destilada.
- Se preparo un estándar de 0.03 mg/L a partir de la solución intermedia de 0.30g mg/L, tomando 10 mL de esta solución y llevándolo a un matraz de 100 mL y aforándolo con agua destilada.

Todo esto de acuerdo a la metodología utilizada para obtener datos confiables en el presente trabajo de investigación (Bojaca, Duque, & Lasso, 2007).

Procedimiento

- Se realizó la curva de calibración del espectrofotómetro UV-visible con concentraciones de 0.03, 0.1, 0.5 y 1 mg/L de fosfato di ácido de potasio, como muestra patrón.
- Se preparó el reactivo combinado, con 25 ml de ácido sulfúrico 5 N, 2.5 ml de tartrato de antimonio, 7.5 ml molibdato de amonio y 15 ml de ácido ascórbico.
- Una vez realizado la prueba de jarras, se coloca a las 11 pruebas el reactivo combinado.
- Esperar un tiempo de 20 minutos, si se colora azul la muestra indica la presencia de fosfatos.
- Se realizó la medición de la concentración de fosfatos utilizando el espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda de 830 nm.

↪ Determinación del porcentaje de remoción de fosfatos

Para la determinación de la remoción de fosfatos utilizando en carbón activado de endocarpio de durazno, primero se realizó una solución de detergente a una concentración de 30 mg/L. Luego se determinó la concentración inicial de fosfato, como resultado se tuvo una concentración inicial de



1.96 mg/L de fosfato. Luego de realizar la prueba de jarras de acuerdo al diseño experimental para las 11 pruebas, se determinó la concentración final del fosfato para cada prueba.

El porcentaje de remoción de fosfatos, se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$R (\%) = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$$

Donde:

R (%): Porcentaje de remoción de fosfatos.

C_i: Concentración inicial de fosfatos (1.96 mg/L).

C_f: Concentración final de fosfatos (mg/L).

Determinación de la capacidad de adsorción

Para la determinación de la capacidad de adsorción que presenta el carbón activado de endocarpio de durazno, se realizó de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Q (\text{mg/g}) = \frac{(C_i - C_f) * V}{M_{ca}}$$

Donde:

Q: Capacidad de adsorción (mg/g)

C_i: Concentración inicial de fosfatos (1.96 mg/L).

C_f: Concentración final de fosfatos (mg/L).

V: Volumen de la solución tratada (250 ml)

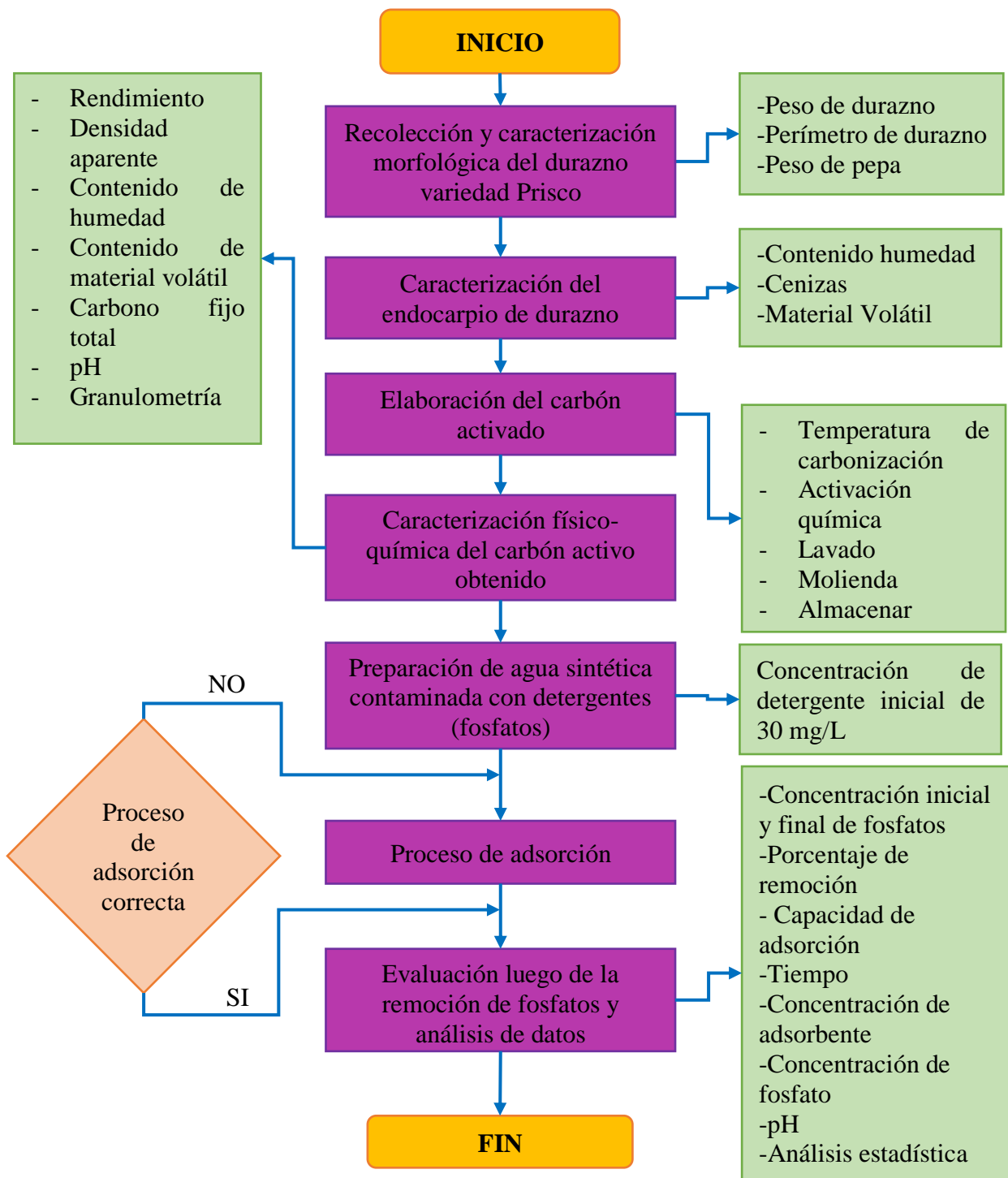
M_{ca}: Masa del carbón activado utilizado (0.13, 0.19 y 0.25 g)



3.3.2. Diseño de ingeniería

Figura 11

Procedimientos seguido en la investigación





3.4. Población

La población está referida al conjunto general de un estudio y presentan coincidencias con algunas especificaciones (Hernández Sampieri, 2014).

La población en el trabajo de investigación está referida a la cantidad total de agua contaminada con detergente preparada en el laboratorio.

3.5. Muestra

La muestra hace referencia a un grupo específico de la población del cual serán recolectados los datos y que deben ser representativas. (Hernández Sampieri, 2014).

La muestra en el trabajo de investigación está referida a la cantidad de agua contaminada con detergente sometida al tratamiento con carbón activado de endocarpio de durazno.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica que se utilizó en la presente investigación es la del análisis en laboratorio, esta permitió tener un registro ordenado, valido y confiable de los eventos y situaciones observados, mediante un conjunto de categorías y sub categorías. (Hernández Sampieri, 2014).

En la tabla 7 se observa las técnicas e instrumentos que fueron utilizados para la recolección de los datos durante la realización de la parte experimental del trabajo de investigación.



Tabla 8

Técnica e instrumento de recolección de datos

Técnica		Instrumento
Análisis de laboratorio	Ficha de laboratorio número 1, obtención y caracterización del carbón activado de endocarpio de durazno	Esta ficha nos permitió caracterizar el endocarpio de durazno, carbonización, caracterización fisicoquímica del carbón activado, determinación del rendimiento.
Análisis de laboratorio	Ficha de laboratorio número 2, parámetros medidos antes, durante y después de remoción de fosfatos.	Esta ficha permitió levantar la información sobre la concentración inicial de detergentes y fosfatos, también se describieron las pruebas experimentales realizados en el laboratorio como el tiempo, pH y cantidad del adsorbente. Finalmente se describió la concentración final del fosfato luego de determinar mediante espectrofotometría UV-vis.

Fuente: Elaboración propia

3.7. Validez y Confiabilidad de Instrumentos

La validación de los instrumentos que se utilizaron en el trabajo investigación para la obtención de los datos está basada en normativas y estudios ya realizados sobre carbón activado como la determinación de fosfatos.

La confiabilidad de las pruebas realizadas y de los análisis fueron realizados en supervisión con los especialistas del laboratorio de química de la UAC y asesor de la tesis. Así mismo, los resultados que se obtuvieron fueron procesados a través del programa estadístico STATGRAPHICS Centurión donde se determina la remoción de fosfatos con carbón activado de endocarpio de durazno, lo que permite la confiabilidad del trabajo de investigación como del instrumento y la aceptación de la hipótesis del presente estudio.



3.8. Plan de Análisis de Datos

Mediante programa estadístico STATGRAPHICS Centurión y SPSS, se procesaron los datos obtenidos antes de la remoción y después de la remoción de fosfatos con el carbón activado de endocarpio de durazno.



Donde:

- ✓ GE: Grupo experimental
- ✓ O₁: Antes de la remoción
- ✓ O₂: Después de la remoción

El grupo experimental fue de 11 muestras de disolución con detergentes presentando una concentración inicial de 1.96 mg/L de fosfato, las cuales fueron sometidas a un tratamiento (remoción) mediante la técnica de la adsorción utilizando carbón activado de endocarpio de durazno, al final se realizó la medición de la concentración de fosfato de cada muestra.

Para la comprobación de la hipótesis del estudio se realizó una evaluación estadística, conforme a datos obtenidos en el laboratorio y analizadas con el Software STATGRAPHICS Centurión y SPSS.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Características del endocarpio de durazno

La materia prima para la elaboración del carbón activado fue el durazno de la variedad Prisco, todos estos productos fueron cultivados en la provincia de Calca en los distritos de Lamay, Coya, Pisac y misma Calca según la información recogida de los vendedores de fruta del mercado Rosaspata de la ciudad de Cusco.

Las principales características del durazno de una muestra representativa de 11 duraznos, se midieron la masa y el perímetro que presentaban antes de ser despulpadas, también fueron pesados el endocarpio; obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9

Características del durazno de la variedad prisco

Nro.	DURAZNO		ENDOCARPIO	
			Endocarpio de durazno (secado 48 horas a temperatura ambiente)	Endocarpio de durazno (secado a 60 °C durante 24 horas)
	Masa	Perímetro	Masa	Masa
1	99.69 g	19.00 cm	4.53 g	3.60 g
2	81.67 g	17.40 cm	5.61 g	4.91 g
3	88.37 g	17.90 cm	4.29 g	3.97 g
4	92.42 g	17.30 cm	3.72 g	3.41 g
5	88.65 g	17.60 cm	5.25 g	4.25 g
6	79.03 g	17.80 cm	3.99 g	3.57 g
7	79.94 g	15.70 cm	6.03 g	5.42 g
8	88.53 g	16.70 cm	5.67 g	5.06 g
9	71.82 g	17.80 cm	6.01 g	5.94 g
10	91.86 g	17.60 cm	5.18 g	4.57 g
11	66.87 g	15.70 cm	4.66 g	4.13 g
Promedio	84.44 g	17.32 cm	4.99 g	4.44 g
Desviación estándar	9.62 g	0.97 cm	0.81 g	0.82 g

Nota: se realizó una muestra de 11 duraznos, se observa que no guarda una relación la masa con el perímetro al igual con la masa del endocarpio en las muestras realizadas.



En tabla 8, de una muestra de 11 duraznos de la variedad prisco presenta un promedio en masa de 84.44 g y el perímetro central de 17.32 cm, todos estos duraznos son producidos en la provincia de calca, región de Cusco.

También se determinó la masa del endocarpio de durazno, este dato nos permitirá determinar el rendimiento de la materia prima o la cantidad de pepa de durazno promedio que se necesita para elaborar una cantidad de carbón activado.

Según la tabla 8, la masa mayor del endocarpio de durazno es de 5.94 g y el mínimo es de 3.41 g con un promedio de 4.44 g secado primero a temperatura ambiente durante 48 horas y posterior a ello secado en un horno durante 24 horas a una temperatura de 60 °C; así también, el peso de la pepa de durazno no está directamente relacionado en muchos casos con el perímetro del durazno en la variedad prisco.

El endocarpio de durazno, es un material que tiene una consistencia dura o rígida con hendiduras. Para ser una materia prima adecuada para la elaboración de carbones activados debe presentar un bajo contenido de humedad, bajo contenido de cenizas, alta densidad y alto contenido de carbono fijo; las características del endocarpio de durazno fueron los siguientes.

A. Contenido de humedad del endocarpio de durazno

El contenido de humedad del endocarpio de durazno, se obtuvieron los siguientes resultados:



Tabla 10

Contenido de humedad del endocarpio de durazno

Nro.	MP SECA	MP SECA 110°C A 1 h	HUMEDAD (%)
1	3.60 g	3.13 g	13.10 %
2	4.91 g	4.34 g	11.55 %
3	3.97 g	3.50 g	11.83 %
4	3.41 g	3.03 g	11.13 %
5	4.25 g	3.78 g	11.15 %
6	3.57 g	3.17 g	11.33 %
7	5.42 g	4.78 g	11.81 %
8	5.06 g	4.46 g	11.86 %
9	5.94 g	5.22 g	12.12 %
10	4.57 g	4.01 g	12.25 %
11	4.13 g	3.62 g	12.35 %
Promedio	4.44 g	3.91 g	11.86 %
Desviación Estándar	0.82 g	0.72 g	0.58 %

Nota: “MP-endocarpio de durazno”.

Según la tabla 9, la humedad promedio del endocarpio durazno es de 11.86 %, con una humedad máxima de 13.10 % y humedad mínima de 11.13 %, el endocarpio de durazno es ideal para realizar carbón activado debido a que presenta una humedad baja.

B. Contenido de ceniza

Tabla 11

Contenido de cenizas del endocarpio de durazno

MP SECA	PESO CRISOL	PESO CRISOL + MP60	MP60	CENIZAS (%)
5.32 g	42.95 g	43.72 g	0.77 g	14.40 %

Nota: “MP – endocarpio de durazno”, “MP60 – endocarpio de durazno carbonizado a 700 °C durante 60 minutos”

Como se puede observar en la tabla 10, el endocarpio de durazno posee 14.40 % de cenizas, en líneas generales podemos establecer que el endocarpio de durazno presenta un bajo contenido de cenizas que le caracteriza como una materia prima ideal para elaborar carbón activado.



C. Contenido de material volátil

Tabla 12

Contenido de material volátil del endocarpio de durazno

MP SECA	PESO DE CRISOL	PESO DE CRISOL+MP15	MP15	MATERIAL VOLÁTIL (%)
6.54 g	37.43 g	39.92 g	1.49 g	65.39 %

Nota: “MP – endocarpio de durazno”, “MP15 – endocarpio de durazno carbonizado a 700 °C durante 15 minutos”

En la tabla 11, se presenta el contenido del material volátil del endocarpio de durazno, el cual posee un valor de 65.39 %.

En general una de las ventajas de utilizar el endocarpio de durazno, es porque se caracteriza como un material que contiene un cierto contenido de materia carbonosa y es ideal para la elaboración del carbón activado. La calidad del carbón activado va a depender en gran medida de la materia prima utilizado.

Además, uno de los factores que se deben de tener presente es su disponibilidad y costo. No obstante, el endocarpio de durazno es una materia prima que se puede aprovechar en la región de Cusco, debido a que en diferentes provincias se dedican a la producción del durazno que es aprovechado para elaborar mermeladas, pero el endocarpio de durazno con frecuencia es parte de los residuos sólidos no aprovechados.

4.1.2. Rendimiento de producción del carbón activado

El rendimiento del carbón activado va a depender de las condiciones de la operación realizada y de la materia precursora, el rendimiento es importante porque nos permitirá conocer si el método y la materia prima utilizada son económicamente viables en la producción de carbón activado.



Los valores de rendimiento por el método de activación química e industrial, son los siguientes determinado por (Gonzales Mora & Teruya Chinen, 2004).

Tabla 13

Rendimiento de producción de otros materiales precursores

Materia precursora	Nivel laboratorio			Nivel industrial
	Promedio	Máximo	Mínimo	
Cascara de fruto de castaña	27.7 %	33.9 %	24.1 %	En caso de la activación química a nivel industrial se tiene un promedio de 31.3 % a 33.3 % de rendimiento.
Aserrín de madera tornillo		33.8 %	20.7 %	
Aserrín de madera manchinga	21.1 %	24.0 %	18.1 %	
Aserrín de madera caoba	23.0 %	27.8 %	18.3 %	

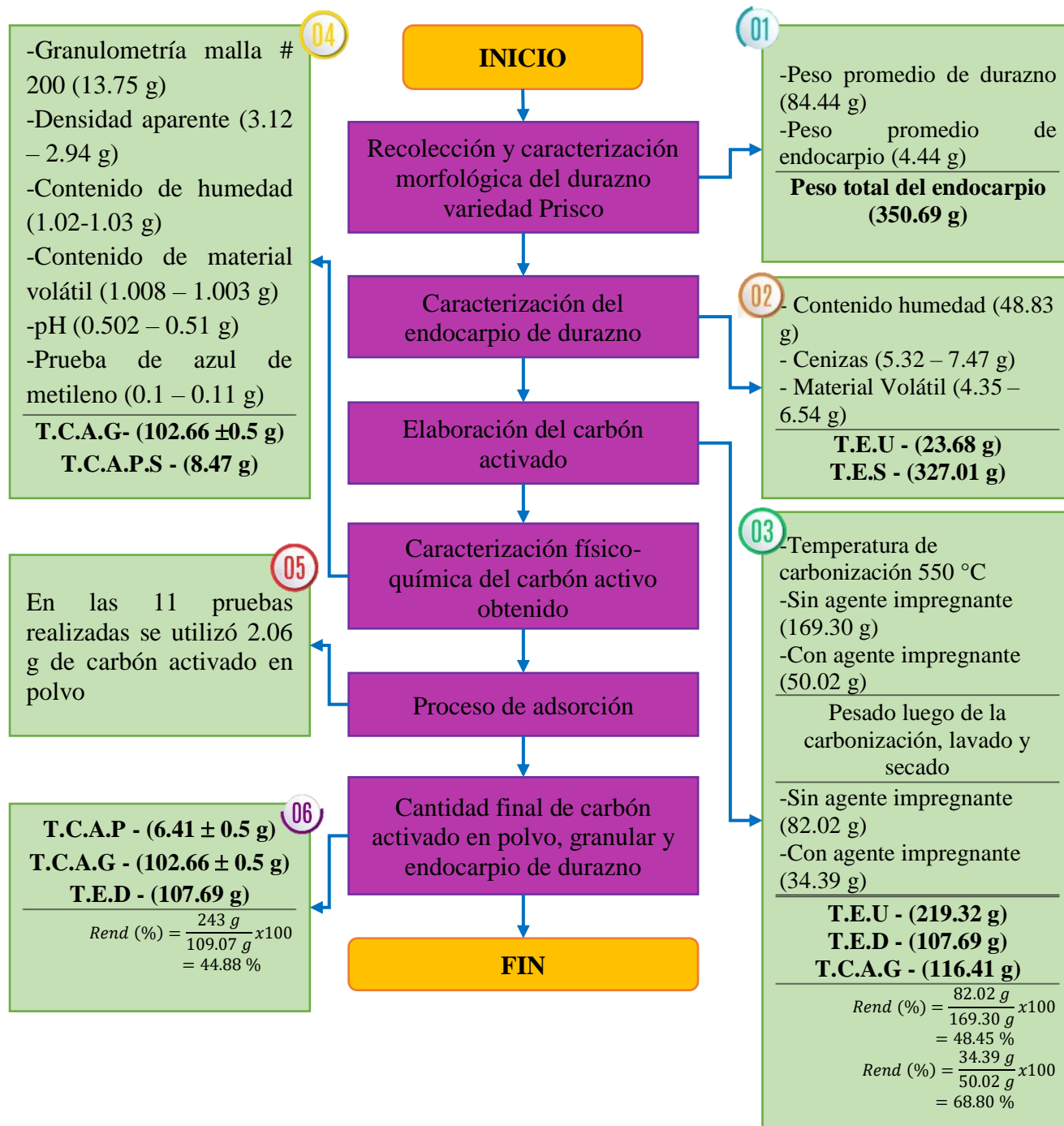
Rendimiento de carbón activado de diferentes materias precursoras.

En el presente trabajo los resultados del rendimiento del endocarpio de durazno como materia precursora del carbón activado, se determinó por cada etapa como se muestra en la figura 13, empezando en la recolección de durazno, la caracterización del endocarpio de durazno, la carbonización del endocarpio de durazno, la caracterización, durante el proceso de adsorción y finalmente obteniendo una cantidad de carbón activado.



Figura 12

Determinación del rendimiento de la obtención de carbón activado



Nota: “T.E.U – total de endocarpio utilizado”, “T.E.S – total de endocarpio para siguiente etapa”, “T.E.D – total de endocarpio disponible”, “T.C.A.G – total de carbón activado granular”, “T.C.A.P – total de carbón activado en polvo”, “T.C.A.P.S – total de carbón activado en polvo para siguiente etapa”.



Según la figura 13 se determinó el rendimiento de producción de carbón activado a partir del endocarpio de durazno en las diferentes etapas realizadas durante el trabajo de investigación.

En la etapa 1 se determinó el peso promedio por durazno, perímetro promedio por durazno y el peso promedio por endocarpio. Así resultó un peso total de materia prima de 350.69 g de endocarpio de durazno para elaborar el carbón activado.

En la etapa 2 se realizó la caracterización del endocarpio de durazno, como el contenido de cenizas y material volátil con dos repeticiones utilizando un total de 23.68 g de endocarpio de durazno. Para la determinación del contenido de humedad se utilizó un total de 48.83 g la cual fue utilizado en la etapa 3; así, teniendo un total de 327.01 g de endocarpio de durazno para la siguiente etapa de elaboración de carbón activado.

En la etapa 3. Se trabajó con dos métodos diferentes, primero se realizó la impregnación con ácido fosfórico al 85 % (con una relación de 50 g de endocarpio de durazno se utilizó 100 ml de agente impregnante), con una cantidad de endocarpio de durazno de 50.02 g y a una temperatura de carbonización de 550 °C durante un tiempo de 30 minutos obteniendo como resultado un rendimiento de 68.80 %; en el segundo método se realizó la carbonización sin agente activante a 550 °C durante 30 minutos y se obtuvo un rendimiento de 48.45 %. En ambos casos como carbón activado granular.

En la etapa 4. Se realizó la caracterización del carbón activado obtenido con una repetición, primero se realizó el molido y posterior a ello se tamizó en la malla # 200 con una abertura de 75 micrómetros obteniendo un peso de 13.75 g de carbón activado en polvo; en la determinación de las características como la humedad, cenizas, material volátil, pH y prueba de adsorción de azul de metileno se utilizó una cantidad de carbón activado en polvo de 5.28 g.



En la etapa 5 de acuerdo a la figura 13, se realizó el proceso de la remoción del fosfato utilizando una cantidad de carbón activado en polvo de 2.06 g.

El rendimiento del endocarpio de durazno durante el proceso de la parte experimental del trabajo de investigación se obtuvo de acuerdo a los datos de la etapa 6, de un total 350.69 g de endocarpio de durazno, no fue utilizado 107.69 g, el total utilizado fue de 243 g de endocarpio de durazno. Y obteniendo un carbón activado granular y en polvo al finalizar un total 109.07 g; de acuerdo a ello se determinó un rendimiento de 44.88 % del endocarpio de durazno en la presente investigación.

En comparación con la bibliografía, los rendimientos de los diferentes materiales precursores en referencia al endocarpio de durazno de acuerdo al proceso de obtención del carbón activado, tiene un rendimiento mayor en los dos métodos, se puede afirmar que el endocarpio de durazno es una materia prima ideal para obtener carbón activado ya que presenta un rendimiento elevado.

4.1.3. Características del carbón activado de endocarpio de durazno

Las características fisicoquímicas de un carbón activado en mayoría dependen de la forma o técnicas utilizadas para su obtención, como de su estructura física y del grado de refinación que presenten, se obtuvieron las siguientes características del carbón activado de endocarpio de durazno.



Tabla 14

Características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno

Características fisicoquímicas del carbón activado obtenido		
	Tamaño de partículas	Malla ASTM # 200 – 75 μm .
	Densidad	0.59 g/cm^3
	Humedad	2.42 %
Carbón activado (agente impregnante H_3PO_4 al 85 %)	Material volátil	0.53 %
	Contenido de cenizas	2.72 %
	Carbono fijo total	96.74 %
	pH	6.06 – 6.15
	Porcentaje de remoción de azul de metileno	98.6 %

Según la tabla 13, se presentan las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno de acuerdo al material impregnante utilizado.

Con respecto al tamaño de partículas del carbón activado fue en la malla ASTM # 200 con una abertura de 75 μm , esto de acuerdo a la NTP 311.331-2019 que caracteriza al carbón activado en polvo en el tamiz número 100, 200 y 300.

La densidad aparente del carbón activado con agente impregnante del ácido fosfórico es de 0.59 g/cm^3 , en comparación con la NTP 311.331-2019 donde indica que el carbón activado en polvo debe tener una densidad no menor de 0.20 g/cm^3 , el carbón activado de endocarpio de durazno cumple de acuerdo a la normativa peruana de carbón activado para tratamiento de agua.

La humedad del carbón activado de endocarpio de durazno con agente impregnante de ácido fosfórico es de 2.42 % el carbón activado obtenido cumple con la NTP 311.331-2019 de carbón activado para tratamiento de agua, donde indica que la humedad no debe ser superior al 8 %.

El material volátil del carbón activado de endocarpio de durazno con el agente impregnante ácido fosfórico es de 0.53 %, el adsorbente presenta bajos niveles de compuestos volátiles o alquitrans determinados a una temperatura de 950 °C durante un tiempo de 11 minutos, de acuerdo a la norma ASTM D-1762.



La presencia de cenizas en el carbón activado de endocarpio de durazno obtenido con el agente impregnante ácido fosfórico presenta un valor de 2.72 %, el contenido de cenizas por lo general está relacionado con las características de la materia prima, el carbón activado presenta un contenido bajo de cenizas de acuerdo a la norma ASTM D-1762.

El carbono fijo es una de las características importantes que se debe determinar de un carbón activado, porque determina la calidad del adsorbente y está relacionado con la temperatura de calcinación, el estudio de investigación se obtuvo un porcentaje de 97.74 % con el agente impregnante ácido fosfórico; los valores de carbono fijo total varían en un promedio de 60 % a 80 % para carbón activado, pero para que un carbón presente valores altos de adsorción deben superar el 90 %.

El pH del carbón activado de endocarpio de durazno está relacionada generalmente a la eficiencia del adsorbente, depende en gran parte en la diferencia entre las cargas eléctricas del adsorbente y el adsorbato; el pH del carbón activado obtenido con el agente impregnante ácido fosfórico determinado a una temperatura ± 75 °C fue de 6.06 y a temperatura ambiente fue de 6.15. De acuerdo a la NTP 0.27.025-1982 la diferencia de pH para ambas temperaturas no debe ser mayor al 0.15, se observó que el pH del carbón activado es inversamente proporcional a la temperatura.

La determinación de la capacidad de adsorción de azul de metileno del carbón activado de endocarpio de durazno, de una concentración inicial de 3.61 mg/L de azul de metileno en un tiempo de 30 minutos y una cantidad de adsorbente de 0.11 g, se obtuvo una concentración final de 0.052 ppm y un porcentaje de remoción de 98.6 %. Determinado por espectrofotometría UV- visible a 668 nm de acuerdo a la NTP 0.27.025-1998.



4.1.4. Influencia de la masa del adsorbente, tiempo de adsorción y pH en la capacidad de adsorción

La remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo al diseño experimental en donde se determinó la concentración del fosfato por espectrofotometría UV-VIS.

Tabla 15

Remoción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno

Nro.	Ci-P (mg/L)	Mca (g)	pH	Tiempo (min)	Cf-P (mg/L)	% R	Q (mg/g)
1	1.96	0.13	8	30	0.424	78.33 %	3.07
2	1.96	0.19	7	60	0.420	78.54 %	2.05
3	1.96	0.25	6	90	0.733	62.54 %	1.22
4	1.96	0.25	8	30	0.792	59.53 %	1.17
5	1.96	0.13	8	90	0.635	67.55%	2.64
6	1.96	0.13	6	30	0.814	58.41 %	2.29
7	1.96	0.13	6	90	0.537	72.56 %	2.84
8	1.96	0.19	7	60	0.671	65.71 %	1.71
9	1.96	0.25	8	90	0.728	62.80 %	1.23
10	1.96	0.25	6	30	0.636	67.50 %	1.32
11	1.96	0.19	7	60	0.776	60.35 %	1.57

Ci-P: Concentración inicial de fosfatos; Mca: Masa del carbón activado; Cf-P: Concentración final de fosfatos; % R: Porcentaje de remoción; Q: Capacidad de adsorción.

En la tabla 14, se observa la influencia que presento la masa del adsorbente, pH y tiempo en la remoción de fosfatos, resultando una remoción baja en un porcentaje de 58.41 % con condiciones de trabajo de masa del adsorbente de 0.13 g, pH 6, tiempo de 30 minutos y una mayor remoción de 78.54 % con condiciones de trabajo de masa del adsorbente de 0.19 g, pH 7, tiempo de 60 minutos.

La capacidad de adsorción de fosfatos por el carbón activado de endocarpio de durazno, se determinó de acuerdo a las concentraciones que presentaron antes y después de la remoción, se trabajó la prueba de jarras con un volumen de 250 ml. Obteniendo como resultado una mayor



capacidad de adsorción de 3.07 mg/g con las siguientes condiciones de trabajo concentración inicial de fosfato de 1.96 mg/L, concentración final de fosfatos de 0.424 mg/L, cantidad de adsorbente de 0.13 g, pH 8 y un tiempo de 30 minutos. Para el mismo resultado se obtuvo un porcentaje de remoción de 78.33 %.

Para determinar los factores que tuvieron una mayor incidencia en la remoción de fosfatos, se realizó un análisis de diseño experimental con el Software estadístico Statgraphics Centurión obteniendo los siguientes resultados mostrados en las tablas y figuras.

Tabla 16

Análisis de varianza para capacidad de adsorción de fosfatos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Masa Adsorbente	4.351	1	4.351	71.41	0.014
B: pH	0.024	1	0.024	0.40	0.593
C: Tiempo	0.001	1	0.001	0.01	0.919
AB	0.065	1	0.065	1.06	0.411
AC	0.003	1	0.003	0.05	0.840
BC	0.084	1	0.084	1.38	0.361
Falta de ajuste	0.246	2	0.123	2.02	0.331
Error puro	0.122	2	0.061		
Total (corr.)	4.896	10			

NOTA: AB= masa y pH, AC= masa y tiempo, BC= pH y tiempo

R-cuadrada = 92.48 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 81.21 %

Error estándar del est. = 0.247

Error absoluto medio = 0.166

Estadístico Durbin-Watson = 2.062 (P=0.766)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.249

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica que el 92.48 % de la variabilidad en la capacidad de adsorción. El coeficiente de determinación, que es más adecuado



para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es de 81.21 %. El error estándar estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.247 y el error medio absoluto (MAE) es de 0.166 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0 %, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0 %.

Según la tabla 15, el análisis de varianza (ANOVA) nos permitió determinar si la media de la variable dependiente capacidad de adsorción varía en diferentes niveles de acuerdo a cada parámetro, y así determinar el parámetro más significativo en el proceso de la remoción de fosfatos con un nivel de confianza del 95.0 %. De acuerdo a la suma de cuadrados el parámetro A (masa de adsorbente) presenta una diferencia de media significativa en comparación a los demás parámetros, en este punto podemos afirmar de acuerdo al valor-p que nos indica el nivel de significancia para valores menores a 0.05, el único parámetro que presenta un valor-p menor de 0.05 es la cantidad de adsorbente con un valor-p de 0.014 resultando el más significativo. Los parámetros B (pH) y C (tiempo) y como las interacciones AB, AC y BC no son significativos debido a que presentan valores de P mayor al 0.05.

Tabla 17

Coefficiente de regresión para capacidad de adsorción

Coefficiente	Estimado
Constante	0.293
A: Masa Adsorbente	-1.125
B: pH	0.545
C: Tiempo	0.026
AB	-1.5
AC	-0.011
BC	-0.003



Según la tabla 16 se demuestra la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Capacidad Adsorción} = 0.293 - 1.125 * \text{Masa Adsorbente} + 0.545 * \text{pH} + 0.0264 * \text{Tiempo} - 1.5 * \text{Masa Adsorbente} * \text{pH} - 0.011 * \text{Masa Adsorbente} * \text{Tiempo} - 0.003 * \text{pH} * \text{Tiempo}.$$

En donde el modelo matemático muestra el comportamiento de la capacidad de adsorción de fosfatos por el carbón activado de endocarpio de durazno en función a las tres variables, como son la masa del adsorbente, pH y tiempo de adsorción.

Tabla 18

Variables optimas dentro del rango de experimentación

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Masa Adsorbente	0.13	0.25	0.13
pH	6.00	8.00	8.00
Tiempo	30.00	90.00	30.00

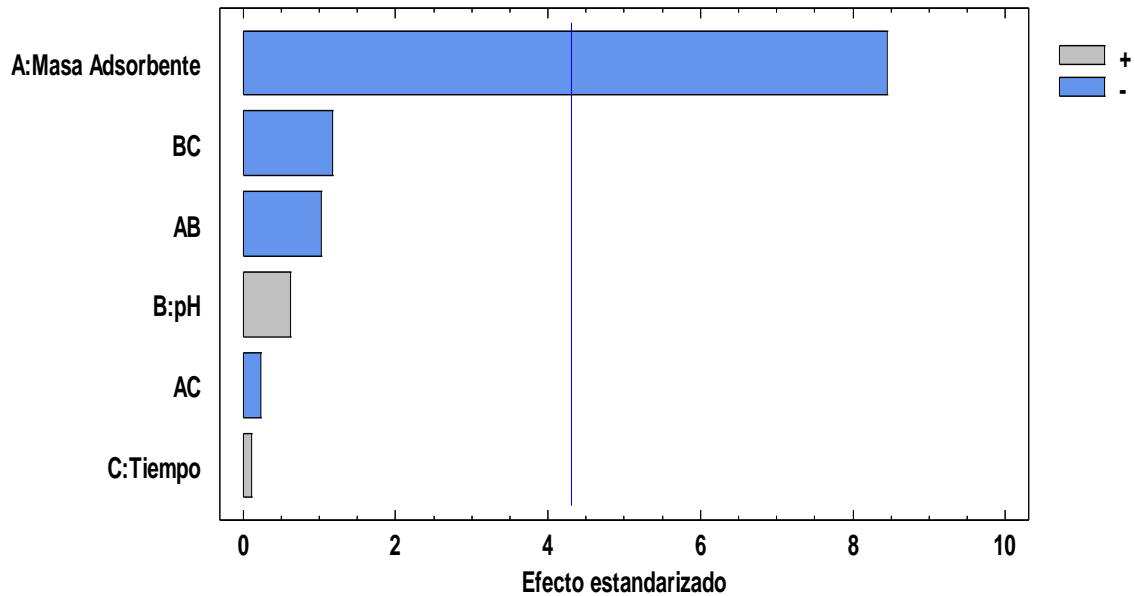
Meta: maximizar la capacidad de adsorción

Valor optimo= 2.874 mg/g

Según la tabla 17, se muestra la combinación de los niveles de los factores que maximizan la capacidad adsorción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno. También se aprecia los valores combinados de los factores que alcanzan el valor óptimo, la máxima optimización alcanzada en la capacidad de adsorción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno es de 2. 874 mg/g. Así mismo muestra las variables optimas como la masa de adsorbente de 0.13 g, pH 8, tiempo de adsorción de 30 minutos.

Figura 13

Diagrama de Pareto estandarizado para la capacidad de adsorción

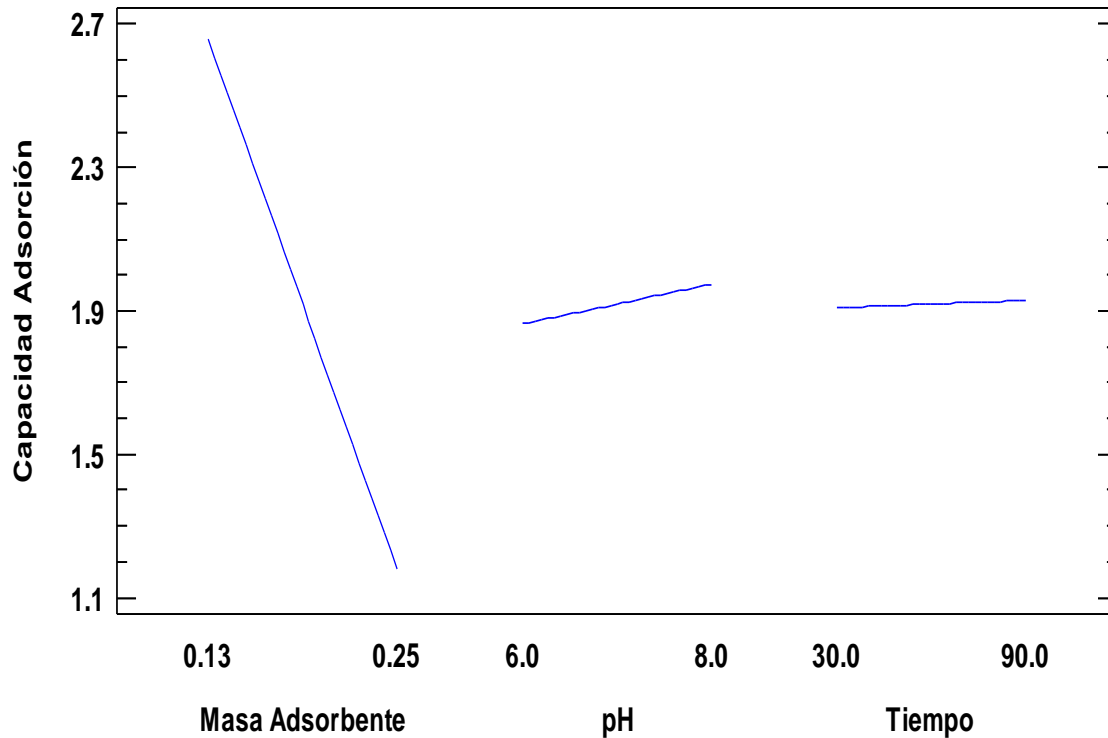


En la figura 14 el diagrama de Pareto, nos muestra los efectos de los factores en la capacidad de adsorción de fosfato con el carbón activado de endocarpio de durazno, el factor A masa de adsorbente tiene mayor efecto significativo en la capacidad de adsorción de fosfatos debido a que pasa la línea de confianza, esto nos confirma que presento una mayor influencia en la capacidad de adsorción de fosfatos y todo esto corroborado por el análisis de varianza. El factor C (tiempo) y factor B (pH) al igual que las interacciones BC, AB y AC, no son significativos en la remoción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno.



Figura 14

Efectos principales para la capacidad de adsorción de fosfatos



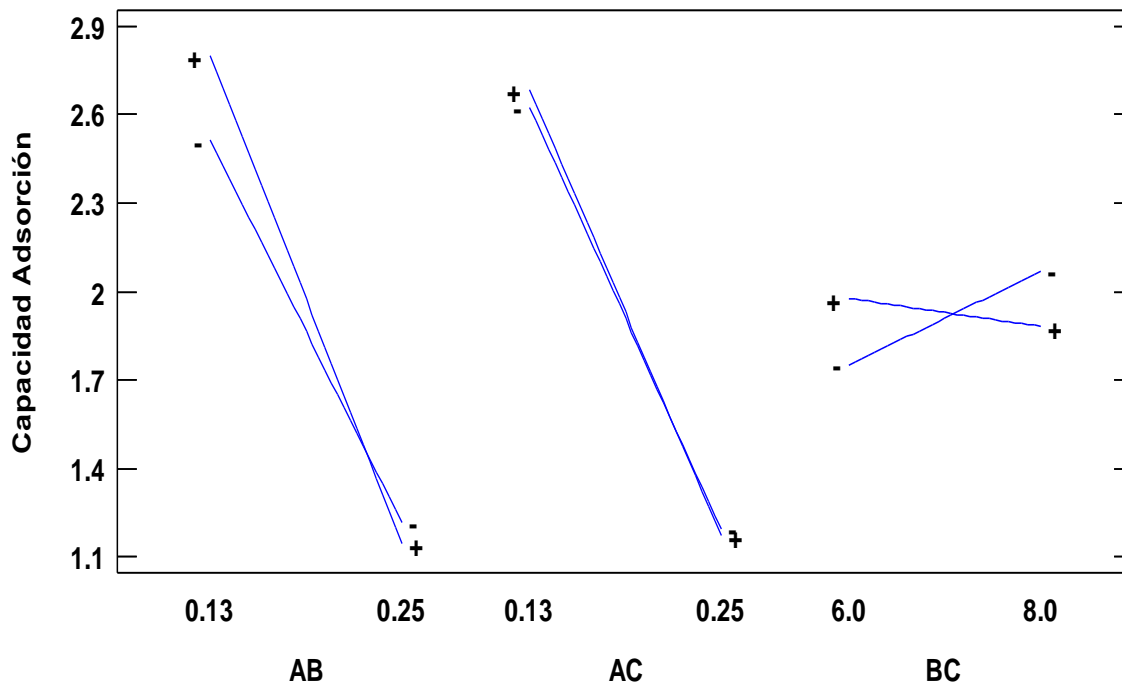
Según la figura 15, la relación que presenta la masa del adsorbente para determinar la capacidad de adsorción de fosfatos con el carbón activado de endocarpio de durazno, esta presenta una línea con pendiente negativa lo que indica al incrementar la masa del adsorbente de 0.13 a 0.25 g la capacidad de adsorción del carbón activado disminuye de 2.6 a 1.2 mg/g. Por lo tanto, si se busca mejorar la capacidad de adsorción, se recomienda reducir la masa del adsorbente.

Con relación al pH y el tiempo, al no ser factores significativos en la capacidad de adsorción de fosfatos con carbón activado de endocarpio de durazno, tienden a ser constantes.



Figura 15

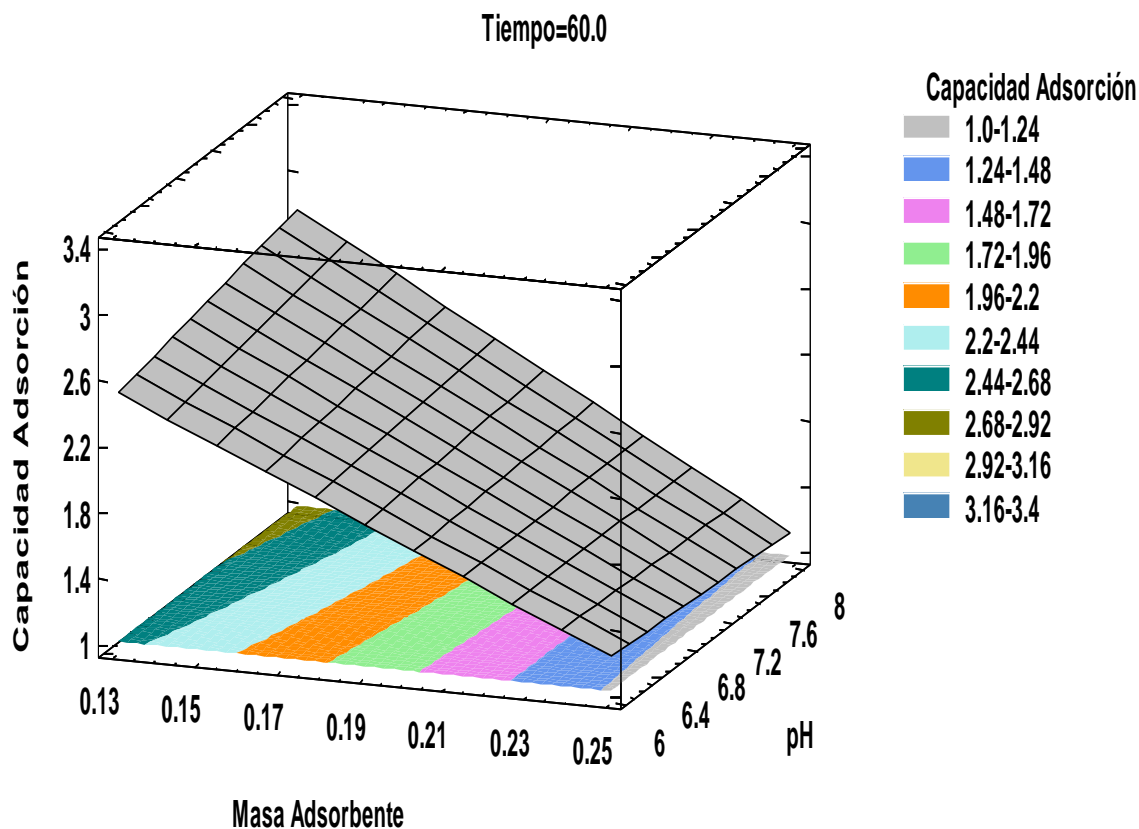
Interacción para capacidad de adsorción de fosfatos



En la figura 16, se observa las interacciones AB (masa de adsorbente - pH) y AC (masa de adsorbente - tiempo) en ambos casos presentan líneas paralelas con pendientes iguales, con ello se afirma que no presentan interacción para determinar la capacidad de adsorción de fosfatos, en donde el pH y tiempo siguen la tendencia del factor masa de adsorbente. La interacción BC (pH - tiempo) no presentan líneas paralelas y presentan diferentes pendientes, se presentó una interacción por ambos factores, pero no resultó ser significativo en el trabajo de investigación de acuerdo a la tabla ANOVA debido a que la interacción BC presentan un valor de P mayor al 0.05.

Figura 16

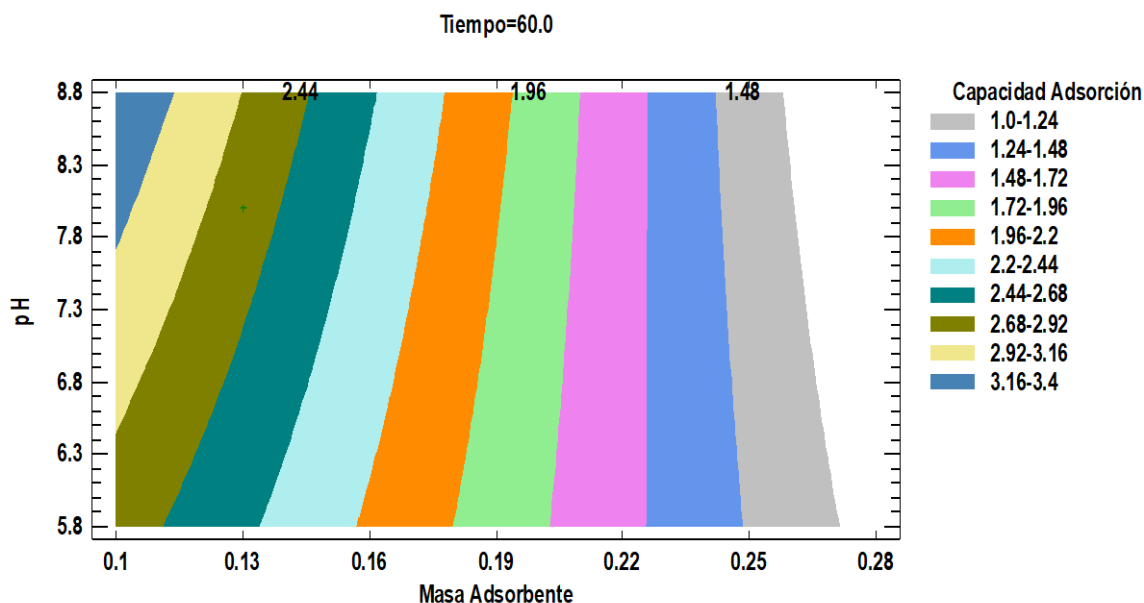
Superficie de respuesta estimada para el carbón activado de endocarpio de durazno



De acuerdo figura 17, nos muestra los contornos de superficie de respuesta para la capacidad de adsorción de fosfato utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno. En donde se busca la mayor capacidad de adsorción en relación a los colores, la mayor capacidad de adsorción para el diseño experimental se encuentra en el color azul en un rango de 3.16 a 3.4 mg/g, esta mayor capacidad se alcanza considerando la masa de adsorbente de 0.13 g y el pH de 8 manteniendo el tiempo constante de 60 minutos, la cual se observa mejor en la siguiente figura.

Figura 17

Contornos de la superficie estimada



Según la figura 18 de contornos de superficie, se observa que la mayor capacidad de adsorción se encuentra en la región pintada de color azul, esto se alcanza a una menor cantidad de masa del adsorbente y un pH mayor, con esas condiciones de trabajo se alcanzó una mayor capacidad de adsorción. Entonces se recomienda, para tener una mayor capacidad de adsorción de fosfatos en aguas contaminadas con detergentes trabajar con menor cantidad de adsorbente y un pH mayor a 7.

De acuerdo a las tablas y figuras descritas, se afirma la hipótesis planteada que la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentaron valores adecuados para la remoción de fosfatos.

4.2. Evaluar la remoción de fosfatos usando el carbón activado

Se evaluó la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, utilizando tres marcas de detergentes domésticos como: Bolívar, Marsella y Ace a una



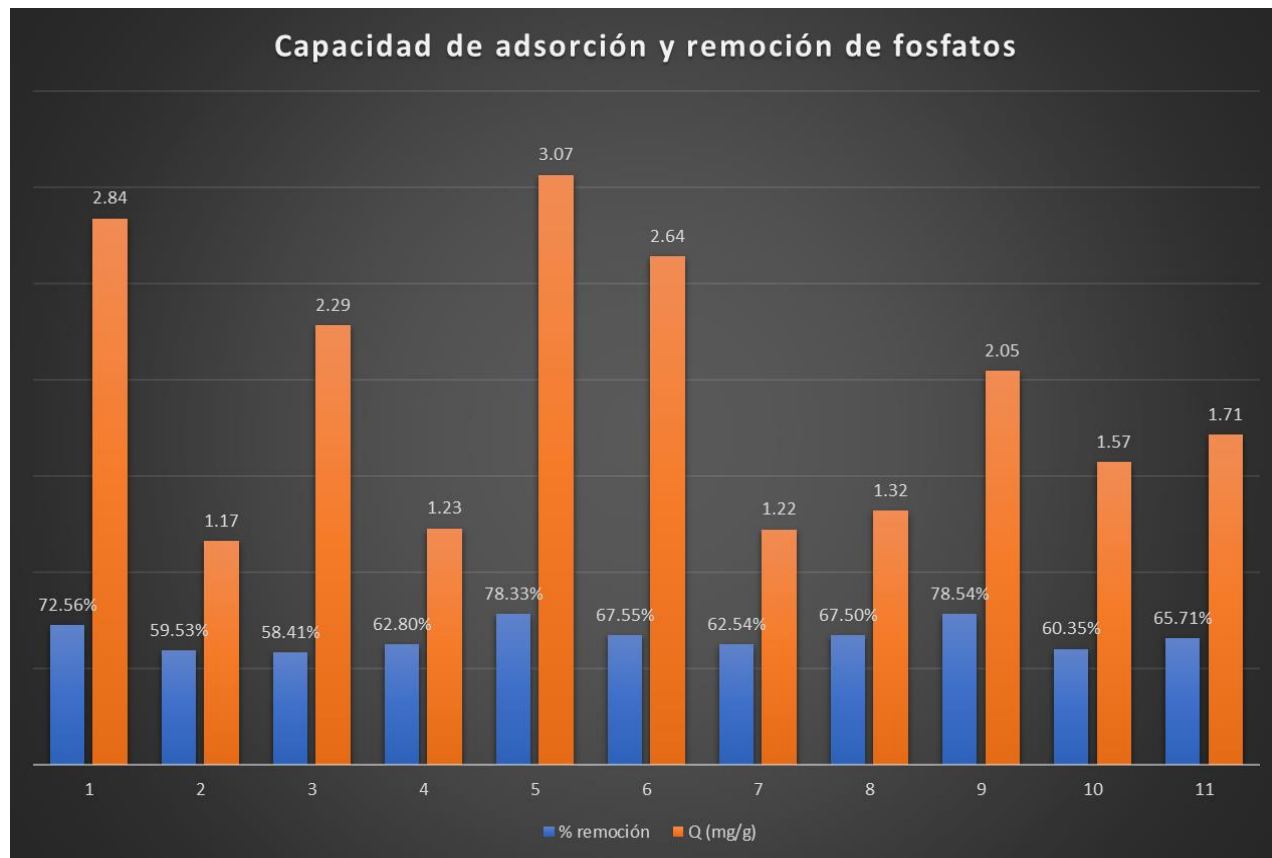
concentración de detergentes de 30 mg/L en donde se presentó una concentración inicial de fosfatos de 1.96 mg/L en cual fue sometido a un tratamiento con carbón activado.

El carbón activado se obtuvo del endocarpio de durazno donde presento características adecuadas para elaborar el carbón activado, la carbonización se realizó a una temperatura de 550 °C utilizando como agente impregnante el ácido fosfórico al 85 % finalmente las características fisicoquímicas del carbón activado cumplían con normativas utilizadas.

Las pruebas de laboratorio se realizaron simulando un sistema batch o lechos agitados con las condiciones de operación ya definidas en el diseño experimental y obteniendo los siguientes resultados de remoción de fosfatos.

Figura 18

Remoción de fosfatos





Según la figura 19, se observa que en las 11 pruebas realizadas en el laboratorio considerando tres factores como la cantidad de adsorbente, pH y tiempo, se tiene los resultados obtenidos con una mayor capacidad de adsorción de fosfato por el carbón activado de endocarpio de durazno es de 3.07 mg/g y un porcentaje de remoción de fosfatos de 78.33 %.

La influencia de los factores como la masa del adsorbente, pH y tiempo en la remoción de fosfatos, según la figura 15 en el diagrama de Pareto tuvo una influencia significativa la masa del adsorbente y no resultando igual con el pH y el tiempo de adsorción.

El carbón activado de endocarpio de durazno resulta ser un adsorbente adecuado para la remoción de fosfatos esto de acuerdo al tratamiento estadístico realizado.

4.3. Contrastación de Hipótesis

4.3.1. *Contrastación de Hipótesis General*

La comprobación de hipótesis se hizo con la prueba de T de Student, (la cual nos permitió comparar la media de dos grupos de datos y determinar si son significativamente diferentes entre sí), para muestras relacionadas (las muestras relacionadas son las mismas muestras en dos momentos diferentes), la cual utiliza la concentración inicial (antes del tratamiento) y concentración final (luego del tratamiento), para el presente estudio se determinó la influencia que presento el carbón activado de endocarpio de durazno en la remoción de fosfatos y se analizó con una confiabilidad del 95 % y significancia del 5 %.”

La comprobación de hipótesis del presente trabajo de investigación se realizó en base a los datos obtenidos del reporte de laboratorio, la cual se realizó la prueba de normalidad para determinar si se utilizara una estadística paramétrica o no paramétrica.



Tabla 19

Concentración inicial y final de fosfatos

Muestras antes y después de tratamiento por el proceso de adsorción											
Ci (mg/L)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Cf (mg/L)	0.424	0.420	0.733	0.792	0.635	0.814	0.537	0.671	0.728	0.636	0.776

Fuente: Elaboración propia, Ci: Concentración inicial de fosfato, Cf: Concentración final de fosfato

En la tabla 18 se tiene datos de la concentración inicial de fosfatos que pertenecen antes de realizar la adsorción y la concentración final de fosfatos después de la adsorción con carbón activado obtenido del endocarpio de durazno.

Se planteo la siguiente hipótesis:

Ho: Los datos tienen una distribución normal

Ha: Los datos no tienen una distribución normal

Tabla 20

Prueba de normalidad

Pruebas de Normalidad			
	Estadístico	Gl	Sig.
Concentración inicial		11	
Concentración final	0.899	11	0.181

Fuente: Elaboración propia en programa estadístico SPSS

Si $p < 0.05$ se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Si $P \geq 0.05$ se acepta la Ho y se rechaza la Ha

Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para muestras menores a 50 debido a que se trabaja con 11 muestras, de acuerdo a la significancia del p-valor que es mayor a 0.05 por lo tanto en este punto rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, es decir los datos tienen una distribución normal por ello utilizaremos estadísticas paramétricas.



Tabla 21

Estadística de muestras emparejadas

Estadísticas de muestras emparejadas					
Par 1		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error Promedio
		Ci	1.96	11	0.00
	Cf	0.651	11	0.14	0.04

Fuente: Elaboración propia en programa estadístico SPSS

De acuerdo a la tabla 20 se observa una concentración inicial de 1.96 mg/L y una concentración final de 0.65 mg/L de fosfato de acuerdo a la estadística de muestras emparejadas, en referencia a los valores de media presenta una diferencia y se aprecia que hubo una remoción de fosfatos al utilizar el carbón activado de endocarpio de durazno; sin embargo, no se puede afirmar si la diferencia de media es estadísticamente significativa, para ello se confirmara con la prueba de T de Student para muestras relacionadas.

Para determinar la prueba de T a una confiabilidad del 95 % y el análisis del nivel de significancia de 0.05, se plantea las siguientes hipótesis.

Ho: $\mu_1 = \mu_2$. El carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus pérsica*) no presenta una influencia alta en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$. El carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus pérsica*) presenta una influencia alta en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Tabla 22

Prueba de T-Student

Prueba T de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
Ci-Cf	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig (bilateral)
				Inferior	superior			
	1.31	0.14	0.042	1.22	1.40	31.20	10	0.000

Fuente: Elaboración propia, con programa estadístico SPSS



Si $p < 0.05$ se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Si $P \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la hipótesis alterna

Según la tabla 21 se observa que el valor de significancia es menor a 0.05; por lo tanto, rechazamos la H_0 y aceptamos la hipótesis H_a , debido a que las medias entre la concentración inicial de fosfatos (C_i) y la concentración final de fosfatos (C_f) son significativamente diferentes, por lo tanto podemos afirmar que el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*) presenta una influencia alta en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, Cusco 2022.

4.3.2. *Contrastación de Hipótesis Específicas*

Para la comprobación de las hipótesis específicas del presente trabajo de investigación de acuerdo a los resultados obtenidos, el porcentaje adsorción de fosfatos y la capacidad de adsorción de fosfatos con el carbón activado.

Los porcentajes de remoción y adsorción del fosfato por el carbón activado obtenido depende de la calidad de materia prima y sus características del carbón activado de endocarpio de durazno.

- **Planteamiento de hipótesis 1**

H_a : Las características del endocarpio de durazno permiten obtener un buen carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

H_0 : Las características del endocarpio de durazno no permiten obtener un buen carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Según la tabla 20 de estadística de muestras emparejadas, se observa en la diferencia de concentración inicial y final luego del tratamiento. Con ello se afirma la hipótesis específica, ya que el carbón activado de endocarpio de durazno de acuerdo a las características de la materia



prima (endocarpio) permitieron obtener un buen adsorbente que permita remover fosfatos presentes de aguas contaminadas con detergentes.

- **Planteamiento de hipótesis 2**

Ha: El carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno presento un rendimiento alto de producción para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Ho: El carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno no presenta un rendimiento alto de producción para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

El rendimiento de producción en la elaboración del carbón activado depende de muchos factores tales como la temperatura de carbonización, materia prima, método de activación, en ese contexto para el presente estudio de acuerdo a la bibliografía de Ing. Héctor Gonzales Mora, PhD. Ing. Renzo Teruya Chinen en su estudio preliminar de carbón activados; situación en el Perú tiene un rendimiento de producción promedio obtenido en laboratorio de 30 % como rendimiento alto, en el presente estudio el rendimiento de producción que presenta el endocarpio de durazno como materia prima es mayor a 40 %, se afirma que el endocarpio de durazno permitió obtener un rendimiento alto de producción de carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

- **Planteamiento de hipótesis 3**

Ha: Las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno ayudan en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Ho: Las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno no ayudan en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.

Las características fisicoquímicas del adsorbente permiten que el adsorbato sea atraído por la superficie del adsorbente con mayor facilidad o caso contrario repeler, se afirma que las



características fisicoquímicas del carbón activado obtenido a partir del endocarpio de durazno ayudaron en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, esto se afirma de acuerdo a la tabla 21 debido a que la concentración inicial media y la concentración final media son diferentes entre sí estadísticamente.

- **Planteamiento de hipótesis 4**

Ha: La influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo de adsorción y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, es alta.

Ho: La influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo de adsorción y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, es baja.

De acuerdo al diagrama de Pareto (figura 14), a una confiabilidad de 95 % y una significancia de 5 % se afirma que la masa del carbón activado presenta mayor influencia en la remoción de fosfatos debido a que pasa la línea de significancia de 0.05.

- **Planteamiento de hipótesis 5**

Ha: La capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentan valores altos.

Ho: La capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentan valores altos.

De acuerdo a lo descrito y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se afirma que la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentaron valores altos en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

El carbón activado de endocarpio de durazno tiene características adecuadas que le permiten ser un adsorbente de alta eficiencia para diversos contaminantes presentes en medios acuosos; también el endocarpio de durazno de la variedad prisco se considera como adecuado para la elaboración de carbón activado.

La carbonización de materiales precursores para obtener carbón activado es importante debido a que permitirá que la materia prima presente propiedades de adsorbente, en el estudio se realizó a una temperatura de 550 °C esto permitió la eliminación de residuos, mediante la rotura pirolítica de los enlaces existentes entre carbono y los distintos heteroátomos como los alquitranes de acuerdo a su temperatura de volatilidad, así obteniendo un carbonizado con elevado contenido de carbono.

El método de la activación química, fue realizado por un tiempo de 24 horas sin agitación el cual consistió en el contacto del endocarpio de durazno con el agente impregnante, esto permite según (Plaza Recobert, 2015) “facilitar la deshidratación macromolecular carbonoso, reduciendo con ello la producción de alquitranes y volátiles, incrementando con ello el rendimiento”. Con esa información la técnica utilizada fue adecuada obteniendo un carbón activado eficiente y con rendimientos de producción elevada.

El rendimiento es muy importante en la decisión de elaborar carbones activados de diferentes materiales precursores, en el caso se observó que el rendimiento del endocarpio de durazno es mayor cuando se realiza la impregnación antes de la carbonización y presento una reducción de rendimiento sin agente activantes antes de la carbonización.



El lavado del carbón activado es importante cuando se elabora por el método de la activación química, para la remoción de fosfatos con carbón activado utilizando como agente activante el ácido fosfórico es necesario realizar el lavado del carbón activado con bastante agua destilada a 90 °C antes de su aplicación porque permite eliminar sustancias del carbón activado.

La remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes mediante la técnica de adsorción utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno resulta ser una técnica que permite remover fosfatos en un porcentaje mayor de 70 % de acuerdo a las condiciones trabajados en el laboratorio.

5.2. Limitaciones del estudio

- ✓ Una de las limitaciones del presente trabajo de investigación, se tuvo restricciones al acceso de tomar muestras de agua de las lavanderías en la provincia de Cusco esto generado por la pandemia del Covid-19.
- ✓ Otra de las limitaciones del trabajo de investigación fue para realización la parte experimental, debido a que el laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco no se tenía el acceso para realizar la parte experimental todo ello porque no se permitía el ingreso a la universidad por la pandemia del Covid-19.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

En el estudio realizado por (Calixtro Asencios, 2016), donde determina las características del carbón activado de endocarpio de durazno en base a las normativas NTP 207, ASTM y NMX-F-245, en el presente de trabajo de investigación se consideraron las siguientes normativas NTP 0.27.025, ASTM Y NTP 311.331 para la determinación de las características del carbón activado, los resultados obtenidos en algunas características no son similares pero están dentro de los rangos



de acuerdo a las normativas, los parámetros importantes que le caracteriza al carbón activado como un adsorbente eficiente presenta elevado porcentaje de carbono fijo total. En comparación con el carbono fijo presente un 73.4 % en el presente trabajo se obtuvo un valor de 97.74 %, esta característica es considerado el componente principal del carbón activado el cual corresponde a carbono puro que presenta el carbón activado este valor le caracteriza como un adsorbente ideal la cual debe ser mayor al 90 % también esta característica se relaciona directamente con la capacidad de adsorción que presenta el carbón activado, la metodología utilizada en ambos estudios es de acuerdo a las normativas la cual no presenta variaciones, entonces se puede destacar que el factor a considerar en esta variación para el carbono fijo es la procedencia del endocarpio de durazno y de la variedad utilizada en el presente trabajo de investigación. Para la presente investigación el endocarpio de durazno fue cultivado en los distritos de la provincia de Calca.

En lo que respecta a la relación entre la temperatura de activación o carbonización para la obtención del carbón activado en el presente trabajo se realizó a una temperatura de 550 °C y se utilizó como agente activante el ácido fosfórico al 85 %, en comparación con el trabajo realizado por (Obregón Olórtégui, 2019) realizo a una temperatura de activación de 600 °C y uso como agente activante el ácido sulfúrico al 85 %, (Isla & Fiorella, 2018) realizaron a una temperatura de activación de 300, 500 y 700 °C y uso como agente activante al ácido fosfórico al 60 % el carbón obtenido a 700 °C resulto más eficiente, (Calixtro Asencios, 2016) realizo a una temperatura de activación de 550 °C y uso como agente activante el ácido fosfórico. Es importante considerar la temperatura de activación porque este permite la formación de poros del carbón, la temperatura de activación esta entre los valores de 400 a 900 °C con el aumento de la temperatura de activación disminuye las dimensiones de las cavidades y cuellos en los poros también se presentará un rendimiento menor.



Los fosfatos antes de utilizar una técnica de remoción en los sistemas de tratamiento en cuerpos de agua, estas se encuentran en concentraciones de 5 – 20 mg/L de fósforo total de ello entre 1 – 5 mg/L es orgánico y el resto se encuentra como inorgánico (Illana Gregori, 2014), los fosfatos inorgánicos provienen de jabones y detergentes comerciales que se encuentran como ortofosfatos, una de las técnicas es la adsorción física con adsorbentes que fueron activados con ácidos, (Obregón Olórtegui, 2019) determinó la remoción de fosfatos utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno y maracuyá activado con ácido sulfúrico al 85 % obteniendo una eficiencia al utilizar la técnica de la adsorción, en comparación con (Isla & Fiorella, 2018) utilizó el carbón activado incrustado con hierro (III) teniendo resultados de remoción de fosfato de mayores a 90 %. Para utilizar el método de la adsorción para la remoción de fosfatos es de gran importancia utilizar adsorbentes activados con ácidos y posterior a ello realizar el acondicionamiento adecuado como el lavado del carbón activado con bastante agua destilada para tener resultados elevados de remoción.

Los factores que afectan en la remoción de fosfatos utilizando el carbón activado como el tiempo, pH, velocidad de agitación, cantidad y características del adsorbente permiten que la técnica a utilizar sean más eficientes, en su estudio de (Isla & Fiorella, 2018) determina la influencia de la dosis y velocidad de agitación resultando eficientes a una dosis de adsorbente de 6 g/L y 200 rpm. Los factores que se consideran en la adsorción deben presentar una afinidad con el contaminante a remover caso contrario las técnicas utilizadas pueden resultar inadecuadas, también afirmar en el presente trabajo de investigación resultó ser el factor más significativo para la remoción de fosfatos la cantidad de adsorbente.



5.4. Implicancias del estudio

Las implicaciones del presente trabajo de investigación están agrupadas en implicaciones académicas, tanto para la literatura de nuevas tecnologías ambientales para el tratamiento de aguas residuales con una elevada carga de contaminante de fosfatos; e implicancias prácticas para profesionales responsables de proyectos de tratamiento de aguas residuales o efluentes con carga contaminante de fosfatos.

Desde un enfoque académico, con el presente estudio permitirá, buscar un aporte en la literatura que hasta la fecha ha pretendido solucionar la problemática de la contaminación de fosfatos en cuerpos de agua y también formularse nuevos métodos de tratamiento de diversos contaminantes utilizando productos naturales que pueden ser utilizados como descontaminantes eficientes como el caso del endocarpio de durazno como un adsorbente de un producto natural y ampliando su reaprovechamiento del producto.

Desde una perspectiva práctica, con la presente investigación se permite implementar nuevos precursores como adsorbentes de fosfatos que pueden ser utilizadas en diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales o de industrias que generan efluentes con una tasa alta de contaminantes de fosfatos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En el presente trabajo de investigación se logró evaluar la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente considerando tres factores como la cantidad de adsorbente, tiempo y pH dando como resultado una mayor capacidad de adsorción de fosfatos de 3.07 mg/g y un mayor porcentaje de remoción de 78.54 % utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (*Prunus persica*) obtenido mediante la activación química a una temperatura de carbonización de 550 °C.
- Se determinaron las características del endocarpio de durazno para elaborar el carbón activado y presento un promedio de humedad de 11.86 %, contenido de cenizas de 14.40 %, pero un elevado contenido de material volátil de 65.39 % las cuales le caracterizan como una materia prima adecuada para obtener carbón activado.
- Se determinó el rendimiento en la elaboración del carbón activado de endocarpio de durazno, como resultado se tuvo un rendimiento general de 44.88 % al finalizar las diferentes pruebas en cada etapa, en la carbonización sin agente activante se tuvo un rendimiento de 48.45 % y con la impregnación antes de la carbonización tuvo un rendimiento de 68.80 %, el endocarpio de durazno presenta valores elevados de rendimiento para la obtención de carbón activado.
- Se caracterizó el adsorbente fisicoquímicamente obtenido a partir del endocarpio de durazno de acuerdo a las normas técnicas para carbón activado teniendo como resultado la densidad aparente de 0.59 g/cm³ , contenido de humedad 2.42 %, contenido de material volátil 0.53 %, contenido de cenizas 2.72 %, pH 6.15, granulometría de 75 µm, carbono



fijo total de 97.74 % y un porcentaje de remoción de azul de metileno de 98.6 %, estos valores se encuentran de acuerdo a las normativas utilizadas.

- Se evaluó la influencia de la cantidad del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo de adsorción y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, al analizar la influencia de los factores se tuvo una remoción mayor a una cantidad de adsorbente de 0.13 g, pH 7 y un tiempo de adsorción de 60 minutos, el factor cantidad de adsorbente resulto ser significativo y los demás factores no son significativos.
- Se determinó la capacidad de adsorción resultando un valor de 3.07 mg/g y el porcentaje de remoción de 78.33 % de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno, bajo las siguientes condiciones de trabajo cantidad de adsorbente de 0.13 g, pH 8 y un tiempo de remoción de 30 minutos a una velocidad de agitación constante de 400 rpm.



6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar carbón activado a partir del endocarpio de durazno utilizando otras variedades de durazno y como método de activación física para la remoción de fosfatos, visto que el método de activación física es amigable con el medio ambiente porque no se utilizan agentes activantes que tengan un potencial grado de contaminar el medio ambiente si no se realizan las disposiciones finales adecuadas o su recuperación.
- Se recomienda realizar la cinética de adsorción del carbón activado de endocarpio de durazno.
- Se recomienda la aplicación del carbón activado de endocarpio de durazno en un lecho fluidizado para determinar la capacidad de saturación que presentara el carbón activado en un determinado tiempo, esta técnica puede ser implementada en una lavandería, o industrias para reducir los fosfatos que están contenidos en los detergentes y otros contaminantes persistentes antes de ello realizar la coagulación floculación para reducir el contenido de carga contaminante del efluente que pueden saturar en menor tiempo el carbón activado.
- Se recomienda trabajar los factores de cantidad de adsorbente, pH y tiempo con valores que presentan una diferencia extrema para determinar los factores cómo influyen en la remoción de fosfatos y cuáles son los más significativos.
- Se recomienda mejorar las características superficiales del carbón activado de endocarpio de durazno con agentes químicos que permitan atraer mayor cantidad de fosfatos y así aumentar la capacidad adsorción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUA.org.mx. (2017). *Agua en el planeta*. Obtenido de <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>

Ahumada Triviño, N. J., & Severiche Betin, J. E. (2018). Implementación de un tratamiento alternativo para la remoción de fósforo y nitrógeno en aguas residuales mediante absorbentes a base de semillas y tallos de *Moringa Oleifera* Lam. Baranquilla, Colombia.

AireLibre.cl. (2017). *¿Qué es eutrofización?* Obtenido de <https://airelibre.cl/que-es-eutrofizacion-significado-definicion/>

Al-Salem, S., Antelava, A., Constantinou, A., Manos, G., & Dutta, A. (2017). A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW). *journal of environmental management*, 197(1408), 177-198. doi:10.1016/j.jenvman.2017.03.084

Arellano, J. (08 de 10 de 2012). *Perú: La contaminación en el Lago Titicaca*. Obtenido de <https://es.globalvoices.org/2012/10/08/peru-la-contaminacion-en-el-lago-titicaca/>

Avello Martínez, R. (29 de Junio de 2020). *¿Por qué reportar el tamaño del efecto?* Obtenido de <https://www.revistacomunicar.com/wp/escuela-de-autores/por-que-reportar-el-tamano-del-efecto/>

Barbe, J., Desjobert, C., & Neveu, G. (2000). Eliminación de fosfatos en aguas residuales urbanas. 9.

Beltrán, J., Guajardo, C., Barcelo, I., & López, U. (2017). Biotratamiento de efluentes secundarios municipales utilizando microalgas: efecto del pH, nutrientes (C,N y P) y enriquecimiento con CO₂. 52, 11.

Bissanti, G. (2018). *Prunus pérsica*. Obtenido de Un mundo ecosostenible: <https://antropocene.it/es/2018/10/13/prunus-persica/>.

Bunge, M. (2017). El planteamiento científico. *Revista cubana de salud pública*, 43(3), 1-29.



- Calixtro Asencios, L. E. (2016). Aprovechamiento del endocarpio de la pepa de durazno para producir carbón activado. *tesis de pregrado*. Lima, Perú.
- Canales Flores, R., & Prieto Garcia, F. (2016). Activation Methods of Carbonaceous Materials Obtained from Agricultural Waste. *Chemistry and Biodiversity*. 13(3), 261-268.
- Carbotecnia. (16 de Noviembre de 2021). *Granulometría*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/granulometria-o-numero-de-malla/>
- Carrasquero, S., Martínez, M., Castro, M., Díaz, A., & Colina, G. (2019). Remoción de turbidez usando semilla de *Tamarindus indica* como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia*, 4(1), 19.
- Casallas, N., & Ibañez, A. (2016). Diseño de un sistema a nivel piloto para la remoción de detergentes aniónicos de una solución preparada con características de una lavandería tipo con el fin de reducir la concentración letal media (CL50=48) para *Daphnia pulex*. *tesis pregrado*. Bogotá, Colombia.
- Castaneda Castro, J. G. (2017). Reducción de hierro manganeso y detergente en el agua, por medio de arena verde de manganeso y carbón activado. *tesis para optar título*. Guatemala.
- Condorchem envitech. (2022). *Adsorción en carbón activao para el tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://condorchem.com/es/blog/adsorcion-en-carbon-activado-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#>
- Diestra Goicochea, N. T. (2017). La contaminación ambiental y su influencia en la salud de la población del distrito de Trujillo - la Libertad. 10.
- E.U. POLITECNICA. (s.f.). *Manual del Carbón Activado*. Sevilla. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>



EPA. (31 de Agosto de 2021). *Contaminación por nutrientes* . Obtenido de <https://www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions>

EPA, E. (21 de Junio de 2021). *Contaminación por nutrientes* . Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/contaminacion-por-nutrientes>

Espinal Heredia, G. (2017). Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017. Perú.

Farshchi, A., Hassanpou, A., & Bayly, A. (Octubre de 2019). La estructura de los polvos detergentes atomizados. 355, 738 - 754. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591019304929?via%3Dihub>

GeoInnova. (07 de Febrero de 2019). *Contaminación hídrica y pérdida de calidad del agua*. Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/contaminacion-hidrica-y-perdida-de-calidad-del-agua/?gclid=Cj0KCQiA0p2QBhDvARIsAACSOOMqghqcsaclxoX1mbafuAhVWtMTImC7zbXstyFLyS7yIOy5rHnb6lQaArtxEALw_wcB

Gil Mora, J. E., & Flores Boza, Á. H. (2022). Índice de calidad del agua de dos ríos urbanos en la ciudad de Cusco: Saphy y Cachimayu. 25. Obtenido de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/42932/32283>

Gonzales Mora, H. E., & Teruya Chinen, R. (2004). *Estudio Preliminar de Carbón Activado; Situación en el Perú*. Lima.

Guerrero Fernández , J. R. (2007). *Caracterización, evaluación y comparación del Alfa-Metil Éster sulfonado y el Lauril sulfato de Sodio como Surfactante para formulaciones de detergentes en polvo*. Bogotá-Colombia.



Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Huacac Osorio, J. C. (2019). Evaluación de la oferta tecnología de producción y manejo postcosecha del cultivo de durazno (*prunus pérsica*) en zonas productoras de la provincia de Calca - Región Cusco. Cusco, Perú.

Illana Gregori, M. (2014). Estudios de la adsorción de fosfatos en aguas de depuradora mediante intercambiadores iónicos. 1 - 78. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22649/Estudio+de+la+adsorci%C3%B3n+de+fosfatos+en+aguas+de+depuradora+m.pdf?sequence=1>

INACAL. (2015). Impacto de la reglamentación de los valores máximos admisibles de las descargas no domesticas en los sistemas de alcantarillado sanitario. 6-66.

Isla, J., & Fiorella, G. (2018). Influecia de la dosis y agitacion del carbon activado de prunus pérsica incrustado con fierro (III), en la remoción de fosfatos de solucion acuosa. *tesis pregrado*. Trujillo, Perú.

Jha, A., Mallick, A., Shrestha, R., & Rajbhandari, R. (2019). Nanoporous Activated Carbons Derived from Peach Stones. *15*(1), 6.

Jurado Flaconi, E., Sáenz Yaya, D., Velásquez, M., Azáldegui Moscol, A., & Benavides Cavero, O. (2017). *Riesgos de uso de detergentes domésticos en la calidad del agua en poblaciones en transición de lo rural a lo urbano: Chruin*, 17. Obtenido de <https://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-efectos/>

Jurado, E., Saenz, D., Velasquez, M., Azaldegui, A., & Benavides, O. (2017). Riesgo del uso de detergentes domesticos en la calidad del agua en poblaciones en transicion de lo rural a lo urbano. 19.



Larios, F., Gonzales , C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú . 18.

Lavie, E., Morábito, J., Salatino, S., Bermejillo, A., & Filippini, M. (20 de Abril de 2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego de río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 17. Recuperado el 05 de Abril de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646012.pdf>

LENNTECH. (s.f.). *Eliminación del fósforo del agua residual*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/eliminacion-del-fosforo#:~:text=El%20f%C3%B3sforo%20en%20el%20agua,y%20el%20resto%20es%20inorg%C3%A1nico.&text=El%20f%C3%B3sforo%20suele%20encontrarse%20en,meta-bolismo%20biol%C3%B3gico%20sin%20posteriores%20disociaciones>.

Lopez, F. J. (22 de marzo de 2016). *asi contaminamos el agua en nuestra casa*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/francisco-jose-lopez-fra/asi-contaminamos-agua-nuestra-casa-y-asi-podemos-evitarlo>

Maiti, & Bidinger. (2015). Industria procesadora de frutas y hortalizas. *Journal of chemical information and modeling*.

Maldonado Páez, S. L. (2018). Estudio de remoción de detergentes aniónicos tipo sulfato con carbón activado. *tesis para optar título*. Quito, Ecuador.

Marin Vásquez , J. (2019). Obtención de carbón activado a partir de la cascara de naranja por metodo de activación química para la adsorción de cloro y materia orgánica del agua, en la provincia de Jaén. Chiclayo, Perú.



- Martínez de Yuso Ariza, A. (2012). *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de Tolueno y N- Hexano*. Zaragoza - España.
- Mena Alanoca, F. (2015). *Extracción del aceite crudo de la semilla de durazno (Prunus Pérsica)*. La Paz.
- Morató, J., Subirana, A., Gris, A., Carneiro, A., & Pastor, R. (2006). Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. *LA SALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 12.
- Moreno Santos, A., Rios Hurtado, J. C., & Flores Villaseñor, S. E. (10 de febrero de 2021). Carbón activado: generalidades y aplicaciones. *CienciAcierta*, 27.
- Obregón Olórtegui, R. D. (2019). Eficiencia del carbón activado de cáscara de maracuyá y endocarpio de durazno en la remoción de nitratos y fosforo total de purín, végeta - Huaura. *Tesis de pregrado*. Huaura, Perú.
- Pariona Palomino, J., Matos Ormeño, W., & Huilca Huanaco, E. (2020). Biochar como tecnología de emisión negativa frente al cambio climático. *South Susrainability*, 1, 14.
- Plaza Recobert, M. (2015). *Evaluación de nuevos precursores y del proceso de activación con dióxido de carbono*. España, Alicante.
- Prias, J., Rojas, C., Echeverry, A., Fronthal, G., & Ariza, H. (2011). IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES ÓPTIMAS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DEL PRECURSOR GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH. *Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135), 16. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000200004
- Pütz, P. (s.f.). Eliminacion y determinacion de fosfato. *Analítica de aguas residuales_Fosfato*, 4.



- Ramírez Ramírez, J., & Ayala Aceves, M. (2014). ENZIMAS: ¿QUÉ SON Y CÓMO FUNCIONAN? *Revista Digital Universitaria*, 13.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & Gonzáles, E. (2 de Mayo de 2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *16(2)*, 12.
- Reyna Ramos, J. (2008). La Contaminación Ambiental. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n1/contaminacion.htm
- Ribas, M., De Franco, M., Adebayo, A., Lima, E., Parkes, G., & Feris, L. (2020). Adsorption of procion red MX-5B dye from aqueous solution using homemade peach and comercial activated carbons water science. *10(6)*, 1-13.
- Rincón Silva, N. G. (2 de Enero de 2016). Obtención de carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos. *Revista científica*. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez Pimentel, H. (13 de 03 de 2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Ruiz Menendez, A. (2018). *Obtencion de carbon activado a partir de cascara de naranja (Citrus sinensis L. Obseck) y su aplicacion como adsorbente de plomo (II) en disolucion acuosa*. Lima, Perú.
- Ruiz Menendez, A. P. (2018). *Obtencion de carbón activado a partir de cascara de naranja (Citrus sinensis L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en disolución acuosa*. Lima, Perú.
- Sacome. (10 de Diciembre de 2018). *Diferencia entre un proceso en continuo y un proceso batch*. Obtenido de <https://www.sacome.com/diferencias-proceso-continuo-proceso-batch/>



Salud Pública de México. (5 de Setiembre de 2011). La Paradoja del Fósforo. *Noticias de salud ambiental*, 53, 7.

Sánchez de Fuentes, J. (2001). El fosforo, parametro critico de calidad de agua tecnicas analiticas y de muestreo. *XXVII Congreso Interamericano de Ingenieria e Ambiental*, 9.

Sanz Tejedor, A. (s.f.). *Química Orgánica Industrial*. Obtenido de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-10.php>

Sette Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. España: REVERTÉ, S.A.

Spaltro, A. (2017). *Remoción de pesticidas presentes en agua mediante procesos de adsorción sobre carbón activado y sílica funcionalizada*. Argentina.

Textos Científicos. (25 de Junio de 2006). *Los materiales adsorbentes*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/materiales-adsorbentes>

Tolcachier, A. J. (s.f.). Contaminacion del agua . *Medicina Ambiental*, 10.

Tovar, A. (2017). Valorizacion Integral de cascara de naranja mediante extracion de pectina y elaboracion de carbón activado.

Trujillo, E., Guadalupe Fonseca, M., & Martinez, V. (2009). Evaluación de la Cromatografía Iónica para fomentar su Uso en la investigacion y Estudios de Postgrado en Ciencias de Agua. 10.

Vera Gaskell, V., & Morocho Chuchuca, D. (2015). *Evaluación de adsorción de plomo y mercurio en carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz*. Machala.

Wanat, D. (2017). *Eliminación de fosforo en aguas de proceso de concentración de roca fosfórica por el proceso de la estruvita*.

Zambrano, P., & Perdomo, O. (2019). *Cultivo de Durazno*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-durazno/>.



Ziati, C., Larivé, O., Reynaert, E., & Morgenroth, E. (2017). Removal of polyphenols from olive mill wastewater by adsorption on activated carbon prepared from peach stones. *62*(11), 865-874.

Ziamba, C., Larivé, O., Reynaert, E., & Morgenroth, E. (2018). Chemical composition, nutrient-balancing and biological treatment of hand washing greywater. *Water Research*(144), 752-762.



INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 23

Caracterización del carbón activado de endocarpio de durazno

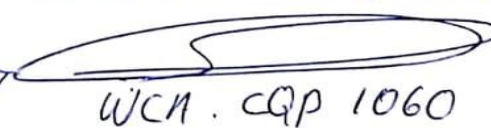

FICHA 1: OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO DE ENDOCARPIO DE DURAZNO			
Título	Remoción de fosfatos presente en agua contaminada con detergentes utilizando carbón activado de endocarpio de durazno (<i>Prunus persica</i>), Cusco 2022		
Línea de investigación	Contaminación ambiental del agua		
Responsable	Royer Obando Ccallohuanca Atamari		
Asesor	Mgt. Ing. Uriel Raúl Fernández Bernaola		
Lugar	Lab. Físicoquímica - UNSAAC	Fecha	27/04/2022
Caracterización del material precursor (endocarpio de durazno)			
Contenido de humedad (%)	11.86%	Ruiz Menendez, A.	
Contenido de material volátil (%)	65.39%	Ruiz Menendez, A.	
Contenido de cenizas (%)	14.40%	Ruiz Menendez, A.	
Morfología del durazno	H ₁ % = 11.86%	Variedad Prisco	
Activación del carbón de endocarpio de durazno			
Con ácido fosfórico al 85 %			
Agente activante	Cantidad de materia precursor	Temperatura	cantidad obtenida
100 mL H ₃ PO ₄	50g	550°C	34.39 g
Con ácido fosfórico al 85 %			
Agente activante	Cantidad de materia precursor	Temperatura	cantidad obtenida
Caracterización fisicoquímica del carbón activado obtenido			
Granulometría (nm)	#200	NTP 311.331-2019	
Densidad (g/cm ³)	0.59 g/cm ³	NTP 311.331 2019	
Humedad (%)	2.42%	Norma ASTM D-1762	
Contenido de material volátil (%)	0.53%	Norma ASTM D-1762	
Contenido de cenizas (%)	2.72%	Norma ASTM D-1762	
Contenido carbono fijo total (%)	97.74%	Ing. Renzo Teruya - Ing. Hector	
Área superficial (cm ² /g)	—	—	
Volumen de poros (ml/g)	—	—	
pH	6.15	NTP 0.27.025-1982	
% remoción de Azul de metileno	98.6%	NTP 0.27.025-1982	
Observaciones o Notas			
Referencia → Estudio Preliminar de Carbón Activado; situación en el Perú.			
- Docente encargado de Laboratorio →  WCM. CQP 1060			



Tabla 24

Parámetros medidos durante el tratamiento

FICHA 2: PARÁMETROS MEDIDOS DURANTE LA REMOCIÓN DE FOSFATOS					
Título		Remoción de fosfatos presente en agua contaminada con detergentes utilizando carbón activado de endocarpio de durazno (<i>Prunus persica</i>), Cusco 2022			
Línea de investigación		Contaminación ambiental del agua			
Responsable		Royer Obando Ccallohuanca Atamari			
Asesor		Mgt. Ing. Uriel Raúl Fernández Bernaola			
Lugar		Laboratorio Fisicoquímica-UNSPAC		Fecha	04/05/2022
Nº de muestra	Tiempo (min)	pH	Concentración del adsorbente (g)	Concentración inicial de fosfato (mgP/L)	Concentración final de fosfato (mgP/L)
1	90	6	0.5	1.96	0.54
2	30	8	1.00	1.96	0.79
3	30	6	0.5	1.96	0.81
4	90	8	1.00	1.96	0.73
5	30	8	0.5	1.96	0.42
6	90	8	0.5	1.96	0.64
7	90	6	1.00	1.96	0.73
8	30	6	1.00	1.96	0.64
9	60	7	0.75	1.96	0.42
10	60	7	0.75	1.96	0.78
11	60	7	0.75	1.96	0.67
—	—	—	—	—	—
Observaciones o Notas					
<p>La Concentración se determina usando el Espectrofotómetro UV-Vis EVOLUTION 300 a 830 nm.</p> <p>Docente encargado de Laboratorio:  WCA CQP: 1060</p>					



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

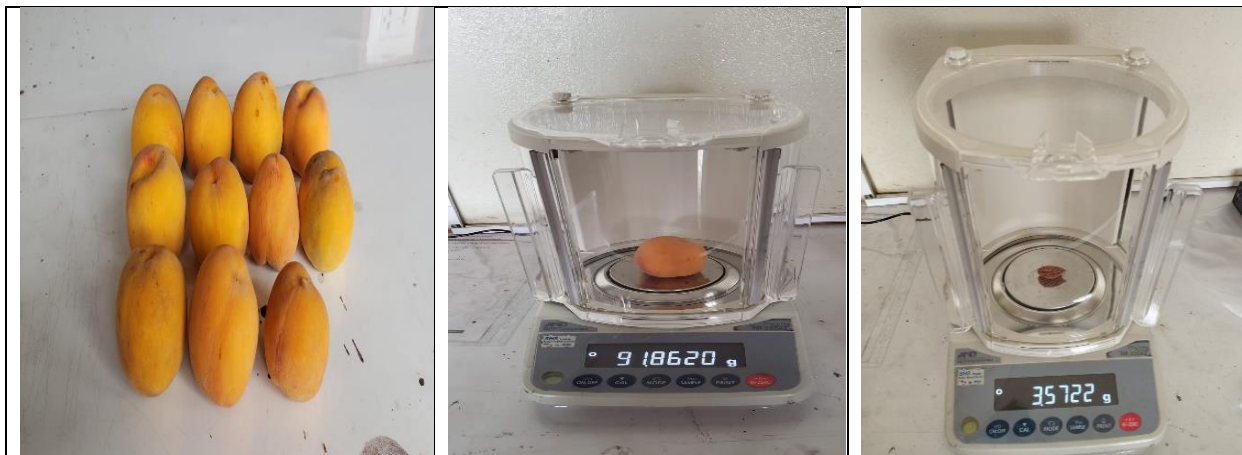
Tabla 25

Validación de instrumentos

Actividades	Pruebas realizadas	Normativas y autores
Caracterización del endocarpio de durazno	Humedad (%)	Ruiz Menéndez, Amparo
	Contenido de cenizas (%)	Plaza Recobert, Minerva
	Material volátil (%)	
Elaboración del carbón activado	Temperatura de carbonización (°C)	Plaza Recobert, Minerva
	Activación química	Teruya Chinen, Renzo
	Lavado	Ruiz Menéndez, Amparo
	Molienda y almacenado	
Caracterización fisicoquímica del carbón activado	Rendimiento (%)	NTP 0.27.025-1982 Norma ASTM D-1762 NTP 311.331-2019 Ruiz Menéndez, Amparo Teruya Chinen, Renzo Plaza Recobert, Minerva
	Densidad (g/cm ³)	
	Contenido de humedad (%)	
	Contenido de material volátil (%)	
	Contenido de cenizas (%)	
	Contenido de carbono fijo total (%)	
	pH	
	Granulometría (malla ASTM # 200)	
	Área superficial (cm ² /g)	
	Volumen de poros (ml/g)	
	Porcentaje de adsorción de azul de metileno (%)	
Remoción de fosfatos	Proceso de adsorción y determinación de fosfatos	Maldonado Páez, Lorena Duque S., Marta Elena



ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO



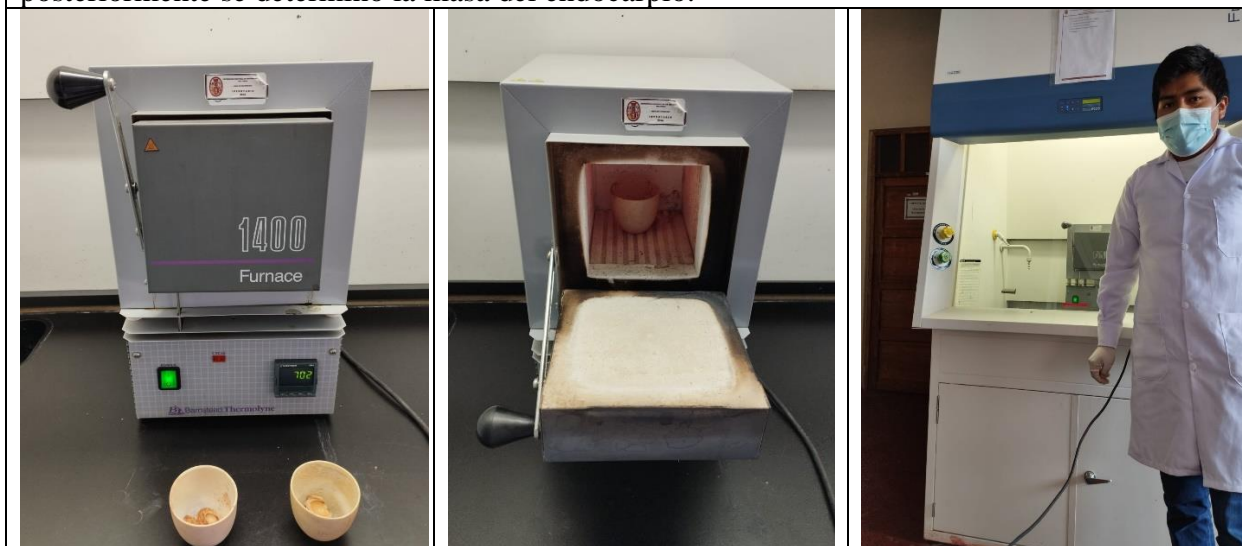
Determinación de la masa del durazno de la variedad prisco y la masa del endocarpio de 11 muestras representativas.



Secado a temperatura ambiente durante 48 horas del endocarpio luego de ser despulpada el durazno y posteriormente se llevó a secado en horno a 60 °C durante 24 horas, finalmente se realizó la separación de la semilla con el endocarpio.



Determinación de la humedad del endocarpio de durazno secado a 110 °C durante 1 hora y posteriormente se determinó la masa del endocarpio.





Determinación del contenido de cenizas, se realizó a una temperatura de 700 °C durante 1 hora posterior a ello se dejó enfriar en un desecador de vidrio y se realizó el pesado final



Determinación del contenido de material volátil, se realizó a una temperatura de 700 °C durante un tiempo de 15 minutos posteriormente se dejó enfriar en desecador de vidrio y se realizó el pesado final.



Determinación de la masa total del endocarpio de durazno antes de la carbonización



Carbonización a 550 °C durante 30 minutos y su posterior activación con ácido fosfórico al 85 %





Impregnación con ácido fosfórico al 85 % posterior a ello la carbonización a 550 ° durante 30 minutos, desecado durante 1 hora y lavado con agua destilada a 90 °C y finalmente secado en un horno a 60 °C durante 24 horas y molido.



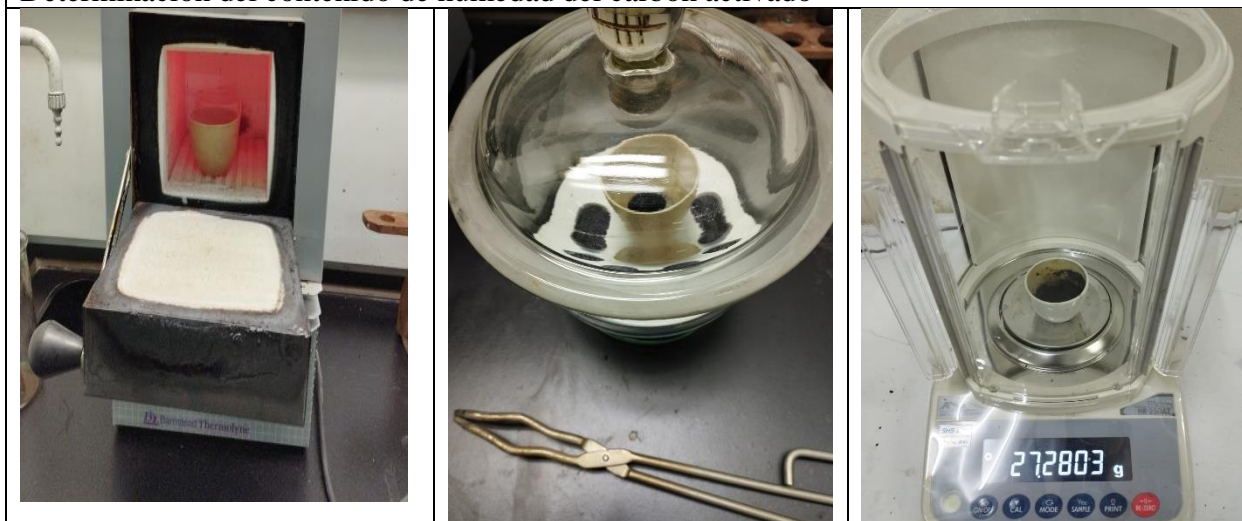
Determinación de la granulometría del carbón activado en malla ASTM # 200



Determinación de la densidad aparente del carbón activado



Determinación del contenido de humedad del carbón activado

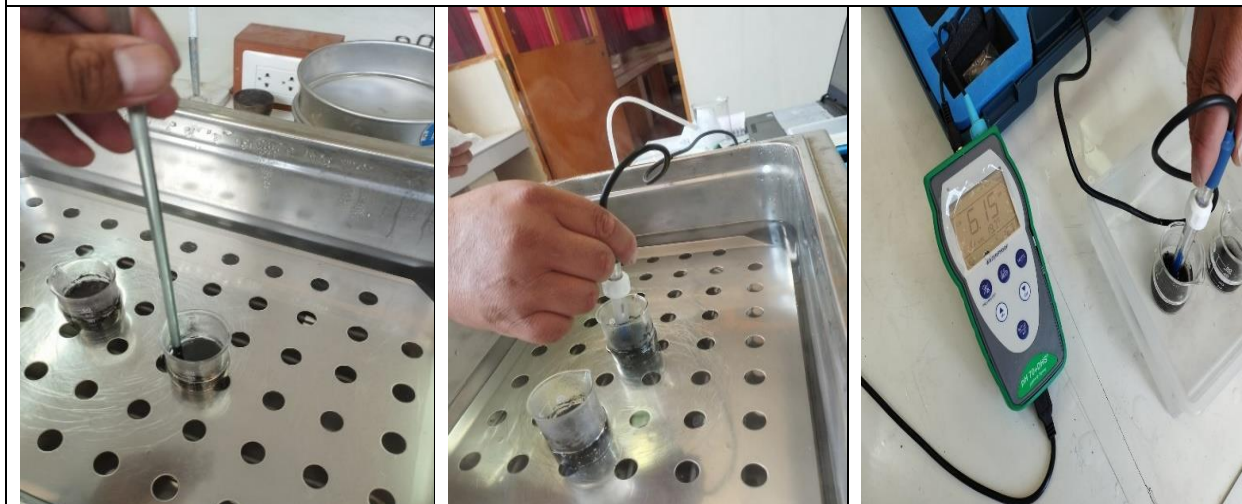


Determinación del contenido de cenizas del carbón activado





Determinación del material volátil del carbón activado

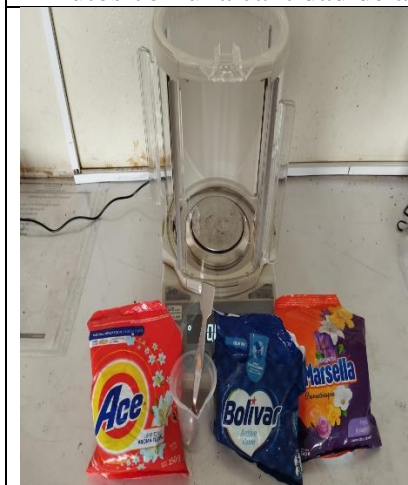


Determinación del pH del carbón activado

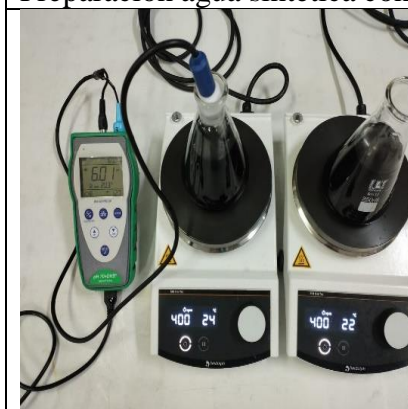




Porcentaje de remoción de azul de metileno del carbón activado durante un tiempo de 30 minutos con una cantidad de adsorbente de 0.0119 g,



Preparación agua sintética contaminada con detergente a una concentración de 30 mg/L

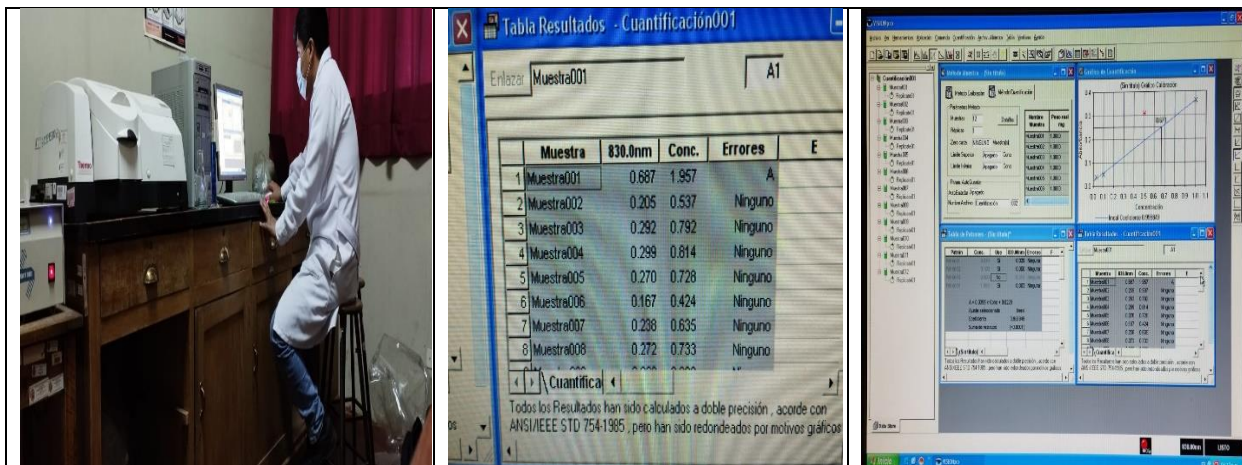


La remoción de fosfatos presentes en tres detergentes comerciales se preparó una solución de concentración de detergente de 30 mg/L, se pesó una cantidad de adsorbente y se determinó el pH de la solución de acuerdo al diseño experimental.



Calibración de espectrofotómetro con concentraciones patrones de 0.03, 0.1, 0.5 y 1 mg/L de solución patrón de fosfato.





Determinación de la concentración inicial y final de fosfatos mediante la técnica de espectrofotométrica UV-VIS a 830 nm.



ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTO
<p>Problema General ¿Es posible remover fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (<i>Prunus persica</i>), Cusco 2022?</p>	<p>Objetivo General Evaluar la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes utilizando el carbón activado de endocarpio de durazno (<i>Prunus persica</i>), Cusco 2022.</p>	<p>Hipótesis General El carbón activado de endocarpio de durazno (<i>Prunus persica</i>) presenta una influencia alta en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergente, Cusco 2022.</p>	<p>Variable Independiente Carbón activado de endocarpio de durazno. Variable Dependiente Remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.</p>	<p>Técnicas de recolección de datos Análisis de laboratorio Técnica de Procesamiento de Datos Análisis estadístico Instrumentos de Recolección de Datos Reporte de laboratorio Cuaderno de campo Instrumento de Procesamiento de Datos Microsoft Excel Statgraphics Centurión SPSS</p>
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICO	DIMENSIONES E INDICADORES	POBLACIÓN Y MUESTRA
<ul style="list-style-type: none"> ❖ ¿Cuáles son las características del endocarpio de durazno para la elaboración del carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes? ❖ ¿Cuál es el rendimiento de producción de carbón activado de endocarpio de durazno para la 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar las características del endocarpio de durazno para elaborar el carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes. ❖ Determinar el rendimiento de producción del carbón activado de endocarpio de durazno para la 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Las características del endocarpio de durazno permiten obtener un buen carbón activado para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes. ❖ El carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno presenta un rendimiento alto de 	<p>V.I. Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características del endocarpio de durazno. - Rendimiento de producción. - Características fisicoquímicas del carbón activado. - Capacidad de adsorbente <p>V.I. Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Contenido de humedad -Contenido de cenizas -Material volátil -Rendimiento 	<p>Población y Muestra La población y la muestra está referida a la cantidad de muestra de agua contaminada</p>



<p>remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes?</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes? ❖ ¿Cuál es la influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes? ❖ ¿Cuál es la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno? 	<p>remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar las características fisicoquímicas del carbón activado obtenido a partir de endocarpio de durazno para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes. ❖ Evaluar la influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes. ❖ Determinar la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno. 	<p>producción para la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Las características fisicoquímicas del carbón activado de endocarpio de durazno ayudan en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes. ❖ La influencia de la masa del carbón activado de endocarpio de durazno, tiempo y pH en la remoción de fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes, es alta. ❖ La capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de los fosfatos presentes en aguas contaminadas con detergentes usando el carbón activado de endocarpio de durazno presentan valores altos. 	<p>-Densidad aparente -Contenido de humedad -Contenido de material volátil -Contenido de ceniza -Contenido de carbono fijo -pH -Granulometría -Concentración inicial -Concentración final -Volumen de solución -Masa de carbón activado</p> <p>V.D. Dimensiones</p> <p>-Parámetros de adsorción -Porcentaje de remoción de fosfatos.</p> <p>V.D. Indicadores</p> <p>-Masa del adsorbente -pH -Tiempo -Concentración inicial -Concentración final</p>	
--	--	---	--	--