



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO
EN EL PH, TURBIDEZ, OXÍGENO DISUELTOS PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA BAHÍA DE PUNO - 2018.**

TESIS

PRESENTADA POR:

HERMES RONALD QUISPE TICACALA

RONALD LARICO POMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mi padre Ángel, siendo el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, por su apoyo, dedicación, paciencia infinita, por no esperar nada a cambio, aunque se lo debo todo. Mi madre Celestina, por darme la vida y recordar con nostalgia esos ojos tuyos llenos de amor.

A mis hijos Benjamín Andréé y Gabriel Fernando, el cariño y afecto que recibo de ustedes son los vectores responsables de la dinámica ejercida sobre mi vida.

Hermanas Norka, Marisol, Bertha y Doris, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de mi vida.

Y finalmente a mi tío, a mi amigo Polard, familiares y amigos de la vida.

Hermes Ronald Quispe Ticacala



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De igual forma, le dedico a mi madre Lucila Poma Apaza, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, quien dedicó su vida en buscar lo mejor para mí y mis hermanos, a la vez que me enseñó a no rendirme ante nada y siempre perseverar sea la situación que hubiese, la cual ha estado cuidando y guiándome desde el cielo.

A mi esposa Vilma Quiroz G., por acompañarme y apoyarme durante todo este arduo camino, compartiendo alegrías, tristezas, logros y fracasos, sabiendo afrontar cada momento difícil de nuestra vida.

A mi hijo Gael Eithan, por ser la motivación de seguir adelante, por enseñarme lo frágil que es la vida, que se debe valorar todo cuanto se tiene, que mientras estemos vivos debemos luchar, que debo seguir adelante pese a todo el dolor que tengo, ser fuerte, estar feliz, conseguir mis metas y sueños.

A mi padre y hermanos Miduar y Americo, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Y a todos mis amigos, familiares y personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de la tesis, en especial a mi amigo Hermes R.

Ronald Larico Poma



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por acompañarme todos los días de mi vida, por haberme dado fuerza y valor para culminar con esta etapa.

De igual manera a mi madre, por todo cuanto hizo para darme una mejor vida y educación, por enseñarme valores, a no rendirme, a ser una buena persona, un buen profesional, un buen hijo, no hay palabras para poder agradecer todo cuanto hizo mi madre.

A mi esposa e hijo, por ser la motivación de seguir adelante, de valorar la vida pese a las dificultades que posee, de no rendirse ante nadie y nada, de perdonar y perdonarse.

A mis hermanos, quienes con su ejemplo y motivación han sabido guiarme.

Agradecimiento especial a nuestro director de tesis Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por su apoyo y guía durante la elaboración de la presente tesis. A mis jurados, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de esta tesis. Ing. Guillermo Néstor Fernández Sila, Dr. Félix Rojas Chahuares, MSc. Samuel Laura Huanca.

A mis Docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos, ofreciéndome sus sabios consejos para lograr mis metas.

MUCHAS GRACIAS.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT 13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1. Problema general.....16

1.2.2. Problemas específicos.....16

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.4.1. Objetivo general.....17

1.4.2. Objetivos específicos17

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18

1.5.1. Hipótesis General.18

1.5.2. Hipótesis Especificas de la Investigación.....18

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 19

2.1.1. Antecedentes Internacionales19

2.1.2. Antecedentes nacionales21

2.1.3. Antecedentes Locales.....23

2.2. BASES TEÓRICAS 24

2.2.1. Pino insigne (*Pinus radiata*).....24



2.2.2.	Semillas de <i>Pinus radiata</i>	25
2.2.3.	Carbón.....	25
2.2.4.	Historia del carbón activado.....	26
2.2.5.	Carbón activado.	27
2.2.6.	Propiedades del carbón activado.....	27
2.2.7.	Importancia y uso del carbón activado.....	29
2.2.8.	Tipos carbón activado.....	31
2.2.9.	Parámetros que influye sobre las propiedades de adsorción del carbón activado.....	31
2.2.10.	Proceso de activación.....	33
2.2.11.	El agua.	35
2.2.12.	clasificación de aguas.	37
2.2.13.	Contaminación de aguas.....	38
2.2.14.	Aguas residuales.....	39
2.2.15.	Tratamiento no convencional de aguas.....	40
2.2.16.	Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones.	42
2.2.17.	Laguna de estabilización el espinar de la ciudad de Puno.....	44
2.2.18.	Tratamiento de aguas con carbón activado.	46
2.2.19.	Potencial de Hidrógeno pH	47
2.2.20.	Turbidez.....	47
2.2.21.	Oxígeno disuelto.	47
2.2.22.	Según normatividad ECA.....	49

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	MATERIALES	51
3.2.	METODOLOGÍA	51
3.2.1.	Diseño de Investigación.....	51
3.2.2.	Tipo de Investigación.....	52
3.2.3.	Nivel de Investigación.	52
3.3.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	52
3.4.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	53
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	53
3.6.	PROCEDIMIENTO	55



3.6.1.	Materiales, equipos e insumos	55
3.6.2.	Tratamiento de la materia prima.	57
3.6.3.	Toma de muestra de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno.	62
3.6.4.	Influencia del carbón activado en las muestras.	64

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.....	68
4.1.1.	Obtención del pH optimo del carbón activado con azul de metileno mediante la adsorción	68
4.1.2.	Valores obtenidos del multiparámetro en el monitoreo.....	70
4.1.3.	Influencia del carbón activado en las muestras respecto al pH.....	72
4.1.4.	Influencia del carbón activado en las muestras respecto a la turbidez	74
4.1.5.	Influencia del carbón activado en las muestras respecto al oxígeno disuelto	77
4.1.6.	Comportamiento optimo del carbón activado.	79
4.1.7.	Análisis Estadístico (prueba de hipótesis).	79
4.2.	DISCUSIONES.....	87
V.	CONCLUSIONES.....	89
VI.	RECOMENDACIONES.....	90
VII.	REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....		96

TEMA : **Tratamiento de aguas.**
ÁREA : **Hidráulica.**
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : **Hidráulica y Medio Ambiente.**

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 DE JUNIO DEL 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de activación química.	34
Figura 2. Proceso de activación física.....	35
Figura 3. Ciclo hidrológico del agua.....	36
Figura 4: Tratamiento convencional del agua	44
Figura 5: Localización del proyecto.....	53
Figura 6: Adsorbancia del carbón activado	69
Figura 7: Grado de adsorción optima.....	69
Figura 8: Lectura de pH con multiparámetro en los puntos de muestreo	70
Figura 9: Lectura de turbidez con multiparámetro en los puntos de muestreo	71
Figura 10: Lectura de oxígeno disuelto con multiparámetro en los puntos de muestreo	71
Figura 11: Lectura de pH de aguas tratados con carbón activado.....	72
Figura 12: Promedios de adsorción de pH.....	73
Figura 13: Lectura de turbidez de aguas tratados con carbón activado	75
Figura 14: Promedios de adsorción de turbidez	75
Figura 15: Lectura de oxígeno disuelto de aguas tratados con carbón activado	78
Figura 16: Promedios de adsorción de oxígeno disuelto	78
Figura 17: Desgranado y trituración de las semillas de pino.....	97
Figura 18: Tamizado de material preparado.....	97
Figura 19: Contenido de humedad, secado a 110 °c +-5 por 24 horas	98
Figura 20: Activación con Ácido Fosfórico (H ₃ PO ₄) y secado.....	98
Figura 21: Carbonización de la muestra (semillas de pino)	99
Figura 22: Muestra carbonizado.....	99
Figura 23: Lavado con agua destilada del material carbonizado a un pH de 5	100
Figura 24: Molienda con mortero y almacenamiento del carbón activado	100
Figura 25: Dilución de azul de metileno de 50, 100, 200 mg. en 100 ml. de agua destilada.	101
Figura 26: Lectura de la absorción a 453 nanómetros de onda de la dilución de azul de metileno	101
Figura 27: filtrado de la muestra de azul de metileno y lectura de la absorción	102
Figura 28: Inicio del monitoreo de las aguas de la bahía de Puno	103
Figura 29: Georreferenciación y Calibración de los equipos.	103
Figura 30: Lectura de los parámetros de campo.....	104



Figura 31: Toma de muestra de forma hermética de los puntos de muestreo	104
Figura 32: Pesaje del carbón activado para cada muestra	105
Figura 33: Preparación de los envases para la adición del carbón activado	105
Figura 34: adición del carbón activado.....	106
Figura 35: filtrado de la muestra previamente agitada.....	106
Figura 36. medición de la muestra del parámetro de pH.....	107
Figura 37. medición de la muestra del parámetro de Turbidez	107
Figura 38. Medición de la muestra del parámetro de oxígeno Disuelto por titulación.	108



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tecnología convencional de tratamiento de aguas y sus limitaciones	43
Tabla 2. Cálculo de caudal según población para el 2012.....	45
Tabla 3. Condiciones de operación de la laguna primaria para el 2012	45
Tabla 4. Cálculo de caudal según población para el 2019.....	46
Tabla 5. Condiciones de operación de la laguna primaria para el 2019	46
Tabla 6. Puntos de muestreo de la bahía de la ciudad de Puno.....	54
Tabla 7. Masa de la muestra para el contenido de humedad	60
Tabla 8. Masa constante seca para el contenido de humedad	60
Tabla 9. Determinación del contenido de humedad.....	61
Tabla 10. Determinación de material volátil	61
Tabla 11. Determinación de porcentaje de ceniza.....	62
Tabla 12. Determinación del carbón fijo	62
Tabla 13. Absorbancia del azul de metileno con carbón activado	68
Tabla 14. Informe de monitoreo, lecturas de multiparámetro.....	70
Tabla 15. Lecturas del pH (potencial de hidrogeno) de agua tratada	72
Tabla 16. Lecturas de la turbidez de agua tratada.....	74
Tabla 17. lecturas del oxígeno disuelto de agua tratada optimo	77
Tabla 18. Dosificación adecuada del carbón activado.....	79



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MINAM	: Ministerio del Ambiente.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
ECA	: Estándares de calidad ambiental.
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
UNESCO	: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
ASTM	: American Society for Testing and Materials.
CEFIC	: Council of Chemical Manufacturers' Federations.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
CA	: Carbón activado.
pH	: Potencial de hidrogeno.
OD	: Oxígeno disuelto.
TB	: Turbidez.
H₃PO₄	: Ácido fosfórico.
mg/l.	: Miligramos litro.
UNT	: Unidades nefelométricas.



RESUMEN

Debido a la contaminación generada por efluentes de aguas residuales, que descargan en la bahía de la ciudad de Puno del lago Titicaca, se realizó el presente trabajo de investigación durante los años 2018 – 2019, en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Con el objetivo de determinar la influencia del carbón activado para el tratamiento de aguas de la bahía de la ciudad de Puno. El procedimiento consta de la elaboración del carbón activado de semillas de pino, con ácido fosfórico (H_3PO_4) como agente de activación, a una temperatura de $400^{\circ}C$ por una hora; para determinar el grado de adsorción del carbón activado se realizaron ensayos de azul de metileno, logrando obtener una eficiencia del 70.0% a un pH de 5.0 Unidades de pH, en relación al carbón activado comercial de alta pureza, seguidamente se hicieron estudios de monitoreo de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno, con un multiparámetro, en ocho puntos de monitoreo y muestreo, cuatro a 50m. de las zonas de vertimiento de aguas residuales y cuatro a 200 metros de estas; obteniendo valores de: pH 9.5 (Unidades de pH), turbidez de 17.6 UNT (unidades nefelométricas) y oxígeno disuelto de 7.8 mg/l. (miligramos litro), posterior a estas lecturas se tomaron muestras en envases herméticos de 5 litros. Seguidamente se realizaron aplicaciones de 25, 50, 100 mg de carbón activado en 100 ml de agua muestreada; los resultados de adsorción de las muestras tratadas con carbón activado, presentaron mejoras en sus propiedades como: pH de 7.4 (Unidades de pH), turbidez de 4.9 UNT (unidades nefelométricas) y oxígeno disuelto de 23.5 mg/l. (miligramos litro), los cuales al compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, nos dan resultados aceptables.

Palabras claves: semillas de pino, adsorción, pH, turbidez, oxígeno disuelto.



ABSTRACT

Due to the pollution generated by wastewater effluents, which discharge into the bay of the city of Puno from Lake Titicaca, this research work was carried out during the years 2018 - 2019, in the laboratory of the professional school of Chemical Engineering of the National University of the Altiplano - Puno. In order to determine the influence of activated carbon for the treatment of waters in the bay of the city of Puno. The procedure consists of the elaboration of activated carbon from pine seeds, with phosphoric acid (H_3PO_4) as activating agent, at a temperature of $400\text{ }^\circ\text{C}$ for one hour; To determine the degree of adsorption of activated carbon, methylene blue tests were carried out, achieving an efficiency of 70.0% at a pH of 5.0 pH Units, in relation to high purity commercial activated carbon, followed by monitoring studies of the waters of the bay of the city of Puno, with a multiparameter, in eight monitoring and sampling points, four at 50m. from the wastewater discharge areas and four 200 meters from these; obtaining values of: pH 9.5 (pH units), turbidity of 17.6 NTU (nephelometric units) and dissolved oxygen of 7.8 mg / l. (milligrams liter), after these readings, samples were taken in 5-liter hermetic containers. Subsequently, applications of 25, 50, 100 mg of activated carbon were made in 100 ml of sampled water; the adsorption results of the samples treated with activated carbon showed improvements in their properties such as: pH of 7.4 (pH Units), turbidity of 4.9 NTU (nephelometric units) and dissolved oxygen of 23.5 mg / l. (milligrams liter), which when compared with the Environmental Quality Standards (ECA) for water, give us acceptable results.

Keywords: Pine seeds, Adsorption, pH, turbidity, dissolved oxygen.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú desde el año 1860, se comenzaron las acciones de arborización con especies coníferas en Puno, hasta 1974, con la puesta en funcionamiento del vivero de Trapiche, instalándose 600 hectáreas de plantas como *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata*, *Cupressus spp* (ANA, 1980, pág. 3). En el departamento de Puno, se puede apreciar grandes cantidades de *Pinus radiata* en las localidades de Pomata, Tahuaco, Arapa, Puno y Camacani, siendo en esta última localidad la de mayor abundancia de pinos radiata, con 1470 árboles (Romero, 1978, como se citó en Lopez y Gonzales, 2001, págs. 1-6).

Mamani y Catacora (2017), realizan una estimación de 1447 pinos en el bosque UNA-PUNO, la cual nos serviría de cantera de las semillas, además, González-Ávalos y otros (2006), encontraron que la distribución de conos anuales se da alrededor de 17.44 por año, en 32 conos se obtiene 1kg, de las que se obtiene aproximadamente 408g, por tal razón si utilizamos como cantera el bosque de la UNA-PUNO, tendríamos aproximadamente 0.51 toneladas de material a disposición por año.

Los carbones activados tienen su aplicación en la solución de problemas medioambientales, además de otros campos como: la medicina, industria alimentaria y domestico; por sus características de poseer elevada superficie específica, distribución polimodal de tamaños de poros, con estructura porosa (Delgadillo Gamboa, 2011).

La Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en convenio de la Universidad Nacional del Altiplano; realizaron el monitoreo de la calidad acuática de la bahía interior de Puno. Se establecieron 12 estaciones de muestreo aleatoriamente, evaluadas mensualmente entre diciembre del 2010 a abril del 2011. indicando que el área próxima a la salida de la laguna de estabilización de la ciudad (isla Espinar) es una zona crítica de contaminación en la bahía interior de Puno (Beltran, Palomino, Moreno, Peralta y



Montesinos, 2015, pag. 335). Por tal razón en el presente trabajo de investigación, se busca brindar un tratamiento, de las aguas de la bahía interior de la ciudad de Puno.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la creciente demanda mundial de agua para el consumo humano, el incremento del volumen de aguas residuales y el nivel de contaminación aumentan constantemente en todo el mundo. Asimismo, en el mundo a excepción de los países más avanzados, la mayor parte de las aguas residuales se descargan directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. Esto tiene un impacto negativo en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce y los ecosistemas (UNESCO, 2017).

En el Perú, de la inversión pública destinada al tratamiento de aguas solo el 30% se hizo efectiva de acuerdo con el plan nacional de saneamiento urbano y rural 2006-2015. Siendo las principales sustancias contaminantes del agua materias orgánicas e inorgánicas; presentando altas concentraciones de arsénico inorgánico, plomo y cadmio; generando efectos negativos y amenazas para la salud pública que pueden derivar en: cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares, según la organización mundial de la salud (OMS) (Larios, Gonzales y Morales, 2015).

En la Región Puno, las aguas del lago Titicaca y sus afluentes, se han visto afectadas por la descarga ocasionadas de los efluentes, de actividades extractivas formales e informales, así como por las aguas residuales domésticas no tratadas de las poblaciones dentro de la cuenca; este deterioro se observa en las concentraciones de elementos que exceden los estándares de calidad para el agua (ECA), en los principales ríos de la cuenca y también en el lago. Prueba de ello es que los ríos Ramis y Suches, contienen concentraciones de metales pesados y sedimentos de las actividades mineras (MINAM, 2014).



Estudios realizados al interior de la bahía de Puno indican altas concentraciones de contaminantes, las cuales exceden los estándares de calidad ambiental permisibles para el agua (ECA), siendo las zonas más contaminadas, el efluente de aguas residuales de la laguna de estabilización de Espinar y el muelle principal de la ciudad de Puno (Callata, 2015).

Para mitigar la contaminación de las aguas de la bahía interior de la ciudad de Puno, se plantearían alternativas de solución como: establecer un sistema de tratamiento de aguas servidas en puntos estratégicos antes de desaguar; ver la posibilidad de aplicar tecnologías para el tratamiento de desagües; proveer instalaciones sanitarias insitu, así como la mejora del actual servicio municipal del tratamiento de aguas servidas. (Autoridad Nacional del Agua, 1995)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es la influencia de la aplicación del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la influencia de la aplicación del carbón activado de semillas de pino en el pH de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es la influencia de la aplicación del carbón activado de semillas de pino en la turbidez de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es la influencia de la aplicación del carbón activado de semillas de pino en el oxígeno disuelto de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación pretende establecer una alternativa de solución, porque busca reducir la contaminación de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno, para



salvaguardar el bienestar de nuestra riqueza natural y patrimonio mundial (lago Titicaca), disminuyendo las concentraciones de contaminación que presenta, y que a medida que pasa el tiempo se viene incrementando negativamente generando una serie de perjuicios a la población y al medio ambiente, afectando también a la flora y fauna; es por lo que se plantea buscar una alternativa de solución.

La información generada en la presente investigación, nos permite conocer los beneficios de la aplicación del carbón activado de las semillas de pino, para reducir las concentraciones de contaminación en el agua, y llevarlo hasta niveles de calidad aceptables consecuentes con los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA).

Así mismo otros beneficios asociados al tratamiento de aguas de la bahía de la ciudad de Puno con carbón activado de semillas de pino, son las mejoras en el Medio Ambiente en los aspectos de contaminación actuales como son el visual y olfativo, lo cual podrá repercutir en el incremento de la afluencia turística hacia la bahía del lago, lo cual deriva en la generación de empleos y mayor movimiento económico, otro aspecto positivo a tomar en cuenta es el incremento de la pesca por mejora del ecosistema.

En el aspecto social se pretende mejorar el ornamento de la vista general del lago, beneficiando a toda la población de la ciudad de Puno, mejorando la calidad de vida en su entorno.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general.

Determinar la influencia del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar la influencia del carbón activado de semillas de pino en el pH de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.



- Determinar la influencia del carbón activado de semillas de pino en la turbidez de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.
- Determinar la influencia del carbón activado de semillas de pino en el oxígeno disuelto de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis General.

El carbón activado de semillas de pino influye significativamente en el tratamiento de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.

1.5.2. Hipótesis Específicas de la Investigación.

- El carbón activado de semillas de pino influye significativamente en el pH de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.
- El carbón activado de semillas de pino influye significativamente en la turbidez de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.
- El carbón activado de semillas de pino influye significativamente en el oxígeno disuelto de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Medina y Manrique (2018), en la revista científica de su investigación documental busca recolectar, comparar y analizar la información existente del carbón activado, la forma de elaboración y el uso que tiene en el tratamiento de aguas residuales con altas cargas contaminantes. Obteniendo un carbón activado, el cual es de origen orgánico e inorgánico con alta porosidad y área superficial, siendo este un material efectivo en los procesos de adsorción y remoción de contaminantes, que retienen moléculas de otros compuestos presentes en el agua. La elaboración del carbón activado se realiza bajo un procedimiento físico y químico, utilizando una variedad de agentes químicos y materias primas, por lo que se logra una eficiencia de remisión alta, proponiendo nuevas alternativas de empleo y nuevos campos de investigación.

Rojas Morales, Colina Andrade y Gutiérrez Gonzales (2016), en su artículo científico consideraron como objetivo evaluar la capacidad de adsorción de carbones activados, obtenidos de lodos provenientes de un matadero de aves. La activación se realizó con ácido fosfórico (H_3PO_4) al 10, 20, 30 y 35% en una relación de 1:1, la cual se carbonizó a $450^{\circ}C$ por 2h. obteniéndose carbones de: C_{10} , C_{20} , C_{30} y C_{35} . Se utilizo un carbón industrial (DARCOG60) como carbón activado referencial, para la capacidad adsortiva se utilizó el Azul de Metileno (AM); siendo el C_{35} el de mayor adsorción de colorante (88.44% de remoción) y el DARCOG60 de (86.43% de remoción), al incrementarse el porcentaje de ácido fosfórico (H_3PO_4) en los carbones preparados, aumentó su grado de porosidad. Los lodos obtenidos del tratamiento de aguas residuales, fueron valorados convirtiéndolos en materiales adsorbentes.



Ramírez Franco, Martínez Ávila y Fernández Ospina (2013), en la revista científica buscaron determinar la máxima remoción de contaminantes, para analizar el comportamiento de adsorción, ante la contaminación de moléculas presentes en el medio, de metales pesados como: Cu, Mn, Fe, Zn. Se obtuvieron muestras de la planta de tratamiento del laboratorio ambiental en Bogotá, para la preparación del carbón activado de pino patula se tuvo la siguiente secuencia: preparación del carbón activado, aislamiento del material precursor, reducción del tamaño y tamizaje menor a la malla # 14, seguidamente se procedió a la impregnación con ácido fosfórico al 10% a una temperatura de 90°C, por un periodo de 10 horas; en seguida se procedió a la activación atmosférica inerte a una temperatura de 400°C y tiempo de estabilización de 2 horas y finalmente se procedió a la adición de agua destilada hasta un pH constante. El carbón activado de pino patula permite una remoción cercana al 100% para Hierro (Fe) y Cobre (Cu) en concentraciones de 0.2g en 100ml, mientras que para Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) una remoción máxima de 82% y 56% respectivamente, a una concentración de 0.1g en 100ml. Finalmente se obtuvo en el efluente residual industrial remociones de 50 y 99% de los metales.

Martínez (2012), en su tesis se trazó como objetivo elaborar carbones activados para la recuperación de compuestos orgánicos como tolueno y n-hexano utilizando ácido fosfórico (H_3PO_4), para su activación química a una temperatura de 400 y 500°C y un tiempo de activación de 90 y 120 min., en su conclusión alcanza valores de adsorción mayores del 60% para el tolueno y 40% para el n-hexano, la aplicación de la metodología de superficies de respuesta en modo estático ha logrado definir un rango aceptable de las condiciones de preparación de carbones activados. Las condiciones de preparación óptima son de 550°C a 112 min y un ratio de impregnación de 1.10 horas. Las condiciones



de activación influyen de forma relevante en las características fisicoquímicas de los carbones activados.

Bernal, Solís, Linares, Barrera y Colín (2011), en su artículo científico tuvieron como objetivo la remoción de contaminantes de un efluente de aguas residuales municipales, mediante tratamientos fisicoquímicos de coagulación-floculación, sedimentación, filtración, oxidación química y desinfección; se utilizó como materia prima la concha de coco activándose químicamente. La remoción obtenida fue del 84% de color, 81% de turbiedad, 81% de la DQO, 81% de la DBO5. Se logró la remoción de los contaminantes del efluente, mejorando la calidad del agua en la mayoría de los parámetros evaluados.

Rivera, Lara, Zertuche, Montañez y Marmolejo (2003), en su revista científica tuvieron como objetivo la reducción de residuos de madera y la obtención de carbón activado, utilizando tres tipos de residuos de madera: caoba, cedro y pino, activándose químicamente con ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, cloruro de calcio y cloruro de zinc a concentraciones de 5, 10, 15 y 20%, a una temperatura de 400 °C y 700 °C; el periodo de carbonización que se empleó en las muestras de residuos de madera fue de 1 hora. Se concluyó que los residuos de madera de caoba, cedro, pino, son factibles para la producción de carbón activado, con el fin de disminuir contaminantes de las aguas residuales.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Chiclote (2018), en su tesis se centra en determinar el efecto del carbón activado granular en la mejora de la calidad del agua. Se tomó muestras de agua del efluente de cada filtro, dos veces por semana durante 3 semanas, se analizó los parámetros de control obligatorio establecidos en el reglamento de calidad de agua, siendo estos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, principalmente turbidez y pH. obteniéndose como



resultado para la turbidez una disminución desde 5.61NTU hasta 1.16NTU (Filtro A) y 0.72(Filtro B), pH fue variable, pero estuvo en un rango de 7.86pH y 8.28pH. Por lo tanto, en base a los resultados se aprecia la mejora de la calidad del agua del río Cumbe.

Vásquez (2018), en su tesis buscó determinar la calidad del agua del río Cumbe. La investigación se realizó entre julio y agosto de 2018, se recolectaron muestras utilizando insumos estandarizados del laboratorio regional de agua, tomando una muestra al afluente (río Cumbe) y luego 10 muestras después de pasar por los filtros. En base a la última muestra, se obtuvieron los siguientes resultados del efluente: turbidez = 0 NTU, pH = 7.54, (...). Por lo que el autor recomienda incorporar un tanque de almacenamiento antes de ingresar al filtro de carbón activado para un mejor rendimiento.

Manosalva (2016), en su tesis buscó el efecto que tiene el carbón activado en la turbidez del agua del río sector puente Moche, para ello investigó el tipo de carbón, temperatura y concentración. Durante el tercer trimestre del año 2016, al final de la investigación obtuvo 288 unidades muestreadas, de las que extrajo 48 unidades muestrales. Finalmente dedujo que el mejor tipo de carbón es el de cascara de coco, ya que a 40°C de temperatura y a una concentración de 0.04gr/100ml de carbón activado, logró la reducción de turbidez a 0.57NTU.

Uechi (2016), en su tesis de maestría tuvo como principal objetivo el estudio del proceso de adsorción de cromo y cadmio utilizando carbones activados modificados, manifiesta que la activación con ácido oxonítrico (HNO) y dióxido de hidrógeno (H₂O₂) incrementan la acidez del carbón, para la adsorción de metales como cadmio y cromo en un tiempo de 100 minutos, también determinó que, el tipo de modificación que se aplique al carbón activado presenta mejores comportamientos. Al analizar los factores que pueden influir en la retención del carbón activado, se determinó que la adsorción presenta una mejor eficiencia a un pH= 5 y a bajas temperaturas.



Beltran, Palomino, Moreno, Peralta y Montesinos (2015), en la revista científica tuvieron como objetivo evaluar la calidad de agua de la bahía interior de Puno. Para lo cual estableció doce puntos de muestreo, mensualmente entre diciembre 2010 a abril 2011 registrando: temperatura, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, (...), indicando que la zona crítica de contaminación es la laguna de Espinar. Obteniendo valores de: temperatura 15.68°C, oxígeno disuelto 6.62mg/l, pH 9.43, fosfatos 1.035mg/l. Se concluye que la zona interior de la bahía de Puno presenta síntomas de eutrofización; según los registros, la isla Espinar es la más contaminada debido a que el sistema de tratamiento de la laguna de estabilización es precario.

Cruz C., y otros (2012), en la revista científica de la Universidad Nacional de Tumbes tuvieron como objetivo determinar la eficiencia de un filtro a base de carbón activado, generado a partir de coronta de maíz e impregnado con quitosano. Para el tratamiento complementario del agua potable producido en la ciudad de Tumbes, se colocaron 30 g del material producido en un soporte de plástico PVC de 1.5” de diámetro para constituir el filtro a ser utilizado. En conclusión, el filtro logró reducir eficientemente los niveles de concentración de turbidez, cloro residual en el agua potable, llegando a valores de entre 46.9% - 68.9 % y 87.5% - 100 % respectivamente. El caudal promedio de agua tratada por el filtro fue de 0,20 l/min, teniendo una variable limitante en la eficiencia, de la reducción de bacterias heterótrofas, siendo 0,3 l/g de carbón impregnado con quitosano puesto en el filtro.

2.1.3. Antecedentes Locales.

Aguirre (2017), en su investigación de tesis se trazó como propósito el de adsorber metales pesados (Pb Y As), empleando carbón activado de eucalipto como adsorbente. La activación química del carbón activado fue mediante ácido fosfórico (H_3PO_4), a un tiempo de impregnación de 24 horas, carbonizado a una temperatura de 500°C por una



hora, para la adsorción se utilizó 2g de carbón activado en 500ml de solución acuosa, removiendo el 98.7% del plomo (Pb) y 70.3% de arsénico (As), a un pH de 4.97 y 5.6 unidades de pH respectivamente. Logrando obtener carbones activados de buena capacidad adsorbente de plomo y arsénico a partir de semillas de eucalipto mediante activación química con H_3PO_4 .

Callata (2015), en su tesis de investigación se trazó como objetivo evaluar la calidad ambiental del agua de la bahía interior de Puno, teniendo 7 estaciones de muestreo para los parámetros siguientes: temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, transparencia, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, DBO₅, DQO, fosfatos y nitratos; también características microbiológicas como: coliformes fecales, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Obteniendo valores de: temperatura 13 - 15.6 °C, pH 8.86 – 9.63, turbidez 43 NTU, oxígeno disuelto 2.10 – 3.28 mg/l., transparencia hasta 0.81m., conductividad eléctrica 1901 μ S/cm, sólidos disueltos totales 953 mg/l., DBO₅ de 205mg/l, DQO hasta 514 mg/l., nitratos de 2.085 mg/l. y fosfatos de 0.333 mg/l., coliformes fecales 2900 NMP/100ml., coliformes totales 11000 NMP/100ml. y coliformes termotolerantes de 1900 NMP/100ml., estos parámetros fueron comparados, con los estándares de calidad para el agua, siendo las áreas más contaminadas la isla Espinar y muelle de Puno.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pino insigne (*Pinus radiata*).

El *Pinus radiata* D. Don, comúnmente conocido como pino radiata, pino insigne o pino monterrey, es originario de los Estados Unidos de América. Los trabajos con coníferas se implantaron en la región de Cajamarca en Sunchubamba y Huacrarucro, alrededor de 1948, utilizando *Pinus radiata*, especie que luego fue también instalada en las localidades de Porcón (1962) y Aylambo (1968). Así también los trabajos más



importantes en formación de macizos se iniciaron en 1975 en Chotén, Chilacat y Sorochuco ubicados en la región de Cajamarca (Gutierrez Yarleque, 2014, págs. 9,15).

En el departamento de Puno en el año 1860, en el cual, según referencias recabadas en la zona, comenzaron las acciones de arborización con especies coníferas, con la puesta en funcionamiento del vivero de Trapiche, en la cual se instalaron 600 hectáreas de plantaciones en forma de pequeños rodales dispersos, usando mayormente *Eucalyotus globulus*, *Pinus radiata*, *Cupressus* spp. y especies nativas (ANA, 1980, págs. 1-3).

2.2.2. Semillas de *Pinus radiata*.

Estos pueden tener de 5 a 7 mm de largo y de 3 a 5 mm de ancho, con un ala estrecha y larga con 8 cotiledones y pueden variar entre 5 y 12. Da frutos a la edad de 10 años, puede contener entre 20,000 y 35,000 semillas por kilogramo, con una capacidad de germinación del 60 al 80%, que puede almacenarse durante 3 a 4 años (Vergara Altamirano, 2004, pág. 14).

2.2.3. Carbón.

El carbón es un mineral de origen orgánico constituido básicamente por carbono, su formación es el resultado de la condensación gradual de la materia de plantas parcialmente descompuestas a lo largo de millones de años. Las plantas al descomponerse forman una capa llamada turba, clasificándose en tres tipos básicos como son:

- Lignito: es la compresión de la turba el cual es el carbón de menos valor calorífico, ya que contienen una concentración de carbón $\geq 30\%$ y mayor cantidad de agua.



- Hulla: se genera de la compresión del lignito, tiene un alto poder calorífico el cual es utilizado en plantas de producción de energía, tiene una concentración de carbono de 75 a 80%.
- Antracita: se genera de la transformación de la Hulla, el cual es el mejor de los carbonos mencionados, menos contaminante y de alto poder calorífico. arde con dificultad, pero genera mucho calor y poca contaminación, el cual tiene una concentración de carbono de hasta el 95%.

Los átomos que se sitúan en la parte exterior de la estructura cristalina contienen fuerzas de atracción libre, lo que genera una atracción con compuestos existentes a su alrededor, los átomos de carbono de estructura cristalina se atraen unos a otros. De acuerdo a esto, un carbón estará más ordenado cuando su proceso de formación se haya llevado a cabo a mayor temperatura y a mayor tiempo (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, págs. 8,9).

2.2.4. Historia del carbón activado.

Menciona que los primeros usos de carbón activado fueron preparados a partir de madera carbonizada, la cual era de uso médico, es así en Tebas (Grecia) se encontró un papiro del año 1550 a. C. en el que menciona el uso del carbón vegetal como adsorbente para determinar prácticas médicas, uno de los primeros usos de carbón activado en el tratamiento de agua se conoce aproximadamente desde 450 años a. C. época en que los barcos fenicios almacenaban agua para beber en barriles de madera parcialmente carbonizada interiormente, con la finalidad de prolongar la calidad del suministro de agua en los viajes transoceánicos, esta práctica fue realizada hasta el siglo XVIII. La primera aplicación documentada tiene lugar en el año 1793, cuando el Dr. D. M. Kehl utiliza el carbón vegetal para disminuir olores emanados por la gangrena (Menéndez, 2012, pág. 62.63).



A través del paso del tiempo se fueron realizando diversas investigaciones con la finalidad de desarrollar carbón activado de otras materias primas, siendo el siglo XIX donde se emplearon diversidad de materiales incluyendo sangre y huesos. (...) reportó la elaboración de carbón activado (CA) a partir de la cáscara de coco, el cual es empleado comercialmente alrededor de todo el mundo para el tratamiento de aguas, siendo el adsorbente por excelencia (Hunter, 1865, págs. 285-290).

2.2.5. Carbón activado.

El carbón activado es un producto con una estructura cristalina reticular similar a la del grafito. Es extremadamente poroso y puede desarrollar superficies extensas como 1,500.00 metros cuadrados por gramo de carbón. Los átomos de carbón pueden atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor no deseados. La diferencia con un carbón activado es la cantidad de átomos en la superficie disponibles para la adsorción. En otras palabras, la activación del carbono es "multiplicar" la superficie, creando una estructura porosa. Por todo ello, elimina impurezas orgánicas que causa olor, color o sabor no deseado (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, pág. 10).

El carbón activado (CA) es una sustancia ampliamente utilizada en la industria porque es un material que tiene excelentes propiedades de adsorción. Este material se caracteriza por una gran área superficial interna, una variedad de grupos funcionales y una buena distribución de poros, propiedades que le permiten capturar una amplia variedad de moléculas (Padrón, Rodríguez, Gómez, García y Gonzales, 2013, págs. 58-65).

2.2.6. Propiedades del carbón activado.

El carbón activado tiene la capacidad de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido en contacto con él. Este fenómeno se llama poder de adsorción. El carbón activado tiene un área superficial



específica (aproximadamente 500 a 1500 m² por gramo) con una cantidad infinita de poros muy finos que retienen (adsorben) ciertos compuestos no deseados. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de producción de carbón activado que activan y generan la porosidad (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 40).

Sin embargo, las propiedades de adsorción del carbón activado están determinadas no solo por su estructura porosa sino también por su naturaleza química. El carbón activado tiene átomos de carbono con valencia insaturada en su estructura y además grupos funcionales (principalmente oxígeno) y constituyentes inorgánicos responsables de las cenizas, todos los cuales tienen una influencia importante en los procesos de adsorción (Rodríguez F. , 2006).

La alta absorbancia se debe a la gran superficie interna, pero también son relevantes la porosidad y el tamaño de los poros. Lo más común es que los poros le dan al material un área grande y una capacidad de retención muy alta. También son muy importantes para filtrar moléculas grandes (Reinoso, 2002, págs. 25-34).

Según la publicación del Grupo TAR, hay dos con características básicas en las que se basan las aplicaciones de carbón activado: Alta capacidad para eliminar sustancias y baja selectividad de retención. La alta capacidad de eliminación de las sustancias se debe a la gran superficie interna que posee, aunque la porosidad y la distribución del tamaño de poro juegan un papel importante. En general, los microporos imparten una gran área de superficie y una alta capacidad de retención, mientras que se requieren mesoporos y macroporos para retener moléculas grandes como colorantes o coloides y promover el acceso y la rápida difusión de moléculas a la superficie interna del sólido (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, pág. 13).



Propiedades físico-químicas del carbón activado.

a. *Contenido de humedad.*

Se conoce como contenido de agua o humedad de un material, a la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso seco o fase sólida. Se expresa como un porcentaje, como se indica en la formula siguiente: (Juarez y Rico, 1973, pág. 55).

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

b. *Porcentaje de cenizas.*

Son el residuo que queda después de calcinar el carbón a altas temperaturas, hasta llegar a peso constante, y se expresan en términos de porcentaje en base seca. La cantidad y composición de las mismas puede influir en la adsorción y en ciertas propiedades del carbón activado (Hovanec, Spotte y Adams, 1998, pág. 25).

$$\%Ceniza = \frac{W_c}{W_s} * 100$$

c. *Porcentaje de material volátil.*

El material volátil es la expresión en porcentaje del peso inicial menos el peso seco constante, entre el peso inicial por 100 (Ekpete y Horsfall, 2011, págs. 11-17).

$$\%Material\ Volatil = \frac{W_s - W_{mnv}}{W_s} * 100$$

d. *Porcentaje de carbón fijo.*

Según el método estándar para la determinación de carbón fijo ASTM D-1762. Se determinó al reducir de 100 la suma de los porcentajes de humedad, materia volátil y cenizas (Ekpete y Horsfall, 2011, págs. 11-17).

$$\% Carbono\ fijo = 100 - \% Humedad - \% Materia\ volátil - \% Ceniza$$

2.2.7. Importancia y uso del carbón activado.

El carbón activado se conoce como adsorbente debido a su alta capacidad de adsorción de sólidos, vapores y gases. Por esta razón, se puede utilizar en tecnologías



actuales o futuras para cumplir con todos los requisitos de las industrias alimentaria, química, petroquímica, azucarera, farmacéutica, tratamiento de agua, etc (Luna, Gonzalez, Gordo y Martín, 2007, págs. 39-48).

El carbón activado es utilizado principalmente para eliminar contaminantes del agua, aire y otros líquidos, los contaminantes presentes que son retenidos por el carbón activado de manera más eficaz son:

- Contaminantes orgánicos: Colorantes y compuestos coloreados, gran cantidad de compuestos aromáticos (derivados bencénicos, fenoles, compuestos aromáticos nitrados, etc.), pesticidas, diversos macro-moléculas orgánicas (sustancias húmicas, etc.)
- Contaminantes inorgánicos: ácido hipocloroso y cloro, amoníaco, cloruro de mercurio (II), cianuros, dicromatos, yodo, permanganatos, etc., como se ve el carbón activado puede eliminar una gran cantidad de contaminantes presentes en los medios mencionados las cuales se pueden aplicar en: Recuperación de disolventes, desodorización del aire, mascarillas de protección, eliminación de cianuro y cromo, tratamiento de agua potable, tratamiento de aguas residuales, más aún en la etapa de limpieza final (Rodriguez J. , 2003).

El carbón activado tiene una amplia gama de aplicaciones tanto en polvo como granular en medio líquido y gaseoso; entre las aplicaciones en medios líquidos puede emplearse para el tratamiento de agua potable ya que elimina olor, color, sustancias químicas y bacterias. El carbón activado es un sólido que posee dos propiedades que lo hacen útil para el tratamiento de agua: Que atrapa todo tipo de contaminantes orgánicos en sus paredes con una efectividad tal que puede dejar un agua prácticamente libre de estos compuestos y que elimina el cloro libre residual que no ha reaccionado después de que dicho compuesto haya realizado una acción desinfectante (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, págs. 41-43).



2.2.8. Tipos carbón activado.

El carbón activado tiene una estructura molecular similar al grafito. Esto representa una distribución de poros bien definida. La distribución del tamaño de poro en el carbón activado depende de tres factores fundamentales: la materia prima, el proceso de activación y la duración del proceso. En términos generales los carbones activados se clasifican en: (Carrillo y Sánchez, 2013, págs. 41,42).

a. Carbón activado granular.

La única diferencia entre un carbón granular y uno pulverizado es el tamaño de la partícula. Presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm. (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 47).

De acuerdo con el CEFIC, carbón activado granular se define como carbón activado, que el porcentaje de tamaño de partículas son mayores de 0.18 mm al igual mayores de 90%. Carbono granular contiene partículas fracturadas con diferentes diámetros (CEFIC, 1986, pág. 14).

b. Carbón activado polvo.

El Carbón Activado pulverizado presenta tamaños menores de 100 um, siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 um. (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 47).

Se definen de acuerdo a CEFIC los carbones activados cuyo contenido de partículas son inferiores a 0.18 mm y mayores que 90%. El carbono activado en polvo se utiliza para fluidos de limpieza industrial (incluyendo tratamiento de aguas residuales) (CEFIC, 1986, pág. 14).

2.2.9. Parámetros que influye sobre las propiedades de adsorción del carbón activado.

Área Superficial: La capacidad de adsorción está ligado proporcionalmente al área superficial el cual está en función del grado de activación del carbón.



pH: Es un factor importante en los procesos de adsorción, el pH de la solución y la fuerza iónica. El pH es un factor que controla los procesos de adsorción de los electrolitos orgánicos, débiles y poli electrolíticos, ya que controla las interacciones electrostáticas entre el adsorbente y el adsorbato. Por lo tanto, el pH de la solución determina la carga superficial del carbón y la disociación o protonación del electrolito (Alami, 2010, págs. 238,239).

Aguirre, N. En su investigación realizada menciona que el pH indicado es que tenga una tendencia acida de 4.97 a 5.6, los carbonos activados presentan una alta efectividad en la adsorción en soluciones líquidas (Aguirre, 2017, pág. 12).

Así mismo, un pH de 5.90, posee una alta eficiencia en la remoción de colorantes como el azul de metileno, removiendo hasta 100% a concentraciones iniciales de hasta 80 mg/l. y más del 90% a concentraciones de 120 mg/l., con una dosis de adsorbente de 0.5 g/L-1; asimismo se determinó que el pH al cual el carbón activado aumenta la eficiencia de adsorción es 7.5, lo cual es un buen indicativo para su aplicación en agua potable (Segura, 2017, pág. 1).

Tiempo de Contacto: Para alcanzar el equilibrio en la adsorción y maximizar su eficiencia, se requiere de suficiente tiempo de contacto (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 43).

Tamaño de partículas: El tamaño de partícula no tiene influencia sobre el área superficial total. El área superficial se define por el grado de activación y la estructura de los poros del carbón (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 43).

Concentración del Adsorbato: La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato (altas concentraciones proveen grandes fuerzas de empuje durante el proceso de adsorción) (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 43).



Densidad Aparente: Es utilizada para indicar la actividad de un volumen de carbón. Esta es significativamente más baja que la densidad teórica del sólido (La actividad volumétrica es proporcional a la densidad aparente) (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 43).

2.2.10. Proceso de activación.

La activación del material carbonizado consiste en el desarrollo de la estructura porosa producida previamente mediante la adición de agentes oxidantes. La activación se puede hacer de manera física o química. El carbón activado puede estar hecho de cualquier tipo de material carbonoso o de cualquier carbón mineral sin grafito. Sin embargo, cada materia prima le da al producto diferentes propiedades y cualidades. Existen dos tecnologías básicas para el proceso de activación: activación química y activación física (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, págs. 26-31).

a. Activación química.

El proceso de activación química se caracteriza porque la carbonización y la activación se efectúan en un solo paso por descomposición térmica de la materia prima impregnada de productos químicos, las sustancias más usadas son: ácido fosfórico (H_3PO_4), Cloruro de cinc ($ZnCl_2$), ácido sulfúrico (H_2SO_4). La activación química tiene lugar exclusivo para carbones de materias primas vegetales (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, pág. 49).

La activación química se basa en la deshidratación de la materia prima por medio de sustancias químicas a una temperatura promedio de 400 a 600 °C. Los agentes químicos normalmente utilizados son ácido fosfórico, cloruro de zinc y ácido sulfúrico, generalmente se usa un material lignocelulósico como la madera. El carbón resultante se lava varias veces para eliminar los residuos del agente químico utilizado en la impregnación (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 52).

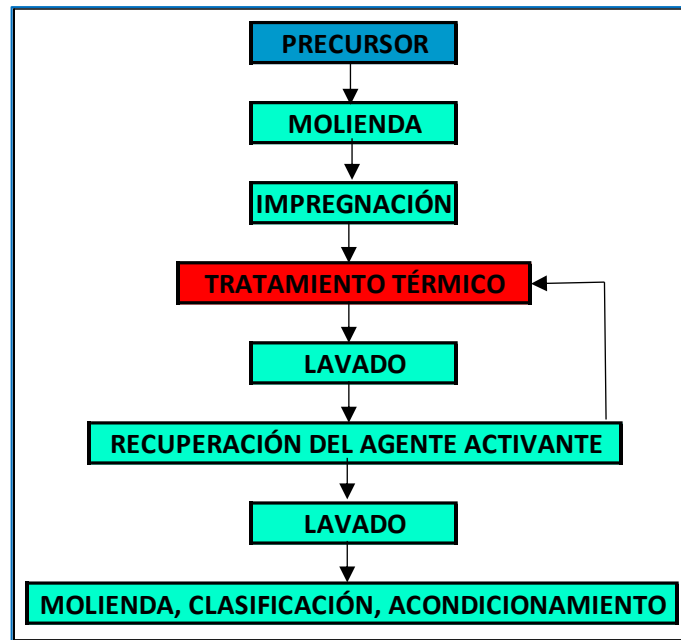


Figura 1. Proceso de activación química.
Fuente: Escuela Universitaria Politécnica, 2019

b. Activación física.

La activación física consiste en la oxidación de la materia prima a altas temperaturas en presencia de un agente oxidante, generalmente vapor de agua, ya que la reacción es endotérmica es necesario producir una temperatura constante, normalmente y dependiendo de la materia prima de la que se origina a 800°C, los agentes de activación que se usan comúnmente son: oxígeno (raramente usado a escala industrial), aire, vapor de agua (más comúnmente usado) y CO₂ (Carrillo y Sánchez, 2013, pág. 51).

El material es expuesto a altas temperaturas, la activación se produce por la reacción del agente activador (un agente oxidante como aire, vapor de agua, CO₂, entre otros), con el carbono del material que está siendo activado, lo que genera mayor cantidad de poros como resultado de la gasificación del material. En el proceso de carbonatación, la mayoría de los elementos unidos al carbono, como el oxígeno y el hidrógeno, son los primeros en eliminarse gaseosamente durante el pirólisis del material utilizado (Reyes, Cerino y Suares, 2006, págs. 59-64).

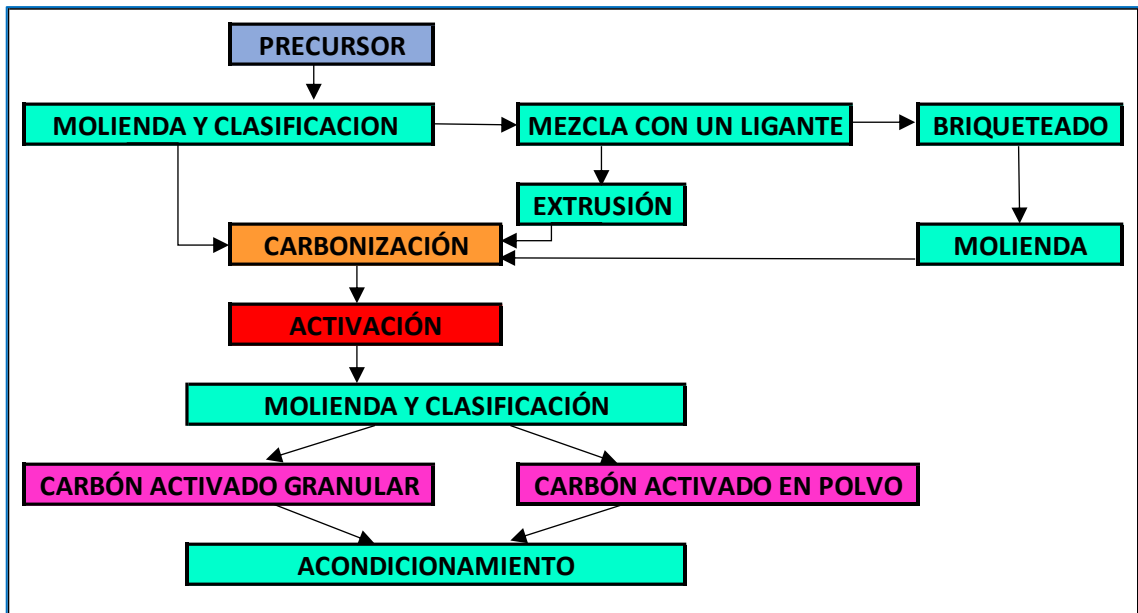


Figura 2. Proceso de activación física
Fuente: Escuela Universitaria Politécnica, 2019

2.2.11. El agua.

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades, cubre más del 70 % de la superficie del planeta; encontrándose en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es fuente y sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo. Teniendo propiedades únicas que la hacen vital para la vida siendo un material flexible, es un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos (Fernández, 2012, págs. 148-149).

Siendo los océanos casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández, 2012, págs. 148-149).

- *Ciclo hidrológico del agua.*

El agua es un recurso renovable pero finito. Se calcula que al año se evaporan aproximadamente 505.000 km³.de agua de los océanos. la mayor parte se precipita

nuevamente sobre los mismos océanos, perdiéndose los recursos de agua dulce. La precipitación anual sobre tierra firme se estima en 120.000 km³. Ese movimiento masivo del agua, esencialmente causado por la energía del sol se conoce como ciclo hidrológico. Este ciclo comprende la precipitación, infiltración, escorrentía, la evapotranspiración y la condensación (Fernández, 2012, págs. 148-149).

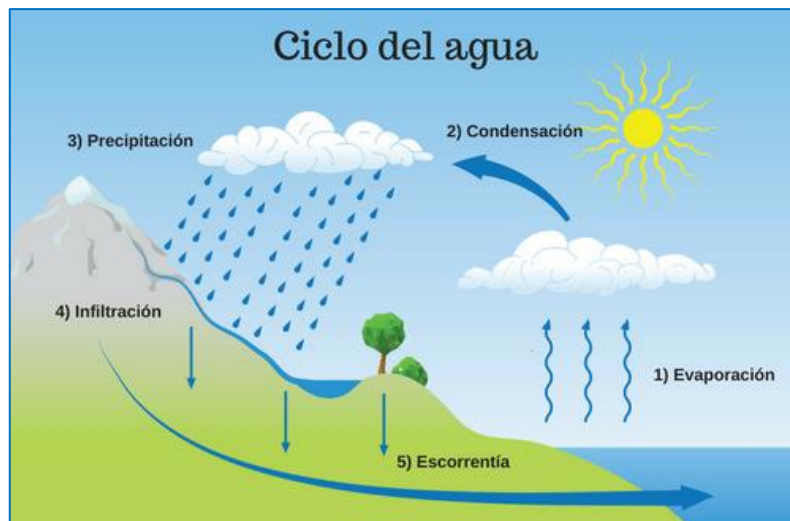


Figura 3. Ciclo hidrológico del agua
Fuente: Quimicaviva, 2019

- **Calidad del agua.**

La determinación de la calidad del agua se basa en la comparación de los parámetros físicos y químicos determinados en el agua con los estándares de calidad del agua según su uso: hogar, industria, agricultura, ocio, etc. Debe garantizarse la buena calidad del agua para cada tipo de uso. Para evitar el riesgo o el deterioro con los procesos asociados con su uso (Arriaza, y otros, 2015, págs. 21-29).

El agua no debe contener microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Este es un requisito esencial. Las propiedades del agua deben garantizar que no cause ningún daño a la red de distribución, ni a la industria, ni al sector privado, y eso se puede lograr; esto sin tener que hacer que el agua tenga un tratamiento excepcionalmente costoso, cada país tiene estándares propios de acuerdo a la calidad del agua cruda que normalmente recibe y la relación costo-beneficio que puede producir en

su región y la presencia de ciertos iones (como hierro, sulfatos, carbonatos) en el agua (Arboleda, 2000).

Debe garantizarse que la calidad del agua para uso humano esté libre de patógenos, con ciertas concentraciones de contaminantes químicos, incluidos los desechos biológicos. Riesgos para la salud en la propagación de enfermedades debido al agua contaminada (Peláez, Guzmán, Rodríguez, Acero y Nava, 2016, págs. 169-178).

2.2.12. clasificación de aguas.

a. Aguas loticas.

Llamada también aguas de loto, que se pueden dividir de varias maneras, que en conclusión son corrientes continuas de agua que fluye hacia otra corriente de agua o hacia el mar (Cervantes, y otros, 2007). Esta definición reúne una amplia gama de sistemas muy diversos, desde pequeñas corrientes temporales hasta ríos grandes y en condiciones muy diferentes de clima, geología, topografía, vegetación e impacto humano. Factores que determinan, entre otras cosas, la fisonomía de los canales, el régimen hidrológico (permanente / temporal), la naturaleza e intensidad de las perturbaciones (inundaciones, sequías, alcantarillado, represas, etc.) y la calidad del agua (grado de mineralización) (Gómez, 2010, págs. 18-25).

b. aguas lenticas.

➤ **Lagunas de origen tectónico.**

Estas lagunas generalmente se formaron en depresiones causadas por los procesos de hundimiento y levantamiento del suelo. También hay algunos ejemplos a nivel de la Amazonia, de lagunas y lagos que fueron marcados por el hundimiento de la tierra, como las cataratas del Laguna Imiria en la región de Ucayali y Lago Rimachi en la región de Loreto (Maco, 2006, págs. 1-2).



➤ ***Lagunas de origen fluvial.***

Son causados por la migración lateral de los cursos de agua. Durante este proceso, un meandro del río desde el canal principal puede aislarse. De esta manera, se crea otro tipo de cuerpo de agua llamado tipishca, y la parte de la tierra rodeada por este nuevo cuerpo de agua cae en la categoría de islas. A medida que se desarrollan los procesos de sedimentación, los barriles de punta se cierran en uno de sus extremos para convertirse en una laguna típica con forma de media luna o herradura localmente llamada "cocha". Según su ubicación y la influencia del río principal, pueden clasificarse en lagunas de Várzea y en lagunas de Blackwater (Maco, 2006, págs. 1-2).

2.2.13. Contaminación de aguas.

La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y el derrame de líquidos en un sistema de agua (río, mar, cuenca, etc.), que afecta la calidad del agua. Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan un curso de agua, si se exceden causan o pueden causar daños a la salud y el medio ambiente. El cumplimiento es legalmente exigible por la autoridad competente respectiva (MINAM, 2016, pág. 16).

La contaminación del agua ocurre a través de un vertedero, de un elemento o compuesto orgánico o inorgánico; que disuelto, dispersado o suspendido logra alcanzar una concentración que excede su tolerancia para un uso particular. Esta agua, al ser debidamente tratada, se puede utilizar para el consumo humano, recreación, conservación de flora y fauna, uso industrial y agrícola, etc. Las fuentes de los contaminantes pueden ser domésticos, industriales o agrícolas, y a veces de origen natural. También se debe considerar que los arroyos, lagos, bahías y otras aguas tienen capacidad de dilución y auto limpieza de contaminantes; sin embargo, por aumento del crecimiento de la población, la actividad industrial y agricultura, las cargas contaminantes que se introducen en las



fuentes son cada vez mayores y exceden estas capacidades, con la consecuencia de un empeoramiento gradual de este recurso cada vez más necesario para la actividad humana e industrial (Orosco, 2005, pág. 25).

Los efectos de la degradación del agua son muy diferentes y dependen del elemento contaminante, pero entre los más visibles se tienen: la disminución y/o desaparición de vida acuática, aumento de enfermedades transmitidas por el agua (tales como: cólera, parasitosis, diarrea, hepatitis, tifus) ó la aparición de nuevas enfermedades, el deterioro de la calidad de un curso de agua para actividades de ocio (natación, buceo, windsurf, pesca, vela, etc.) alteran el equilibrio ecológico (produciendo también la desaparición de especies que sirvieron como alimento para otros), generando altos costos para el tratamiento del agua (Owen, 2019).

2.2.14. Aguas residuales.

Según la OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente), Son aguas cuyas características originales han sido cambiadas por actividades humanas y que por su calidad se requiere un tratamiento previo, antes de ser reusadas, son aquellas vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado, las cuales se clasifican en:

- *Aguas residuales industriales:* Son las que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de las actividades minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- *Aguas residuales domesticas:* Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
- *Aguas residuales municipales:* Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen



industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (OEFA, 2014, pág. 15).

2.2.15. Tratamiento no convencional de aguas.

Existen varios procesos convencionales para tratar el agua potable, que incluyen: tamizado, aireación, coagulación, descamación, sedimentación, filtración, desinfección, etc. Que se seleccionan a través de un estudio técnico que toma en cuenta la calidad del agua de la fuente y los procesos de tratamiento más apropiados y económicos para el diseño de estos sistemas, dependiendo claramente de la calidad del agua cruda disponible (Rojas, 2015).

a. Coagulación.

Este proceso afecta la clarificación del agua y la eliminación de partículas suspendidas en el agua, reduciendo la turbidez. Es un proceso que incluye la floculación mediante el cual las partículas se aglomeran y se forman los llamados flóculos (Ramírez y Jaramillo, 2015, págs. 136-153).

Alternativamente, los países en desarrollo han adaptado una serie de tecnologías tradicionales para eliminar el agotamiento del agua doméstica. Para este propósito, se utilizaron coagulantes naturales, de los cuales se obtiene los microorganismos: Son biodegradables e inofensivos para la salud humana; producen menos lodo que el uso de coagulantes metálicos (aproximadamente 20-30% menos); son solubles en agua y actúan como coagulantes y desinfectantes sintéticos porque logran aglomerar partículas suspendidas contenidas en el agua cruda. Algunos coagulantes también tienen propiedades antimicrobianas que contribuyen a la reducción de microorganismos que pueden causar enfermedades en la salud humana, los coagulantes y floculantes naturales, principalmente polisacáridos, se consideran ecológicos debido a su biodegradabilidad en



comparación con los agentes orgánicos e inorgánicos (Sciban, y Prodanovic, 2012, como se menciona en Ramírez y Jaramillo, 2015).

b. Sedimentación.

La sedimentación es el proceso por el cual las partículas sólidas en suspensión descienden por acción de gravedad. En algunos casos se llama aclaración o engrosamiento (Arboleda, 2000).

c. Filtración.

La producción de agua clara y cristalina es un requisito previo para un suministro de agua seguro, requiere filtración. Aunque aproximadamente el 90% de la turbidez y el color se eliminan por coagulación y sedimentación, una cierta cantidad de flóculo pasa a través del tanque de sedimentación y se requiere su eliminación. Por lo tanto, para lograr la clarificación final, se usa filtración a través de medios porosos, que generalmente son arena o arena y antracita (Rojas, 2015).

La filtración es un proceso en el que el agua pasa a través de materiales porosos (como arena, grava o tela) para eliminar sólidos en suspensión o agentes patógenos. Este es el segundo paso en el tratamiento del agua en el hogar después de la sedimentación y antes de la desinfección (CAWST, 2009).

Los procesos de filtración pueden llevarse a cabo con sistemas de bajo costo, como: arena lenta, carbón activado, filtros de hueso calcinado, etc (Rojas, 2015). Los cuales se utilizan principalmente en comunidades rurales de bajos recursos económicos.

d. Desinfección.

Es importante señalar que los procesos de purificación involucran varias etapas físicas y químicas, siendo la desinfección el último paso donde el objetivo es oxidar la materia orgánica restante y destruir los microorganismos presentes (Juárez, Poma y Rajal, 2015, págs. 71-79).



Las tecnologías más utilizadas para mejorar la calidad microbiológica del agua para uso humano incluyen: ebullición del agua, desinfección solar, radiación ultravioleta, cloración y sistemas combinados (filtración de coagulación y desinfección). Con respecto a la implementación de tecnologías como la cloración, la radiación UV sigue siendo un desafío para el tratamiento de agua con alta turbidez. Por lo tanto, estos sistemas deben complementarse, entre otros, con pretratamientos basados en sedimentación o filtración de partículas, filtros de membrana, filtros de tela, filtros de granulado, filtros de cerámica y filtros de arena (OMS, 2006).

La desinfección con cloro (cloración) es una de las más utilizadas en el mundo, pero su dosificación requiere mucho cuidado ya que en el agua tratada los compuestos organoclorados conocidos como trihalometanos (cloroformo, bromoformo, etc.) pueden formar una relación lineal entre las fracciones orgánicas existentes y el cloro (Panyapinyopol, Marhaba, Kanokkantapong y Pavasant, 2005, págs. 229-236).

2.2.16. Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones.

La visión mundial del agua para el 2025 que fue dada a conocer en el segundo foro mundial del agua de la Haya, nos indica que «Todo ser humano debe tener acceso seguro al agua para satisfacer sus necesidades de consumo, saneamiento y producción de alimentos y de energía, a un costo razonable. El abastecimiento del agua para la satisfacción de estas necesidades básicas debe realizarse en armonía con la naturaleza», el agua es indispensable para los seres vivos por lo que es indispensable poner a disposición de los consumidores un abastecimiento satisfactorio, haciendo todo lo posible para brindar la mejor tecnología para obtener una mejor calidad de agua (Leal, 2003, págs. 63-72).

Dentro de las tecnologías convencionales de tratamiento de agua, se tiene la filtración convencional, entre los cuales se puede encontrar: filtros de arena, filtros de

tierras diatomáceas, filtros empacados, filtros de carbón activado. también se tiene los tratamientos por desinfección entre las cuales se tiene: cloro, cloramina, ozono y luz ultravioleta. y tratamiento por filtración por membranas entre las cuales se tiene: micro filtración, ultra filtración, nanofiltración y osmosis inversa. En el cuadro de Leal Ascencio se tiene un resumen de todo lo mencionado (Leal, 2003, págs. 63-72).

Tabla 1:

Tecnología convencional de tratamiento de aguas y sus limitaciones

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitaciones
Filtración Convencional	filtros de arena	sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica	sencillo	costo bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno	remoción del 80 - 90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	filtros de tierras diatómicas	remoción de turbiedad y bacterias	sencillo	costo bajo de inversión y de manejo	útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica
	filtros de carbón activado	remoción de materia orgánica y bacterias	sencillo	costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento	generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato
Desinfección	claro	desinfección	sencillo con medidas adicionales de seguridad	costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	generación de subproductos
	cloramina	desinfección	sencillo con medidas adicionales de seguridad	costo medio de inversión y de mantenimiento	poder desinfectante limitado
	ozono	desinfección	operación sencilla	costo elevado de operación	escaso poder residual
	luz ultravioleta	desinfección	operación y mantenimiento sencillo	costo medio de inversión y de operación	no previene recrecimiento, no genera poder residual
Filtros de Membrana	microfiltración	remisión de sólidos disueltos algunas especies bacterianas	operación sencilla	costo moderado de inversión y de operación	desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	ultrafiltración	remueve virus, bacterias y materia orgánica	manejo sencillo, posible automatización	costo elevado de inversión y operación	desperdicio de agua, descomposición de la membrana

“... continuación”.

nanofiltración	remueve virus, bacterias y materia orgánica	manejo sencillo, posible automatización	costo muy elevado de inversión y operación	desperdicio de agua, descomposición de la membrana desperdicio de agua,
osmosis inversa	remueve virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica		costo muy elevado de inversión y operación	descomposición de la membrana, requiere manejo de salmuera

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

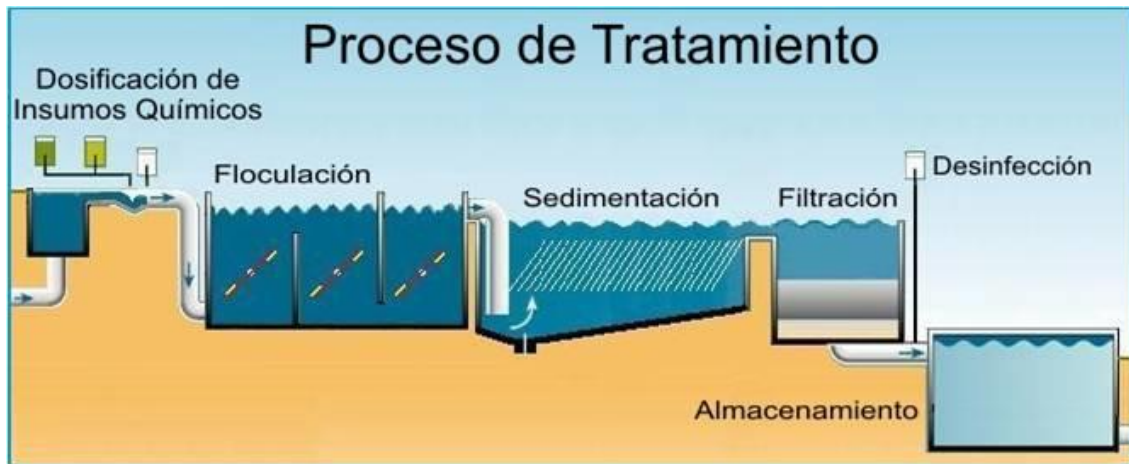


Figura 4: Tratamiento convencional del agua
Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

2.2.17. Laguna de estabilización el espinar de la ciudad de Puno.

Las lagunas de estabilización son implementadas en el año 1972 cuando la ciudad de Puno tenía 30,000 habitantes, y están ubicadas entre la Isla Espinar y el Barrio de Chanu-Chanu frente al cuartel Manco Cápac a una altura de 3810 m.s.n.m., al inicio de puesta en marcha en el año 1972, las lagunas trataban entre el 40% al 45% de las aguas servidas de la ciudad de Puno.

Los afluentes residuales provenientes de la ciudad de Puno son llevados a través de la red de alcantarillado a un sistema de tratamiento conformado por lagunas de estabilización, dispuestos en serie (primaria y secundaria) el sistema es denominado: lagunas de estabilización “El Espinar”. La laguna de estabilización primaria tiene un área de 13.4 Has, con una profundidad promedio de 2 m dando un volumen útil de 204,600

m³, el periodo de retención promedio es de 18.08 días, para una temperatura de 12.5 a 15.0°C. y la laguna de estabilización secundaria tiene un área de 7.90 Has., con una profundidad promedio de 2 m y un volumen útil de 118,350 m³ el periodo de retención es de 12.40 días, para una temperatura de 12.5 a 15° C (EMSA PUNO S.A., 2011).

La laguna de estabilización está conformada por un sistema de pretratamiento, la primera para la degradación biológica de la materia orgánica y la segunda para la remoción de patógenos. El sistema tenía hasta diciembre del 2010 una capacidad normal de operación de Q=145 l/s. y una cobertura del 64.5% de la población según el INEI (2011) era aproximadamente de 134578 habitantes (Chirino, Santa y Vilca, 2014).

Tabla 2:

Cálculo de caudal según población para el 2012

	Datos para 2012	und
Población	134758	hab
Dotación de agua fría en clima frío	180	L/hab*día
Q de descarga según población	224.60	L/s
Q de diseño de la laguna	19405.15	m ³ /día
Q de diseño de la laguna	145	L/s
Cobertura de la laguna	64.56%	

FUENTE: Rev. Investiga. ALTOANDIN

Tabla 3:

Condiciones de operación de la laguna primaria para el 2012

DESCRIPCIÓN	UND	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q_{promedio}	m ³ /s	0.271	0.251	0.225	0.232	0.291	0.305	0.303	0.302	0.313
Q_{promedio}	m ³ /día	26404	21672	19400	20028	25167	26317	26171	26133	27108

FUENTE: Rev. Investiga. ALTOANDIN

Tabla 4:**Cálculo de caudal según población para el 2019**

	Datos para 2019	und
Población	142691	hab
Dotación de agua fría en clima frío	180	L/hab*día
Q de descarga según población	237.82	L/s
	20547.50	m ³ /día
Q de diseño de la laguna	145	L/s
Cobertura de la laguna	60.97%	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo, se observa que la laguna tiene una cobertura del 60.97% lo que implica la contaminación que genera los efluentes a la bahía del lago

Tabla 5.**Condiciones de operación de la laguna primaria para el 2019**

DESCRIPCIÓN	UND	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q promedio	m3/s	0.3056	0.2823	0.2513	0.2599	0.3281	0.3439	0.3417	0.3406	0.353
Q promedio	m3/día	26403	24388	21710	22458	28352	29716	29521	29424	30495

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.18. Tratamiento de aguas con carbón activado.

El carbón activado es un sólido poroso que tiene dos propiedades que lo hacen útil para el tratamiento del agua: Captura todo tipo de contaminantes orgánicos en sus paredes con eficacia que puede dejar el agua prácticamente libre de estos compuestos, destruye el cloro libre residual que no reaccionó durante el proceso de desinfección (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, pág. 41). Que es muy importante para prevenir la formación de trihalometanos en el agua para uso humano.

El carbón activado tiene una amplia gama de aplicaciones, tanto en forma de polvo como en forma granular en medios líquidos y gaseosos. Entre las aplicaciones de medios líquidos, puede usarse para tratar el agua potable eliminando olores, colores, productos



químicos y bacterias (...). Los productos químicos incluyen compuestos de hidrocarburos clorados reducidos, nitrobenenos, aldehídos y alcanos (Lluíz, 2008).

En vista de estas importantes propiedades para la purificación del agua, casi todos los países industrializados utilizan carbón activado para el tratamiento del agua potable (Escuela Universitaria Politécnica, 2019, pág. 42).

2.2.19. Potencial de Hidrógeno pH

El potencial de hidrógeno pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, y calcula la cantidad de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala de 0 a 14, en la escala 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH inferiores a 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH superiores a 7 indican que es básica.

Cuando una sustancia es neutra, el número de átomos de hidrógeno y oxidrilo es el mismo. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos de oxidrilo (OH^-), la sustancia es ácida (DIGESA, 2003).

2.2.20. Turbidez.

La turbidez del agua es causada por materiales suspendidos como arcillas, limo o materiales orgánicos e inorgánicos finamente divididos en compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, depósitos de erosión y microorganismos. El tamaño de estas partículas varía entre 0.1 y 1000 nm (nanómetros) de diámetro.

La turbidez indica la calidad del agua y la eficiencia de filtración para determinar si hay organismos causantes de enfermedades. La materia que flota en el agua absorbe la luz y hace que el agua se vea turbia (DIGESA, 2003).

2.2.21. Oxígeno disuelto.

La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y a la minoría de su producción en la fotosíntesis, principalmente de algas. Sin embargo, el oxígeno producido durante el día se consume parcialmente en la noche



cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo. Después de la muerte de las algas, la degradación de esta biomasa también consume oxígeno (DIGESA, 2003).

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Los organismos acuáticos requieren oxígeno para sobrevivir y crecer. Algunas especies requieren mayores cantidades de oxígeno disuelto (OD) como la trucha y la mosca de piedra. Mientras que otras especies requieren menor cantidad de oxígeno disuelto (OD) como el bagre, los gusanos y las libélulas. La disminución de oxígeno disuelto en el agua puede causar la muerte de adultos y jóvenes entre los seres acuáticos, reducción en el crecimiento, huevecillos y larvas (California State Water Resources Control Board, 2020).

Por otra parte, La actividad biológica es provocado por los microorganismos en condiciones aeróbicas, en consecuencia, la materia orgánica pierde sus propiedades contaminantes, la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio se denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (Raffo Lecca y Ruiz Lizama, 2014).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es usada como una medida de cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable, que se encuentran en las muestras de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia (Ramalho, 2003).

Por lo que, para nuestro estudio se tomó el estudio del Oxígeno Disuelto (OD), por la importancia que tiene la cantidad requerida de oxígeno para la flora y fauna acuática, a la vez. Raffo y Ruiz (2014) indica “que hay una relación de OD con DBO, con la siguiente ecuación” (p.23).

$$DBO_{Final} = \frac{OD_{Inicio} - OD_{Final}}{P}$$

Donde:

P = volumen de desperdicio de la muestra antes y después.



OD_{Inicio} = concentración de oxígeno disuelto al principio

OD_{Final} = Concentración de oxígeno disuelto al cado del tiempo de la muestra

2.2.22. Según normatividad ECA.

a. Turbidez.

Según los ECA para el agua en la categoría 1: población y uso recreacional subcategoría A de aguas superficiales destinadas a la producción de aguas potable A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, haciendo mención que son aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para el consumo humano con valores de turbiedad de 5 UNT (Unidades nefelométricas de turbidez) (ver Anexo E) (MINAM, 2017).

También la OMS (Organización Mundial de la Salud), en todos los casos donde se desinfecte el agua, la turbiedad debe ser baja, en concentraciones de 5 UNT (Unidades Nefelométricas), considera aceptables para los consumidores. (OMS, 2006)

En lo que refiere el análisis de propuesta nacional en todos los casos donde se desinfecte el agua, la turbiedad debe ser baja, en concentraciones de 5 UNT (DIGESA, 2005).

b. Oxígeno disuelto

En el contenido de oxígeno disuelto del agua según los ECA para el agua en oxígeno disuelto, $OD \geq 6$ mg/L (valor mínimo) (ver Anexo E), para el agua en la categoría 1: población y uso recreacional subcategoría A de aguas superficiales destinadas a la producción de aguas potable A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección” (MINAM, 2017).

La OMS (Organización Mundial de la Salud). El agotamiento del oxígeno disuelto en los sistemas de abastecimiento de agua puede estimular la reducción por microorganismos del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, por lo que no se recomienda ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS, 2006).



La propuesta nacional considera agua de mala calidad de 0 – 4 mg/l. y es aceptable entre los valores 4.1 – 7.9 mg/l. y de buena calidad de 8 – 12 mg/l., más de 12 mg/l. (DIGESA, 2005).

c. *Potencial de Hidrógeno (pH)*

En cuanto al (pH) potencial de hidrogeno según los ECA para el agua, los rangos oscilan entre pH 6,5 – 8,5 (ver Anexo E) en la categoría 1: población y uso recreacional subcategoría A de aguas superficiales destinadas a la producción de aguas potable A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección” (MINAM, 2017).

También la OMS (organización mundial de la salud) manifiesta que el pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8 (OMS, 2006).

También según recomendaciones en los niveles recomendado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) los valores recomendados son de 6.5 a 8.5 unidades de pH (DIGESA, 2005).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Con el fin de materializar el trabajo de investigación, las que comprenden pruebas de campo y laboratorio se emplearon los siguientes materiales:

- Semillas de pino (*Pinus radiata*): Estos pueden tener de 5 a 7 mm de largo y de 3 a 5 mm de ancho, con un ala estrecha y larga con 8 cotiledones y pueden variar entre 5 y 12.
- Ácido fosfórico (H_3PO_4) al 80% para la activación de las semillas de pino: es un compuesto químico ácido de fórmula H_3PO_4 , en su forma pura, este ácido es un sólido cristalino de color blanco, higroscópico y delicuescente, se emplea como ingrediente de bebidas, pegamento de prótesis dentales, catalizador para reacciones químicas y en fosfatos que se utilizan como ablandadores de agua.
- Agua destilada para reducir la acides del carbón activado: El agua destilada es el agua (H_2O) que ha sido sometida a procedimientos de destilación para retirarle los contaminantes disueltos y llevarla a un estado de máxima pureza, se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Sin embargo, ha sido limpiada de las sales minerales que usualmente la acompañan, como fluoruros y otros electrolitos.
- Agua muestreada del lago de la bahía de la ciudad de Puno: aguas de la bahía de Puno, recolectadas en recipientes de plástico para su posterior tratamiento.

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Diseño de Investigación.

La metodología para el presente estudio de investigación, fue de tipo **experimental**, ya que involucra dos variables, el agua a tratar sujeto del experimento, que es la variable dependiente, y el carbón activado que es la variable constante, representado



por la variable independiente, teniendo una relación del antes y después de los parámetros: potencial de hidrógeno (pH), turbidez y oxígeno disuelto. Prevalciendo la relación de causa y efecto, modificando la variable dependiente con la manipulación de la variable independiente; además, contempla un proceso experimental en laboratorio para distintas dosificaciones.

3.2.2. Tipo de Investigación.

La investigación es de tipo experimental aplicativo, teniendo una relación de variables de un antes y después.

3.2.3. Nivel de Investigación.

La investigación es de nivel descriptivo explicativo, porque se describe datos de estudio, a la vez generando una relación de causa-efecto.

3.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La bahía interior de la ciudad de Puno es una pequeña sección de la bahía o golfo de la provincia de Puno, que a su vez forma parte del lago Titicaca. Está ubicada frente a la ciudad de Puno, en el departamento del mismo nombre, al sureste del Perú. Se extiende entre los promontorios de Chulluni al norte, y Chimu al sur. Tiene una superficie aproximada de 16 km², con un volumen aproximado de agua de 43,000.00 m³. En la bahía interior de la ciudad de Puno se encuentran las islas de Esteves y Espinar, siendo el área de estudio desde las islas Esteves hasta la isla Espinar alrededor de toda la bahía, que son unidades morfológicas rocosas y firmes. La bahía interior de Puno es poco profunda, siendo su profundidad media de 2,7 m, y la máxima de 8 m; sin embargo, la mayor parte de la bahía se encuentra a menos de 2 metros de profundidad, la cual es somera y de poco flujo; estas características, combinadas con las altas entradas de contaminación provenientes de los desagües de la ciudad de Puno.

Región : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Puno

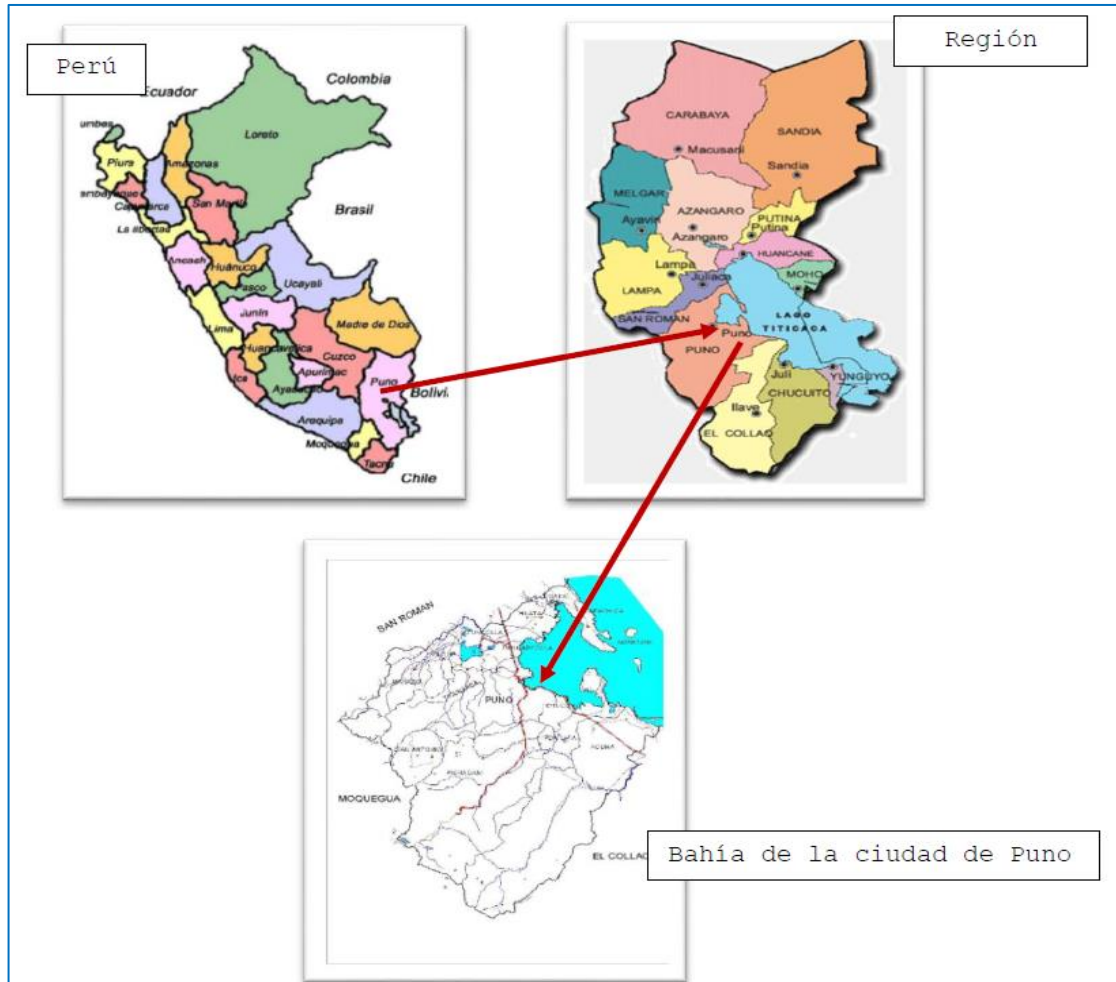


Figura 5: Localización del proyecto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.4. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto de tesis se desarrolló, durante los meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre del 2019.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.5.1. Población.

Para el estudio realizado se tomó en consideración los efluentes que generan contaminación a la bahía del lago Titicaca de la ciudad de Puno, siendo estos: los



efluentes de la isla Esteves, la Universidad Nacional del Altiplano, el embarcadero de Puno y laguna de estabilización de Espinar, las cuales comprenden una longitud de 9.28 km., considerando que en estudios previos tomados para la presente investigación, se observa notorios cambios de las propiedades del agua de la bahía del lago, por la contaminación generada por estas aguas residuales.

3.5.2. Muestra.

El tipo de muestreo es de carácter probabilístico, realizando un muestreo conglomerado, por la presencia de descargas de aguas residuales en los puntos de muestreo.

El proceso de monitoreo y muestreo para nuestra investigación, se desarrolla en 8 puntos, siendo un total de 96 unidades sujetos de análisis, en una primera etapa se realizaron 24 unidades insitu, y una segunda etapa de 72 unidades en laboratorio.

Tabla 6:

Puntos de muestreo de la bahía de la ciudad de Puno

TOMA DE MUESTRAS	COORDENADAS	
<u>Punto de Muestreo</u>	<u>UTM Este X</u>	<u>UTM Este Y</u>
1. Isla Esteves	8250001	0393301
2. UNA – PUNO	8249698	0391474
3. Embarcadero – Muelle	8249000	0391366
4. Efluente de la laguna de oxidación	8247226	0393224
5. Isla Esteves a 200m	8249916	0393151
6. UNA – PUNO a 200m	8249613	0391572
7. Embarcadero – Muelle a 200m	8248971	0391501
8. Efluente de la laguna de oxidación a 200m	8247358	0393377
Longitud de la bahía	9.28 km.	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

En relación a la toma de muestra, se tomó en consideración el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, para cuerpos lenticos, que refiere que se consideraran por



lo menos 4 puntos de control, en las diferentes direcciones al rededor y a una distancia de 200 m.

La medición y muestreo se realizó tomando en consideración la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, por lo cual las muestras fueron tomadas en la superficie. Dicha resolución también menciona en caso de puntos con más de 5 m. de profundidad, se tomará muestras adicionalmente a 50cm. por debajo del sustrato.

Una vez extraída las muestras, estas fueron llevados al laboratorio, para determinar la influencia del carbón activado a dosificaciones de 25, 50 y 100 mg. en 100 ml. de agua, siendo un total de 72 unidades.

Para el tratamiento de las aguas se realizan 3 unidades en: pH, oxígeno disuelto y turbidez a concentraciones de carbón activado de 25, 50 y 100mg. en cada punto de muestro como se indica:

- 1er punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 2do punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 3er punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 4to punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 5to punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 6to punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 7mo punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.
- 8vo punto, 3 parámetros * 3 concentraciones = 9 unid.

Haciendo en total de 72 unidades con aplicación de carbón activado.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Materiales, equipos e insumos.

Materiales.

- Comba de 4lb.



- Vasos precipitados: 100 ml.
- Matraces Erlenmeyer: 500 ml.
- Probeta: 10 ml.
- Pipetas: 50 ml.
- Crisoles.
- Espátula.
- Piseta.
- Mortero de porcelana.
- Papel filtro Whatman N° 41.
- Espátula de acero inoxidable de 150mm.
- Pinza con punta curva de acero
- Embudos de vidrio

Equipos.

- Balanza analítica.
- Juego de tamices.
- Estufa eléctrica.
- Mufla eléctrica de fundición.
- pH-metro.
- Turbidímetro.
- Oxímetro.
- Multiparámetro.
- Espectrofotómetro.
- GPS.
- Bote de ½ tonelada 5 hp.



Insumos.

- Semillas de pino (Pinus)
- Ácido fosfórico (H₃PO₄)
- Agua destilada.
- Cloruro de manganeso
- Azul de metileno

3.6.2. Tratamiento de la materia prima.

3.6.2.1. *Materia prima.*

La materia prima (semillas de pino), se obtuvo del bosque de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, las que fueron recolectadas en bolsas de polietileno, para conservar su contenido de humedad y almacenadas en el laboratorio de “calidad de agua” de la escuela profesional de Ingeniería Química.

- *Desgranado y triturado de las semillas de pino.*

Se procedió a la extracción de los gránulos de las semillas, para luego triturarlos reduciendo los tamaños con una comba de acero de 4lb; seguidamente se procedió a la homogenización de partículas con la ayuda de un molino manual, tamizando las partículas para obtener un material deseado homogéneo de tamaños mayores a 4mm. (malla #5) y menores de 2mm. (malla #10), mallas ASTM E11, obteniendo una muestra representativa de 200g.

- *Eliminación de la humedad.*

En primer lugar, se registró el peso del contenedor limpio y seco, seguidamente se colocó la muestra en el contenedor, determinando el peso del contenedor y la muestra húmeda; se dejó secar la muestra húmeda de semillas de pino en el horno a 110°C, por un periodo de 24 horas, luego de haber sido secado el material se procedió al pesado para

que de esta manera se obtenga el peso seco. El método seguido se basa en la norma estándar ASTM D-2216.

- *Activación química de las semillas de pino.*

La activación química se realizó con la impregnación de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85%, en las semillas de pino (material impregnado), este se realizó en una proporción de 2 a 1 de ácido fosfórico y semillas de pino respectivamente, tratado a temperatura ambiente por un periodo de 5 horas, luego se deja escurrir el ácido fosfórico excedente con una malla metálica para la retención de las partículas, para poder llevarla a la mufla, donde se le extrajo todo lo excedente del agente químico a una temperatura de $105^{\circ}C$, por un periodo de 3 días.

- *Carbonización de las semillas de pino.*

Una vez seca la muestra activada, se procede a la carbonización a una temperatura de $400^{\circ}C$ por un periodo de 1 hora, carbonizándolos en pequeñas cantidades, en crisoles con muestras no mayores de 10 gramos, lo que permitió una carbonización adecuada y la obtención del carbón activado de semillas de pino.

3.6.2.2. *pH óptimo en la adsorción del carbón activado.*

- Para la determinación del pH óptimo del carbón activado de semillas de pino, en la adsorción, se utilizó el método del colorímetro con azul de metileno.
- En primer lugar, se tomó 3 pequeñas muestras de 10 gramos, las que se lavaron con agua destilada hasta obtener pHs de 4, 5 y 6.
- Estas muestras fueron secadas a $110^{\circ}C$ por un periodo de 24 horas
- Se trituraron con la ayuda de un mortero, luego se tamizaron en las mallas #100 y #200, obteniendo las pasantes en la malla #100 y retenidas en la malla #200.



- El procedimiento consistió en determinar la adsorción del carbón activado en el azul de metileno, para esto se prepararon 3 muestras de 100ml. en concentraciones de 0.005, 0.01 y 0.02g de azul de metileno.
- Posterior a este proceso, en el espectrofotómetro se midieron las absorbancias de estas 3 diluciones a 453 nanómetros de onda, las lecturas obtenidas son 0.171, 0.431, 0.796 A. en las concentraciones de 0.005, 0.01 y 0.02g respectivamente.
- En estas muestras ya preparadas se agregaron dosis de 0.1g. de carbón activado para determinar la absorbancia, a 3 pHs de 4, 5 y 6, también se utilizó carbón activado industrial como referente.
- En estas muestras ya preparadas se agregaron dosis de 0.1g. de carbón activado industrial en las diluciones de 100ml., las cuales se agitaron por un periodo de 5 min. para obtener una mejor adsorción, las que fueron filtradas con papel filtro (Watman #41), inmediatamente se procedió a lecturar las absorbancias en el espectrofotómetro.
- Para el carbón activado de semillas de pino con pHs de 4, 5 y 6 se realizó el mismo procedimiento al que fue sometido el carbón activado industrial.

3.6.2.3. Lavado con agua destilada.

El lavado se realizó con agua destilada, ya que las partículas carbonizadas se encontraban acidificadas a un pH = 2.1 aproximadamente, con la ayuda de un pH-metro de mano se logró alcanzar un pH = 5, ya que este genera una mejor adsorbancia en el ensayo de azul de metileno, finalmente la muestra se secó en el horno a 110°C por un periodo de 24 horas, obteniendo el carbón activado de semillas de pino.

3.6.2.4. Triturado y tamizado del carbón activado.

Las partículas de carbón activado se trituraron, en pequeñas muestras con la ayuda de un mortero, quedando un material no homogéneo, para lo cual se hizo un tamizaje en las mallas #100 y #200 obteniendo las pasantes en la mala #100 y las retenidas en la malla

#200, mallas ASTM E11, finalmente se utilizó esta muestra, para determinar la Influencia del carbón activado en las aguas de la bahía de la ciudad de Puno.

3.6.2.5. *Propiedades físico-químicas del carbón activado.*

- *Contenido de humedad.*

Se pesaron 3 muestras de semillas de pino, de 10 g. aproximadamente, en taras previamente rotuladas, posterior a esto se procedió a introducir las muestras en el horno para obtener la masa seca, hasta obtener una masa constante, logrando este objetivo en un tiempo de 120 horas, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo.

Tabla 7:

Masa de la muestra para el contenido de humedad

Muestra en gramos	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Masa de la muestra + tara	61.49 g	62.46 g	64.54 g
Masa de la tara	51.37 g	52.12 g	54.53 g
Masa de la muestra húmeda	10.12 g	10.34 g	10.01 g
Promedio de masa húmeda	10.16 g		

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo. Masa promedio es de 10.16

Tabla 8:

Masa constante seca para el contenido de humedad

Muestra	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tiempo	Temperatura
Masa seca 1	59.87 g	60.87 g	63.17 g	a 24 horas	105°C
Masa seca 2	59.89 g	60.87 g	63.21 g	a 72 horas	105°C
Masa seca 3	59.64 g	60.69 g	62.96 g	a 96 horas	105°C
Masa seca 4	59.63 g	60.68 g	62.94 g	a 120 horas	105°C
Masa Cte.	59.63 g	60.68 g	62.94 g	a 120 horas	105°C

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

- *Determinación del contenido de humedad.*

Para la obtención del contenido de humedad en porcentaje, se hizo la división del contenido de agua entre la masa seca de la muestra por cien, obteniendo su contenido de humedad.

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Tabla 9:**Determinación del contenido de humedad.**

Muestra en gramos	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Masa húmeda + tara	61.49 g	62.46 g	64.54 g
Masa de la tara	51.37 g	52.12 g	54.53 g
Masa de seca + tara	59.63 g	60.68 g	62.94 g
Contenido de humedad	22.52 %	20.79 %	19.02 %
Promedio		20.78 %	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo. Contenido de humedad promedio es de 20.78 %

- *Determinación del contenido de materia volátil.*

Para esto se procede a restar la masa seca menos la masa no volátil, dividiéndola entre la masa seca, multiplicada por cien; se realizó este proceso para tres muestras representativas, obteniendo un promedio en porcentaje del material volátil.

$$\%Volatil = \frac{W_s - W_{mnv}}{W_s} * 100$$

Tabla 10:**Determinación de material volátil**

Muestra en gramos	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Masa seca + tara	59.63 g	60.68 g	62.94 g
Masa de la tara	51.37 g	52.12 g	54.53 g
Masa de no volátil + tara	59.33 g	60.35 g	62.64 g
Contenido de materia volátil	3.63 %	3.84 %	3.54 %
Promedio		3.67 %	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo. Promedio de materia volátil 3.77 %

- *Determinación del contenido de materia de ceniza.*

Se tienen tres masas las cuales se introducen por un periodo de 6 horas en la mufla de 550 a 600 °C, al término de las 5 horas se retira el material pesando nuevamente, el resultado se expresa en porcentaje calculando la masa de ceniza entre la masa seca por cien, generando un promedio de las 3 masas, para la obtención de material de ceniza.

$$\%Material\ Ceniza = \frac{W_c}{W_s} * 100$$

Tabla 11:
Determinación de porcentaje de ceniza

Muestra en gramos	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Masa seca + tara	59.33 g	60.35 g	62.64 g
Masa de la tara	51.37 g	52.12 g	54.53 g
Masa de ceniza + tara	58.49 g	59.26 g	61.76 g
Contenido de materia cenizas	10.55 %	13.24 %	10.85 %
Promedio		11.55 %	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo. Porcentaje de ceniza promedio 11.55%

- *Carbón fijo.*

El valor calculado de carbón fijo se obtiene de sustraer al cien por ciento la suma de porcentajes de humedad, cenizas y materia volátil. Expresada por la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Carbon fijo} = 100\% - \% \text{ Humedad} - \% \text{ Materia volátil} - \% \text{ Ceniza}$$

Tabla 12:
Determinación del carbón fijo

Muestra en gramos	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Carbón fijo	63.31 %	62.10 %	66.59 %
Promedio		64.00 %	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo. Carbón fijo promedio 64.00 %

3.6.3. Toma de muestra de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno.

- *Ubicación de los puntos de muestreo.*

Para la ubicación de los puntos, se tomó en consideración la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Ubicando las fuentes contaminantes, vertimientos (domésticos e industriales), botaderos de residuos sólidos, terminales de navegación, etc. Por lo que se optó por la toma de 8 muestras, 4 en la rivera de la bahía y 4 a 200m.

- *Puntos de muestreo.*

Los puntos de muestreo fueron los siguientes:

- A la altura del acceso a la isla Esteves.



- A la altura de la Universidad Nacional del Altiplano.
- A la altura del muelle.
- Y a la altura de la laguna de oxidación ubicado en Espinar.
- *Equipos utilizados para el monitoreo.*

Con la ayuda de equipos de medición como, multiparámetro (alquilado a la escuela profesional de ingeniería geológica) y GPS, se realizó el monitoreo de los 8 puntos, en pH, turbidez, oxígeno disuelto, obteniéndose en total 24 mediciones. El equipo utilizado contaba con 14 parámetros de lectura.

- *Monitoreo y toma de muestra.*

Con la ayuda de un bote se inició el monitoreo y toma de muestras, iniciando por el extremo ubicado en la isla Esteves, conformados por: el operador del bote, operador del equipo multiparámetro, 2 ayudantes y 02 tesistas.

Inicialmente para cada punto de monitoreo se referenciaron los puntos con la ayuda del GPS, registrando los parámetros insitu, introduciendo el electrodo a una profundidad de 50cm. por debajo del nivel del espejo de agua.

Cumpliendo con las especificaciones de toma de muestras del protocolo de monitoreo de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el recipiente estuvo libre de impurezas. Para la toma muestra se enjuaga previamente con el agua del punto, seguidamente se introduce el recipiente a una profundidad de 50cm., por debajo del nivel del espejo de agua, cerrando el recipiente herméticamente a esta profundidad sin que haya vacíos o aire atrapado; finalmente se rotula la muestra en cada punto de muestreo, repitiendo este procedimiento en los siguientes puntos.

Las muestras extraídas fueron almacenadas en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería química, para su tratamiento con el carbón activado de semillas de pino.



3.6.4. Influencia del carbón activado en las muestras.

a. *Potencial de Hidrogeno (pH).*

- *Dosificación del carbón activado.*

Para nuestro estudio se pesaron 3 masas de 25, 50, 100 mg. de carbón activado de semillas de pino, para cada uno de los 8 puntos de muestreo, en papel aluminio para conservar sus propiedades iniciales intactas, para su posterior aplicación en cada muestra, siendo en total 24 masas.

- *Muestras de agua.*

En el presente proceso con la ayuda de una probeta, se realizan 3 mediciones de 100ml, estos son almacenados en recipientes de la misma capacidad, para cada uno de los 8 puntos, obteniendo finalmente 24.

- *Aplicación del carbón activado.*

Una vez obtenido los 24 recipientes con 100ml. de agua muestreada, se realiza la aplicación del carbón activado de semillas de pino, sellándolas para realizar las agitaciones por un periodo de 5 min.; una vez ya agitadas se procede al filtrado de la muestra sobre membranas de papel filtro (watman #41) acondicionadas en embudos, filtradas en recipientes libres de contaminantes.

- *Medición de las muestras tratadas.*

Con la ayuda de un pH-metro estacionario, se realizaron las mediciones de las muestras tratadas, en el laboratorio de calidad de aguas de la escuela profesional de ingeniería química de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, estos resultados presentaron notables mejoras en este parámetro.



b. Turbidez.

- *Dosificación del carbón activado.*

En el presente proceso se pesaron 3 dosificaciones de 25, 50, 100 mg. de carbón activado de semillas de pino para cada uno de los 8 puntos de muestreo, en papel aluminio para conservar sus propiedades iniciales intactas, aplicadas en cada muestra, siendo en total 24 masas.

- *Muestras de agua.*

En el siguiente proceso con la ayuda de una probeta se realizan 3 mediciones de 100ml. de volumen, las cuales son almacenadas en recipientes de la misma capacidad, en cada uno de los 8 puntos, obteniendo finalmente 24 muestras representativas de agua.

- *Aplicación del carbón activado.*

Una vez obtenidos los 24 recipientes con 100ml. de agua muestreada, se realiza la aplicación del carbón activado de semillas de pino, sellándolas para realizar agitaciones por un periodo de 5 min.; se procede al filtrado de la muestra sobre membranas de papel filtro (Whatman #41) acondicionadas en embudos, filtradas en recipientes libres de contaminantes.

- *Medición de las muestras tratadas.*

Una vez ya agitadas las 24 muestras, con la ayuda de un turbidímetro se realizaron las mediciones de las muestras tratadas en el laboratorio de calidad de agua de la escuela profesional de ingeniería química.

c. Oxígeno disuelto (OD).

Se tomó en consideración al oxígeno disuelto priorizando este en relación al DBO, ya que con fines prácticos se contaba con este parámetro para su análisis tanto en campo y laboratorio, además, encontrando una estrecha relación entre estos dos parámetros, ya que la disposición de los organismos acuáticos requiere oxígeno para sobrevivir y crecer.



Así mismo se tiene una estrecha relación del oxígeno disuelto con el DBO, como se ve en la siguiente formula.

$$DBO_{Final} = \frac{OD_{Inicio} - OD_{Final}}{P}$$

Donde:

P = volumen de desperdicio de la muestra antes y después.

OD_{Inicio} = concentración de oxígeno disuelto al principio

OD_{Final} = Concentración de oxígeno disuelto al cado del tiempo de la muestra

- *Dosificación del carbón activado.*

En este proceso para la determinación del oxígeno disuelto se pesaron 3 masas de 75, 150, 300 mg. de carbón activado de semillas de pino, para cada uno de los 8 puntos de muestreo, en papel aluminio para conservar sus propiedades iniciales intactas, para su posterior aplicación para cada muestra, siendo en total 24 masas, el incremento de la masa fue debido al volumen de recipiente (300 ml.) ya que el procedimiento se realizó por titulación, puesto que los equipos (oxímetros) presentaron errores de medición.

- *Muestras de agua.*

Para el método por titulación se utilizó 300 ml de muestra de agua a ser tratada, ya que el recipiente para el ensayo por titulación lo requería, estos volúmenes fueron medidos con la ayuda de una probeta de pírex, teniendo 3 mediciones de 300 ml., los cuales fueron depositados en sus respectivos recipientes de la misma capacidad, para cada uno de los 8 puntos, obteniendo finalmente 24 unidades tratadas.

- *Aplicación del carbón activado.*

Una vez obtenido los 24 recipientes con 300ml. de agua muestreada, se realiza la aplicación del carbón activado de semillas de pino, cerrándolas con tapas para realizar agitaciones por un periodo de 5 min.; una vez ya agitadas se procede al filtrado de la muestra sobre membranas de papel filtro (watman #41) acondicionadas en embudos, filtradas en recipientes libres de contaminantes.



- *Medición de las muestras tratadas.*

Para la medición del oxígeno disuelto se realizaron ensayos por titulación por el personal encargado, en el laboratorio de calidad de agua de la escuela profesional de ingeniería química, estos resultados presentaron notables mejoras en este parámetro, los cuáles se presentan en el siguiente capítulo.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En el presente capítulo se plasmarán los principales resultados de la investigación, donde se observará la mejora generada por la aplicación de carbono activado de semillas de pino en las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno, los que agrupamos según los objetivos que desea alcanzar la investigación.

4.1.1. Obtención del pH óptimo del carbón activado con azul de metileno mediante la adsorción.

Para determinar el pH óptimo en la adsorción se utilizó el método del colorímetro con azul de metileno, para pHs de 4, 5 y 6 de carbón activado de semillas de pino, posterior a eso se realizó el mismo procedimiento con el método del colorímetro para el carbón industrial para determinar su eficiencia y grado de adsorción, y hacer una variable de comparación con respecto a nuestro carbón activado óptimo como se observa en la tabla.

Tabla 13:

Absorbancia del azul de metileno con carbón activado

Azul de Metileno		C.A.I.	C.A. de Semillas de pino a 0.1g		
Dosis g/l	Inicial	Industrial	pH 4	pH 5	pH 6
0.005	0.171	0.029	0.059	0.049	0.067
0.01	0.431	0.032	0.125	0.114	0.164
0.02	0.796	0.049	0.422	0.333	0.428
Grado de adsorción		92.13%	56.65%	64.52%	52.86%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

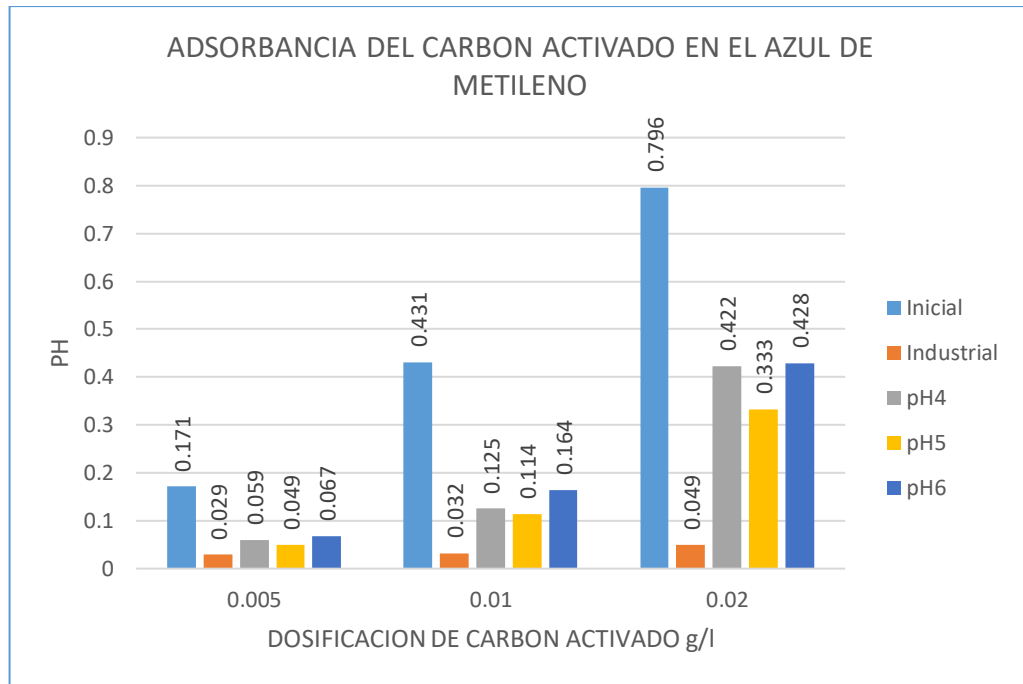


Figura 6: Adsorbancia del carbón activado
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

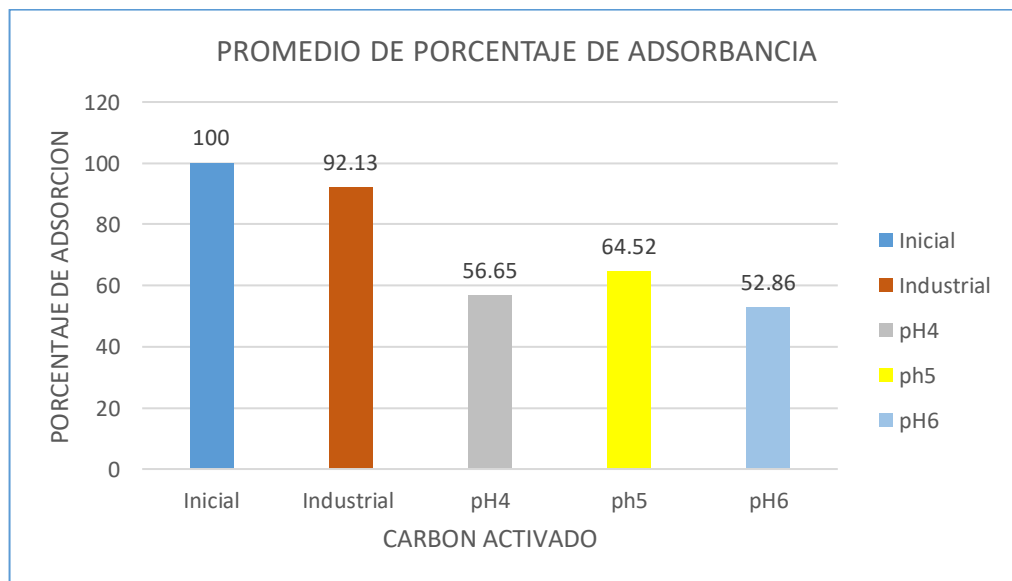


Figura 7: Grado de adsorción óptima
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la tabla y figura se observa que a un pH=5 presenta una mejor absorción, siendo el indicado para la elaboración de nuestro carbón activado de semillas de pino, teniendo el grado de adsorción de nuestro carbón con pH=5, el más óptimo y cuya eficiencia de 64.52%. En comparación al carbón activado industrial, se tiene una eficiencia de 70.03%.

4.1.2. Valores obtenidos del multiparámetro en el monitoreo.

Durante el proceso de monitoreo, de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno, se obtuvieron lecturas de los diferentes puntos, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 14:
Informe de monitoreo, lecturas de multiparámetro.

Puntos de muestro	Localización	pH	Turbidez (FNU)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
1	Isla Estévez	9.35	15.7	6.65
2	UNA - PUNO	9.76	15.9	9.67
3	Embarcadero - Muelle	9.68	12.6	7.69
4	Efluente de la laguna de estabilización	9.23	40.4	5.07
5	Isla Estevez a 200m	9.51	13.9	6.2
6	UNA – PUNO a 200m	9.49	14	8.24
7	Embarcadero – Muelle a 200m	9.68	16.5	9.14
8	Efluente de la laguna de estabilización a 200m	9.45	11.6	9.5

FUENTE: Mega laboratorio Geoquímica Ambiental-Suelos y Aguas.

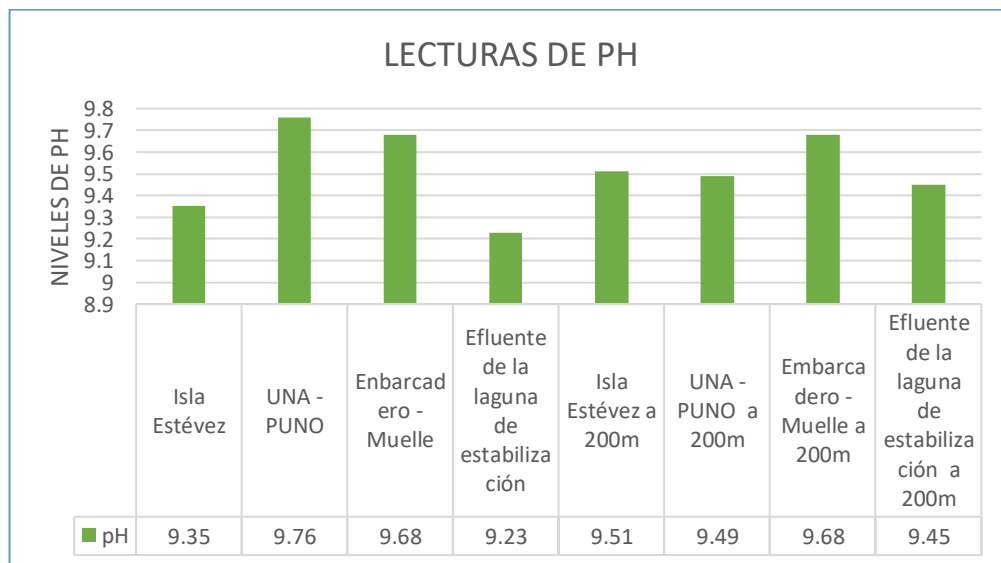


Figura 8: Lectura de pH con multiparámetro en los puntos de muestreo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- De la tabla y figura, se logra observar los valores de pH, presentes en los 8 puntos de monitoreo, teniendo la mayor concentración en términos de alcalinidad en el punto 2 (UNA-PUNO) de pH=9.76 y el punto 4 (Efluente de la laguna de estabilización) de menor alcalinidad de pH=9.23. En los 8 puntos de monitoreo, se logra observar niveles

muy altos de alcalinidad, no encontrándose dentro de los rangos de los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA).

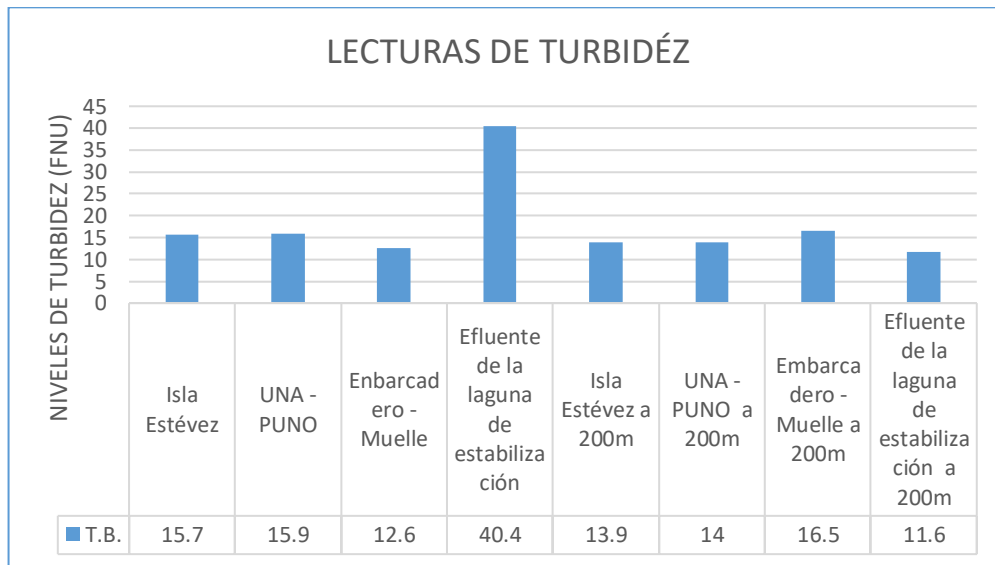


Figura 9: Lectura de turbidez con multiparámetro en los puntos de muestreo
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- Además, en la figura se logra divisar los valores de turbidez, presentes en los 8 puntos de monitoreo, teniendo la mayor concentración en el punto 4 (Efluente de la laguna de estabilización) de 40.4 NTU y el punto 8 (Efluente a 200m. de la laguna de estabilización) de menor turbidez de 11.6 NTU. En los 8 puntos de monitoreo, se logra divisar niveles altos de turbidez, no encontrándose dentro de los rangos de los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA).

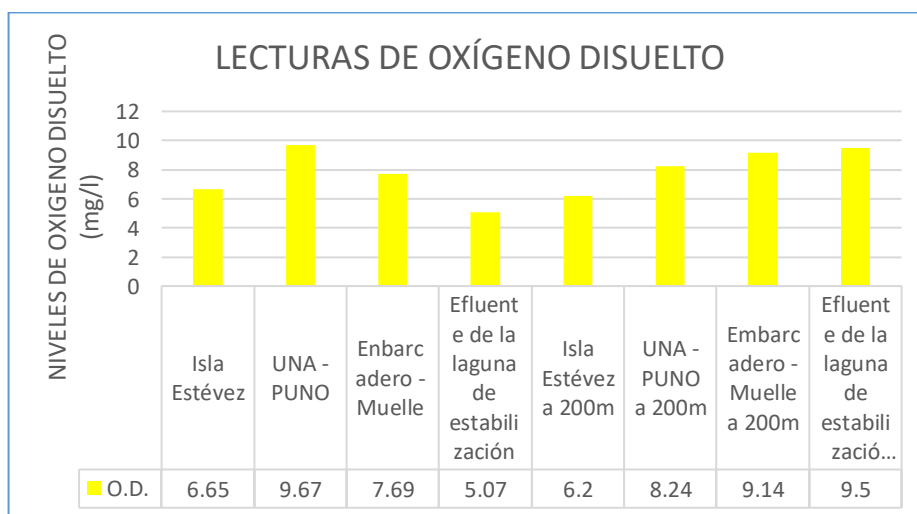


Figura 10: Lectura de oxígeno disuelto con multiparámetro en los puntos de muestreo
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- También, se muestra en la figura, en términos de concentraciones de oxígeno disuelto, en el monitoreo se observa en el punto 4 (Efluente de la laguna de estabilización), la menor concentración de 5.7mg/l y el punto 2 (UNA-PUNO) de mayor concentración de oxígeno disuelto de 9.67mg/l. En los 8 puntos de monitoreo, se logra divisar niveles bajos de oxígeno disuelto.

4.1.3. Influencia del carbón activado en las muestras respecto al pH.

Para este proceso se aplicaron dosis de carbón activado de 25, 50, 100 mg. en 100 ml de aguas muestreadas de la bahía de la ciudad de Puno, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 15:

Lecturas del pH (potencial de hidrogeno) de agua tratada

Punto	Localización	pH			
		Antes	25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	9.35	8.25	7.97	7.38
2	UNA - PUNO	9.76	8.21	8.23	7.41
3	Embarcadero - Muelle	9.68	8.75	8.18	7.44
4	Efluente de la laguna de oxidación	9.23	8.17	7.86	7.4
5	Isla Estevez a 200m	9.51	8.44	7.85	7.36
6	UNA – PUNO a 200m	9.49	8.54	7.94	7.31
7	Embarcadero – Muelle a 200m	9.68	8.7	7.98	7.32
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	9.45	8.39	8.14	7.38
Promedio		9.52	8.43	8.02	7.38

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, se tiene que a una dosificación de 100 mg. de CA es la que se tiene una mejor eficiencia.

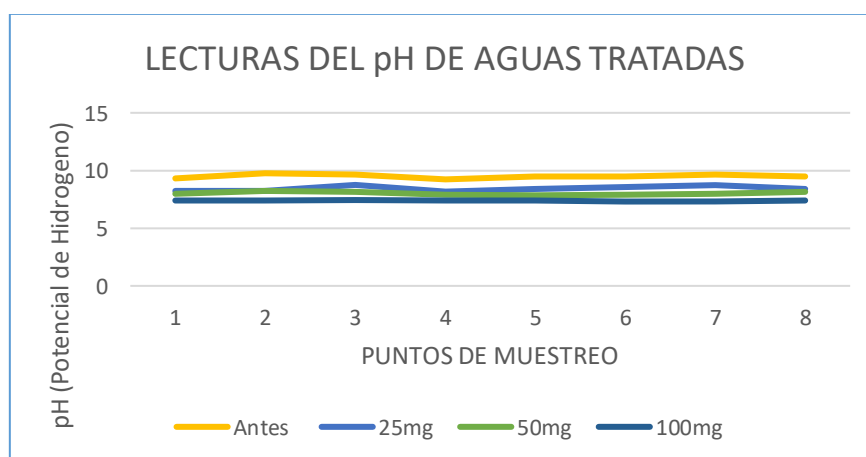


Figura 11: Lectura de pH de aguas tratados con carbón activado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

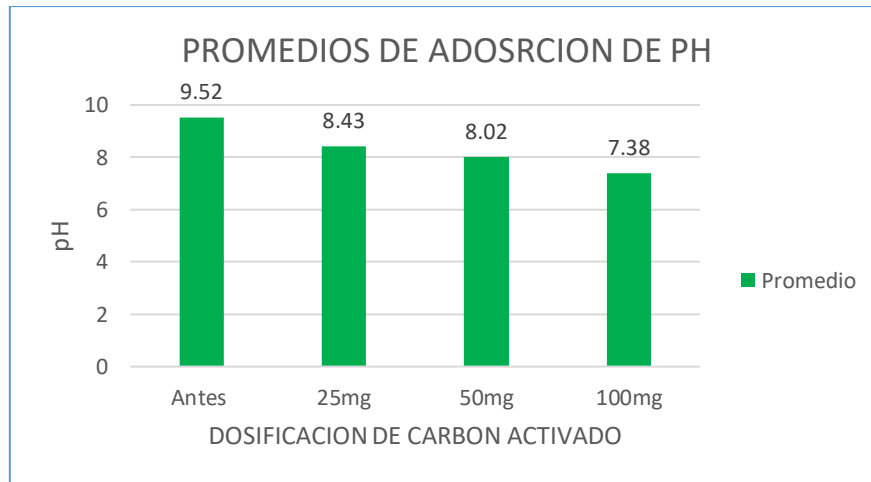


Figura 12: Promedios de adsorción de pH

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De la tabla y figuras se aprecia que para dosificaciones de 25mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado de semillas de pino, en los puntos: tres de pH=8.75 (Embarcadero), seis de pH=8.54 (embarcadero a 200m aguas adentro) y siete de pH=8.7 (UNA – PUNO a 200m aguas adentro); donde se observa que no cumplen con los niveles exigidos por los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA), para la categoría 1 poblacional en la sub categoría A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, valores de oscilan entre 6.5 a 8.5.; pero estas aguas si pueden ser utilizadas para la sub categoría B, “aguas superficiales destinadas a la recreación” (6,0 a 9,0); también para la categoría 2, extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales en subcategoría, C4 extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas 6,0 a 9,0. En relación a los demás puntos estos presentan un valor máximo y mínimo de 8.44 y 8.17 las cuales se encuentran acorde a los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental Para el Agua (ECA), en la categoría 1 poblacional en la sub categoría A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, valores comprendidos de 6.5 – 8.5.

Para las dosificaciones de 50mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado, se observa un valor máximo y mínimo de 8.23 a 7.85 de pH, estos valores se encuentran

dentro de los parámetros exigidos por los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA), para la categoría 1 poblacional en la sub categoría A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, valores que oscilan entre 6.5 a 8.5 de pH.

En las dosificaciones de 100mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado de semillas de pino, se puede apreciar valores máximos y mínimos de 7.44 a 7.31 de pH cumpliendo en su totalidad con las exigencias de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental para el Agua), para la categoría 1 poblacional en la sub categoría A1 “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, valores de oscilan entre 6.5 a 8.5.

La aplicación del carbón activado a 100 mg. fue el más óptimo como se aprecia en la tabla 15, teniendo una variación promedio del antes y después de 9.52 a 7.38. En relación a los estándares de calidad ambiental del agua (ECA), los resultados fueron óptimos.

4.1.4. Influencia del carbón activado en las muestras respecto a la turbidez.

Además, en este proceso también se aplicaron dosis de carbón activado de 25, 50, 100mg. en 100ml de aguas muestreadas de la bahía de la ciudad de Puno, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 16:
Lecturas de la turbidez de agua tratada

Punto	Localización	Turbidez (UNT)			
		Antes	25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	15.70	4.40	5.61	5.54
2	UNA - PUNO	15.90	4.60	4.78	4.68
3	Embarcadero - Muelle	12.60	4.16	4.56	4.70
4	Efluente de la laguna de oxidación	40.40	8.69	12.4	11.38
5	Isla Estevez a 200m	13.90	4.27	4.68	4.71
6	UNA – PUNO a 200m	14.00	4.31	4.70	4.82
7	Embarcadero – Muelle a 200m	16.50	5.22	5.55	5.87
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	11.60	3.91	4.00	3.95
Promedio		17.58	4.95	5.79	5.71

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo, a una dosificación de 25 mg. de CA tiene una mejor eficiencia.

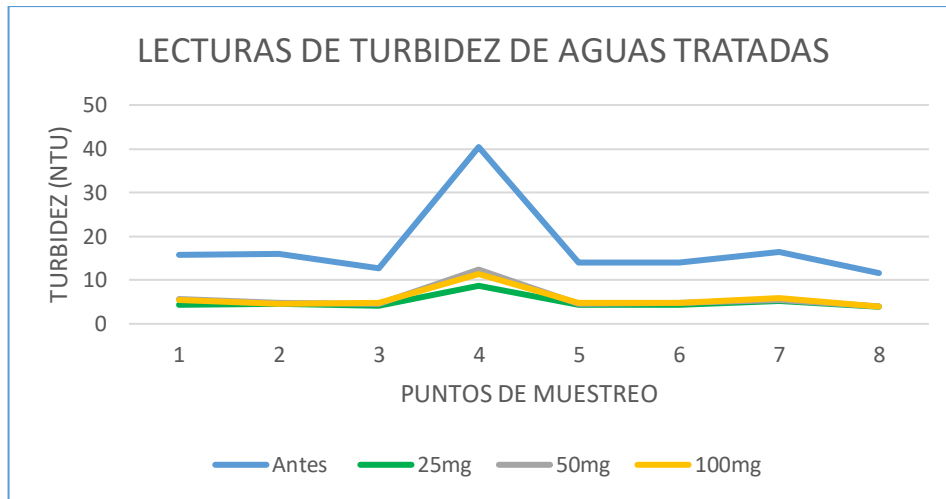


Figura 13: Lectura de turbidez de aguas tratados con carbón activado
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

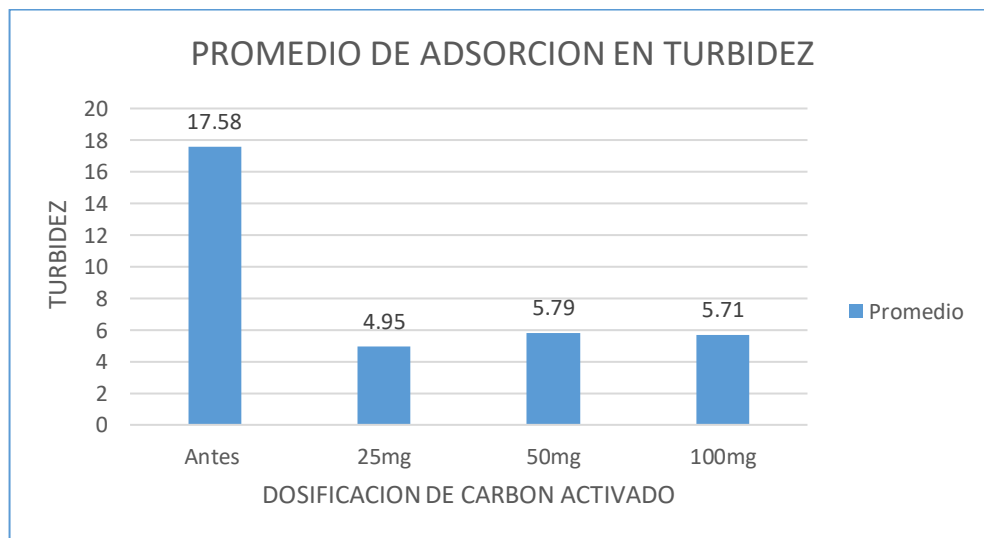


Figura 14: Promedios de adsorción de turbidez
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Según las normas legales, los estándares de calidad ambiental para agua (ECA), en la categoría 1, subcategoría A (Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable), A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) comprende un valor máximo permisible de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con el tratamiento convencional) siendo un valor máximo permisible de 100 UNT (unidades nefelométricas turbidez) y para la subcategoría B (Aguas superficiales destinadas para recreación), B1 (contacto primario) el máximo valor



permisible de 100 UNT (unidades nefelométricas turbidez), estas referencias indican que el grado de transparencia del agua no deben superar dichos valores en cada subcategoría.

De la tabla y figura se puede apreciar que para dosificaciones de 25mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado, se aprecia que en los puntos: cuatro (Efluente de la laguna de estabilización) de 8.69 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) y siete (UNA – PUNO a 200 m.) de 5.22 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), superan los valores permisibles en la subcategoría A1 de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), en relación a los otros puntos los valores máximo y mínimo de 4.6 a 3.91, cumplen con los valores permisibles en las subcategorías A1 a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), A2 y B1.

Para las dosificaciones de 50mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado de semillas de pino, en los puntos, uno (Isla Estebes) de 5.61 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), cuatro (Efluente de la laguna de oxidación) de 12.4 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), siete (UNA – PUNO a 200 m.) de 5.55 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), superan los valores permisible de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) según las normas ECA (estándares de calidad ambiental para el agua) en la subcategoría A1, en relación a los otros puntos los valores máximo y mínimo de 4.78 a 4, cumplen con los valores permisibles en las subcategorías A1 a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), A2 y B1.

En las dosificaciones de 100mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado de semillas de pino, se aprecia en los puntos uno (Isla Estebes) de 5.54 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), cuatro (Efluente de la laguna de oxidación) de 11.38 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), siete (UNA – PUNO a 200 m.) de 5.87 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), las cuales superan los valores permisible de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) según las normas ECA (estándares de calidad

ambiental para el agua) en la subcategoría A1, en relación a los otros puntos los valores máximo y mínimo de 4.82 a 3.95, cumplen con los valores permisibles en las subcategorías A1 a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), A2 y B1.

Con respecto a la turbidez el mejor comportamiento de adición de carbón activado se dio a 25 mg. teniendo una variación promedio del antes y después de 17.58 a 4.95 Unidades Nefelométricas (UNT), lo cual indica el buen desempeño del carbón activado en las aguas de la bahía interior de Puno, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA), ya que este acepta rangos máximos de 5 Unidades Nefelométricas (UNT), cumpliendo de esta manera con los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA), aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

4.1.5. Influencia del carbón activado en las muestras respecto al oxígeno disuelto.

También, en el siguiente proceso aplicaron dosis de carbón activado de 25, 50, 100mg. en 100ml de aguas muestreadas de la bahía de la ciudad de Puno, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 17:
lecturas del oxígeno disuelto de agua tratada optimo

Punto	Localización	Oxígeno Disuelto (mg/l.)			
		Antes	25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	6.65	21.07	21.87	23.47
2	UNA - PUNO	9.67	26.13	27.01	27.49
3	Embarcadero - Muelle	7.69	21.12	21.87	22.4
4	Efluente de la laguna de oxidación	5.07	16.80	18.67	18.93
5	Isla Estevez a 200m	6.20	17.10	18.76	19.11
6	UNA – PUNO a 200m	8.24	23.60	24.10	24.56
7	Embarcadero – Muelle a 200m	9.14	24.60	24.96	25.31
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	9.50	25.17	26.67	26.29
Promedio		7.77	21.95	22.99	23.45

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo, se tiene que a una dosificación de 100 mg. de CA es la que se tiene una mejor eficiencia.

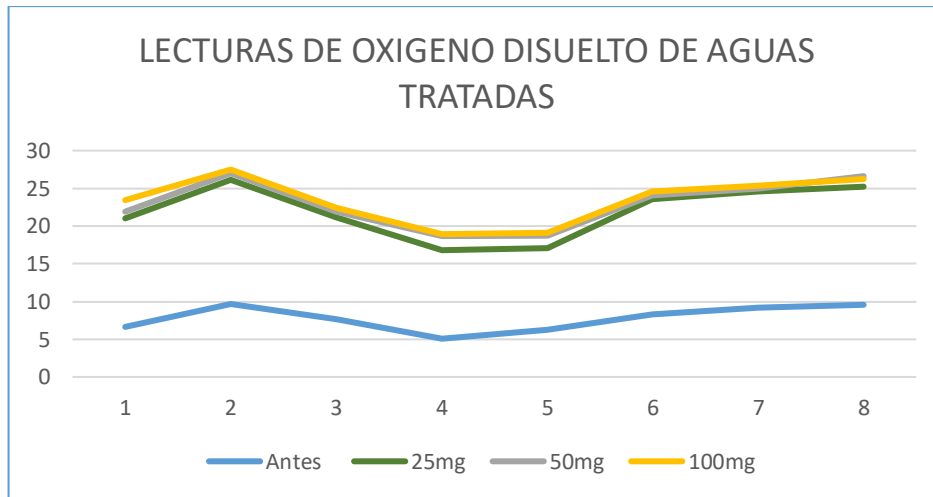


Figura 15: Lectura de oxígeno disuelto de aguas tratadas con carbón activado
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

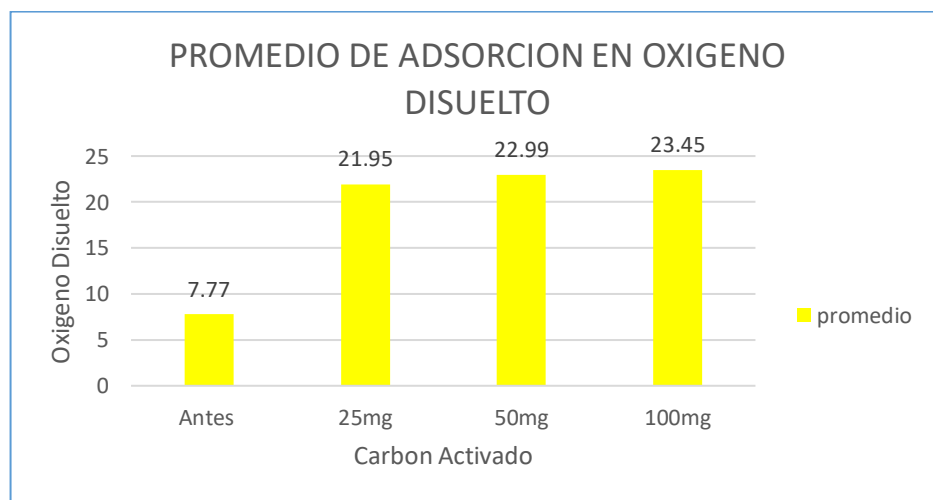


Figura 16: Promedios de adsorción de oxígeno disuelto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De la tabla y figura se observa que para dosificaciones de 25, 50, 100 mg. en 100ml. de aguas tratadas con carbón activado de semillas de pino, observándose el cumplimiento con todas las categorías de la norma estándares de calidad ambiental para el agua (ECA), para la categoría 1 (poblacional y recreacional subcategoría A – aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable) donde los valores permisibles son ≥ 6 , categoría 2 (extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales) con valores permisibles ≥ 5 , categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) valores permisibles ≥ 5 y categoría 4 (conservación del ambiente acuático) los valores permisibles de ≥ 5 , ya que nuestro estudio se relaciona a la recuperación de la

bahía del lago de la ciudad de Puno observamos que esta categoría en el ítem E1 (lagunas y lagos) el valor permisible es ≥ 5 con esto se fundamenta las aspiraciones de la tesis en mención.

En relación al oxígeno disuelto de la tabla 17 se aprecia que el carbón activado de 100mg tuvo mejores resultados, teniendo un promedio de antes y después de 7.77 y 23.45 mg/l. indicándonos que la aplicación de carbón activado es favorable, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA), el cual indica valores mínimos de ≥ 6 mg/l.

4.1.6. Comportamiento optimo del carbón activado.

De todos los procesos desarrollados se tienen que:

- En el pH el mejor comportamiento se dio para 100 mg de carbón activado.
- En referencia a la Turbidez para una dosificación de 25 mg. de carbón activado, genero resultados óptimos.
- Para el oxígeno disuelto la mejor eficiencia se dio en 100 mg. de carbón activado

Tabla 18:

Dosificación adecuada del carbón activado

Punto	Descripción	Promedio	Contenido de CA
1	pH	6.65	100 mg
2	Turbidez	9.67	25 mg
3	Oxígeno disuelto	7.69	100 mg

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo, para cada parámetro se obtienen las dosificaciones y promedios adecuados

4.1.7. Análisis Estadístico (prueba de hipótesis).

4.1.7.1. Carbón Activado en pH (25mg).

H₀: La aplicación de carbón activado de 25mg no mejora las condiciones del agua en su pH.

H₁: La aplicación de carbón activado de 25mg mejora las condiciones del agua en su pH.



Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = \frac{(8 - 1)0.18^2 + (8 - 1)0.22^2}{8 + 8 + 2}$$

$$\sigma^2 = 0.031$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = 12.27$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:

Se rechaza H_0 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (25mg) en su PH es estadísticamente significativa.

4.1.7.2. Carbón activado en pH (50mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 50mg no mejora las condiciones del agua en su pH.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 50mg mejora las condiciones del agua en su pH.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$



$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 0.021$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = 20.74$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (50mg) en su PH es estadísticamente significativa.

4.1.7.3. Carbón activado en pH (100mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 100mg no mejora las condiciones del agua en su pH.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 100mg mejora las condiciones del agua en su pH.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 0.013$$

Calculamos t:



$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = 37.03$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (100mg) en su PH es estadísticamente significativa.

4.1.7.4. Carbón activado en turbidez (25mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 25mg no mejora las condiciones del agua en su turbidez.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 25mg mejora las condiciones del agua en su turbidez.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 35.125$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = 4.26$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:



Se rechaza H_0 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (25mg) en su turbidez es estadísticamente significativa.

4.1.7.5. Carbón activado en turbidez (50mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 50mg no mejora las condiciones del agua en su turbidez.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 50mg mejora las condiciones del agua en su turbidez.

Solución:

$$\begin{aligned}H_0: u_1 - u_2 &= 0 \\H_1: u_1 - u_2 &> 0 \\ \sigma^2 &= \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2} \\ \sigma^2 &= 37.063\end{aligned}$$

Calculamos t:

$$\begin{aligned}t &= \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}} \\ t_c &= 3.87\end{aligned}$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (50mg) en su turbidez es estadísticamente significativa.

4.1.7.6. Carbón activado en turbidez (100mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 100mg no mejora las condiciones del agua en su turbidez.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 100mg mejora las condiciones del agua en su turbidez.



Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 36.354$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = 3.94$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = 1.7613

Entonces $T < t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (100mg) en su turbidez es estadísticamente significativa.

4.1.7.7. Carbón activado en oxígeno disuelto (25mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 25mg no mejora las condiciones del agua en oxígeno disuelto.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 25mg mejora las condiciones del agua en oxígeno disuelto.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 6.045$$

Calculamos t:



$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = -11.53$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = -2.145

Entonces $T > t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (25mg) en oxígeno disuelto es estadísticamente significativa.

4.1.7.8. Carbón activado en oxígeno disuelto (50mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 50mg no mejora las condiciones del agua en oxígeno disuelto.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 50mg mejora las condiciones del agua en oxígeno disuelto.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 5.2$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}} t_c = -13.35$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = -2.145

Entonces $T > t_c$

Interpretación:



Se acepta H_0 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (50mg) en oxígeno disuelto no es estadísticamente significativa.

4.1.7.9. Carbón activado en oxígeno disuelto (50mg).

H_0 : La aplicación de carbón activado de 50mg no mejora las condiciones del agua en su oxígeno disuelto.

H_1 : La aplicación de carbón activado de 50mg mejora las condiciones del agua en su oxígeno disuelto.

Solución:

$$H_0: u_1 - u_2 = 0$$

$$H_1: u_1 - u_2 > 0$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

$$\sigma^2 = 4.954$$

Calculamos t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

$$t_c = -14.09$$

Grados de libertad= 14

T de tabla = -2.145

Entonces $T > t_c$

Interpretación:

Se acepta H_1 : La diferencia entre los promedios de la aplicación de carbón activado (100mg) en oxígeno disuelto es estadísticamente significativa.

4.2. DISCUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis alternativa que establece que existe relación de dependencia de la aplicación del carbón activado en las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de puno.

Estos resultados guardan relación con lo que menciona Medina y Manrique (2018), que generan comparaciones de carbón activado y el uso que tienen en aguas residuales, obteniendo un material efectivo en los procesos de adsorción y remoción de contaminantes.

En el proceso de elaboración del carbón activado de semillas de pino, se adoptó ácido fosfórico (H_3PO_4) a una temperatura de $400^{\circ}C$ por un periodo de 60 min. Teniendo una variación con respecto al tiempo de activación de Martínez (2012), el cual utilizo ácido fosfórico (H_3PO_4) a una temperatura de $400^{\circ}C$ y $500^{\circ}C$, a un tiempo de activación de 90 y 120 min. Sin embargo, se tiene una relación con en el periodo de pirolisis como indican Rivera, Lara, Zertuche, Montañez y Marmolejo (2003), que utilizan residuos de pino para la elaboración de carbón activado mediante la pirolisis a una temperatura de 400 a $700^{\circ}C$, por un periodo de 60 min, optándose este periodo.

Para obtener una buena adsorción de carbón activado de semillas de pino se tomó como referencia tres activaciones a distintos pHs, de 4, 5 y 6, realizando el ensayo con azul de metileno se logró obtener que a un pH de 5 se tiene una mejor adsorción, en la tesis de maestría de Uechi (2016), determinó que la adsorción apropiada del carbón activado es de $pH = 5$, corroborando y aseverando el estudio de dicha tesis de maestría, a la vez que en la prueba de adsorción con azul de metileno a un pH optimo, se logró obtener una remoción del 64.03%; en comparación con la investigación realizada por Rojas, Colina y Gutiérrez (2016), la cual llegan a una remoción de 86.44% en las mismas condiciones, siendo aceptable la remoción del carbón activado de semillas de pino.



En el proceso de monitoreo realizado en este estudio, tuvo variaciones considerables como en oxígeno disuelto 5.07– 9.67mg/l, pH de 9.23 a 9.76 unidades de pH, turbidez de 12.6 - 40.4NTU, se logra divisar un ligero incremento de los niveles de contaminación de dichos parámetros. En relación a Callata (2015), al evaluar la calidad del agua del lago Titicaca, obtiene valores de oxígeno disuelto de 2.10 – 3.28mg/l, pH de 8.86 a 9.63 unidades de pH, turbidez de 43NTU. También Beltrán, Palomino, Moreno, Peralta y Montesinos (2015), en su estudio de monitoreo de la bahía interior del lago Titicaca se aprecia niveles de pH de 9.43, oxígeno disuelto 6.62mg/l. de la misma manera para nuestro estudio contamos con un pH de 9.52, oxígeno disuelto de 7.77 mg/l, apreciando un leve incremento en el pH y oxígeno disuelto, esto posiblemente se debe a las temporadas de muestreo, ya que el estudio de Beltrán y otros (2015), se realizó en la estación de verano y el presente estudio fue realizado en la estación de otoño.

En relación a nuestra investigación se obtuvo una reducción de alcalinidad de las aguas de la bahía de la ciudad de Puno de hasta 7.38 en relación al pH. Por lo que se asemeja al estudio de Vásquez (2018), que obtuvo un pH de hasta 7.54 luego de pasar el agua por el un filtro francés.

En nuestro estudio de investigación con carbón activado de semillas de pino se lograron reducciones significativas de 17.58 a 4.95 NTU, tal como lo demuestra Chiclote (2018), en la reducción de la turbidez desde 5.61 hasta 0.72 NTU, también Manosalva (2016), en su tesis al aplicar carbón activado en muestras tomadas del río Moche, se obtuvo una disminución de turbidez a 0.57 NTU, así también Cruz C. y otros (2012), en la revista investigación científica de la Universidad Nacional de Tumbes, Perú. Con la ayuda de un filtro de carbón activado logro reducir la turbidez de entre 46.9 y 68.9%.



V. CONCLUSIONES

La aplicación de carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno, genera significativas mejoras en relación al pH, turbidez y oxígeno disuelto, para dosificaciones de 25, 50 y 100 mg. de carbón activado en 100ml. de agua a tratar, cabe mencionar que se ha logrado una mayor eficacia en la concentración de 100mg., cumpliendo de esta manera con los estándares de calidad ambiental para el agua, en la categoría 1: Poblacional y uso recreacional, sub categoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

La influencia del carbón activado de semillas de pino en el pH de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno, generan notorias reducciones de alcalinidad de 9.52 a 7.38 unidades de pH, teniendo una mayor efectividad a concentraciones de 100mg. en 100ml.

La influencia del carbón activado de semillas de pino en la turbidez de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno, generan notorias reducciones de 17.58 a 4.95 unidades nefelométricas (UNT), teniendo una mayor efectividad a concentraciones de 25mg. en 100ml.

La influencia del carbón activado de semillas de pino en el oxígeno disuelto de las aguas contaminadas de la bahía de la ciudad de Puno, generan notorios incrementos en su concentración de 7.77 mg/l a 23.45 mg/l, obteniendo una mayor efectividad a concentraciones de 100mg. en 100ml.



VI. RECOMENDACIONES

Una vez realizada la presente investigación y al observar la influencia significativa del carbón activado de semillas de pino podemos recomendar lo siguiente:

Evaluar e investigar las propiedades del carbón activado, utilizando agentes de activación química que mejoren sus propiedades, generando una metodología apropiada para mejorar la eficiencia del carbón activado de semillas de pino.

Extender una mayor cantidad de parámetros de estudio, como: DBO, DQO, coliformes termotolerantes (fecales), *Escherichia coli*, color aparente, olor, sabor, temperatura, conductividad, cloro residual libre, entre otros, los que son necesarios para determinar la calidad del agua.

La aplicación del carbón activado de semillas de pino podría darse mediante filtros, ubicados estratégicamente en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, no pudiéndose utilizar directamente en los afluentes, ya que el carbón activado es útil en tratamientos terciarios a bajas concentraciones de contaminación.

Tener en cuenta los horarios de monitoreo de 9 am a 12 am, ya que en horas de la tarde producto del incremento de temperatura, el aire caliente es desplazado por el aire frío generando fricción con la superficie del lago, ocasionando oleaje el cual genera variaciones en los parámetros de estudio como el oxígeno disuelto, así también, tomar en consideración la profundidad de muestreo como lo considera el ANA.



VII. REFERENCIAS

- Escuela Universitaria Politécnica. (03 de 10 de 2019). *www.aguapedia.net*. (G. TAR, Editor, & U. d. (2009), Productor) Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>,
- Aguirre, N. (2017). Adsorción de metales pesados (Pb Y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus Globulus*). (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno.
- Alami, S. (2010). Aprovechamiento del hueso de la aceituna, biosorción de iones metálicos. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Granada, Granada.
- ANA. (1980). *Centros de estudios de proyectos de inversión y desarrollo CEPID*. Lima - Perú: EKUI 106.
- Antov, M., Sciban, M., & Prodanovic, J. (2012). Evaluation of the efficiency of natural coagulant obtained by ultrafiltration of common bean seed extract in water turbidity removal. *Ecol*, 48-52.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Santa Fe de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICA S.A.
- Arriaza, A., Waight, S., Contreras, C., Ruano, A., López, A., & Ortiz, D. (2015). Determinación bacteriológica de la calidad del agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Revista Científica*, 21-29.
- Autoridad Nacional del Agua. (1995). *Evaluación de la contaminación del lago Titicaca*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Barba, H. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. (*Tesis de ingeniería*). UNAM, Mexico.
- Beltrán, D. F., Palomino, R. P., Moreno, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 335-340.
- Bernal, M., Solís, M., Linares, H., Barrera, D., & Colín, C. (2011). Tratamiento de agua residual municipal por un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo. *ACI*, 69-81.
- California State Water Resources Control Board. (24 de 11 de 2020). *California state water resources control board*. Obtenido de <https://www.waterboards.ca.gov/>: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf
- Callata, F. (2015). Monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno - Lago Titicaca. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno.



- Carrillo, Y., & Sánchez, N. (2013). Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de el Salvador, San Salvador.
- Castillo, G. (2005). Contaminación del agua. *EPS SEDACAJ S.A.*
- CAWST. (2009). Manual for Design, Construction, Installation and Maintenance. *Calgary*.
- CEFIC. (1986). *Test methods for activated carbon*. Union Europea: Efic.
- Cervantes, M., Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Marquez, r., & Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. *Escuela de Biología de la Universidad de Michoacanade San Nicolas de Hidalgo*.
- Chiclote, Y. (2018). Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Chirino, T., Santa, J. V., & Vilca, E. (2014). Efecto de la Aireacion mecanica parcial de la laguna primaria en la remocion de la carga organica del sistema de lagunas de estabilizacion de espinar de la ciudad de puno - 2010 -2013. *Rev. Investig. Altoandin*, 57 - 64.
- Cruz C., G., Guzmán T., V., Rimaycuna R., J., Alfaro A., R., Cruz M., J., Aguirre C., D., & Ubillus A., E. (2012). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. *Manglar, Revista de Investigacion Cientifica*, 65 - 74.
- Delgadillo Gamboa, G. A. (2011). Obtencion de carbones activados mediante activacion quimica con koh y H3PO4 a partir de pesas de níspero para la odsorcion de azul de metileno. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Callao, Callao.
- DIGESA. (2003). *Grupo de estudio técnico ambiental, 2003*. Lima: Gesta Agua.
- DIGESA. (2005). *Parámetros organolépticos (dirección general de salud ambiental)*. Lima: Gesta Agua.
- Ekpete, O., & Horsfall, M. (2011). Preparation and characterization of activated carbon derived from fluted pumpkin stem waste (*Telfairia occidentalis* Hook F). *Research Journal of Chemical Sciencies*, 11-17.
- EMSA PUNO S.A. (2011). *Resumen descriptivo del sistema de tratamiento de agua redisual en la ciudad de Puno - Perú*. PUNO: EMSA.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Quimicaviva*, 148-149.
- Fombuena, M., & Valentín, A. (2010). Manual del carbón activo. *Aguapedia.*, 10-18.
- Gómez, R. (2010). Modelos conceptuales de funcionamiento de ríos y arroyos. *Departamento de Ecología e Hidrologia*, 18-25.
- González-Ávalos, J., García-Moya, E., Vargas-Hernández, J. J., Trinidad-Santos, A., RomeroManzanares, A., & Cetina-Alcalá, V. M. (2006). Evaluación de la



- producción y análisis de conos y semillas de pinus cembroides zucc. *Revista Chapingo*, 133-138.
- Gutierrez Yarleque, N. M. (2014). Evaluacion del efecto del tipo sustrato y dosis de acido naftaleno acético (ANA) en el enraizamiento de estacas Pinus Radiata D. (*tesis de pregrado*). universidad nacional de cajamarca, Jaén Peru.
- Hovanec, T., Spotte, S., & Adams, G. (1998). *Diferentes clases de carbones activados*. Madrid.
- Hunter, J. (1865). On the absorption of vapours by charcoal. *Journal of the Chemical Society*, 285-290.
- Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas. (3 de 10 de 2019). www.oocities.org. Obtenido de <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/carbon6.pdf>
- Juarez, E., & Rico, A. (1973). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. Mexico: Limusa.
- Juárez, M., Poma, H., & Rajal, V. (2015). ¿Cumplir con la legislación nos garantiza consumir agua segura? *Revista Iberoamericana del Agua*, 71-79.
- Larios, F., Gonzales, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Vol. 2, N° 2.*, 10.
- Leal, M. T. (2003). *Solar safe water - tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Lluíz, J. (2008). La problemática del Agua Potable. *Medicina Naturista*, 69-75.
- Lopez, R., & Gonzales, M. (2001). Crecimiento de Pinus radiata en Puno - Perú. *Revista forestal del Perú*, 1-6.
- Luna, D., Gonzalez, A., Gordo, M., & Martín, N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *UAM - Iztapalapa*.
- Maco, J. (2006). Tipos de Ambientes Acuáticos de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica: Instituto de Investigacion de la Amazonía Peruana*.
- Mamani Condori, E. J., & Catacora Pari, E. N. (2017). Grado de eficiencia del inventario forestal versus el catastro forestal y su incidencia en la determinación de volúmenes de madera en el bosque de la una – puno. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Manosalva, K. (2016). Efecto del carbón activado en la turbidez del agua del río sector puente Moche – 2016. (*Tesis de Ingenieria*). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.
- Martínez, A. (2012). Lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y N-Hexano. (*Tesis Doctoral*). Universidad de San Jorge, Villanueva de Gállego.
- Medina, K. D., & Manrique, R. A. (2018). Uso del carbon activado para el tratamiento de aguas. revision y estudio de caso. *revista nacional de Ingenieria*, N° 11, vol 1.



- Menéndez, J. (2012). El carbón en la vida cotidiana. *De la pintura rupestre al ascensor espacial*.
- MINAM. (2014). *Estado de la calidad ambiental de la cuenca del Lago Titicaca ámbito peruano*. Lima: D.S. N° 075-2013-PCM.
- MINAM. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio. *Agua y alimento*.
- MINAM. (2017). *ECA para agua, establecen disposiciones complementarias D.S. N° 004-2017-MINAM*. Lima: Diario oficial el peruano.
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales . *Fiscalización ambiental para el cambio*, 7.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra - Suiza: OMS.
- Orosco, Á. (2005). *Bio ingeniería de aguas residuales*. Colombia: Acodal.
- Owen, J. (03 de 10 de 2019). *www2.medioam*. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7mqw_q7_S8IJ
- Padrón, R., Rodríguez, C., Gómez, A., García, A., & Gonzales, L. (2013). El carbon activado, un material adsorbente. *Suba*, 58-65.
- Panyapinyopol, B., Marhaba, T., Kanokkantung, V., & Pavasant, P. (2005). Characterization of precursors to trihalomethanes formation in Bangkok source water. *Journal of Hazardous Materials*, 229-236.
- Peláez, D., Guzmán, B., Rodríguez, J., Acero, F., & Nava, G. (2016). Desafíos de los sistemas de abastecimiento. *Biomédica*, 169-178.
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Diseño y Tecnología*, 71 a 80.
- Ramallo, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Mexico: Reverté S.A.
- Ramírez Franco, J. H., Martínez Ávila, Ó. M., & Fernández Ospina, L. M. (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula. *Avances Investigación en Ingeniería*, 10, 1.
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Facultad de Ciencias Básicas*, 136-153.
- Reinoso, R. F. (2002). El carbón activado en procesos de descontaminación. *Universidad de Alicante*, 25-34.
- Reyes, E., Cerino, F., & Soares, M. (2006). Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 59-64.
- Rivera, J., Lara, N., Zertuche, C. I., Montañez, L., & Marmolejo, G. (2003). Obtención del carbón activado a partir de residuos de madera de la industria mueblera del estado de aguas calientes. *Conciencia Tecnológica*, 23.



- Rodriguez, F. (2006). Nuevos retos en la síntesis y aplicación de carbón activado. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Alicante, Alicante.
- Rodriguez, J. (2003). *Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Rojas Morales, J. L., Colina Andrade, G. d., & Gutierrez Gonzales, E. C. (2016). Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 453 - 462.
- Rojas, J. (2015). *Purificación del agua*. Colombia: Acodal.
- Segura, H. (2017). Influencia del carbón activado obtenido de huarango (*Acacia Macracantha*) en la remoción de cloro libre residual en agua potable. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Trinidad, A. (2007). Líder en cultivo de cano la en los andes. *Agronoticias*, 16-18.
- Uechi, J. A. (2016). Estudio del proceso de adsorción de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados. (*Tesis de Maestría*). Ponteficia Universidad Católica del Perú, Lima.
- UNESCO. (2017). Aguas residuales el recurso desaprovechado. *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017*, 1.
- Vásquez, M. (2018). Calidad del agua del río Cumbe empleando filtro frances y carbón activado. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Vergara Altamirano, K. E. (2004). Respuesta del inóculo Micorrizal del hongo *Scleroderma verrucosum* en la producción de plántulas de pino radiata D. Don en Juaja. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.



ANEXOS

- Anexo A:** Elaboración de carbón activado
- Anexo B:** Prueba De Absorción Con Azul De Metileno
- Anexo C:** Toma de muestra
- Anexo D:** Influencia del carbón activado en las muestras
- Anexo E:** Valores Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)
- Anexo F:** Certificado de informe de monitoreo de las aguas de la bahía interior de la ciudad de Puno.
- Anexo G:** Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en la turbidez.
- Anexo H:** Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en el oxígeno disuelto.
- Anexo I:** Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en el pH.
- Anexo J:** Mapas de análisis de agua mediante QGIS

Anexo A: Elaboración de carbón activado.



Figura 17: Desgranado y trituración de las semillas de pino.
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 18: Tamizado de material preparado
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 19: Contenido de humedad, secado a 110 °c +-5 por 24 horas

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 20: Activación con Ácido Fosfórico (H_3PO_4) y secado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 21: Carbonización de la muestra (semillas de pino)

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 22: Muestra carbonizado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 23: Lavado con agua destilada del material carbonizado a un pH de 5

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 24: Molienda con mortero y almacenamiento del carbón activado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Anexo B: Prueba De Absorción Con Azul De Metileno



Figura 25: Dilución de azul de metileno de 50, 100, 200 mg. en 100 ml. de agua destilada.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 26: Lectura de la absorción a 453 nanómetros de onda de la dilución de azul de metileno

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 27: filtrado de la muestra de azul de metileno y lectura de la absorción

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Anexo C: Toma de muestra



Figura 28: Inicio del monitoreo de las aguas de la bahía de Puno

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 29: Georreferenciación y Calibración de los equipos.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 30: Lectura de los parámetros de campo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 31: Toma de muestra de forma hermética de los puntos de muestreo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Anexo D: Influencia del carbón activado en las muestras



Figura 32: Pesaje del carbón activado para cada muestra

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 33: Preparación de los envases para la adición del carbón activado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 34: adición del carbón activado

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 35: filtrado de la muestra previamente agitada

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 36. medición de la muestra del parámetro de pH

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 37. medición de la muestra del parámetro de Turbidez

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 38. Medición de la muestra del parámetro de oxígeno Disuelto por titulación

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Anexo E: Valores Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**



Anexo F: Certificado de informe de monitoreo de las aguas de la bahía interior de la ciudad de Puno.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALURGIA
Megalaboratorio Geoquímica Ambiental-Suelos y Aguas, Minerales
Espectroscopia ICP - Microscopia óptica



INFORME DE MONITOREO N° 001-OCT-19

ASUNTO: Monitoreo de Aguas de la Bahía Interior de la Ciudad de Puno

LUGAR : Bahía Interior del Lago Titicaca de la ciudad Puno
MOTIVO : Tesis de pregrado "Influencia del carbón activado de semillas de pino en el pH, Turbidez, Oxígeno disuelto para tratamiento de aguas de la Bahía de Puno – 2018"
INTERESADO : Ronald Larico Poma
Hermes Ronald Quispe Ticacala

INFORME DE MONITOREO

		LECTURAS DE MULTIPARÁMETRO							
PARÁMETROS	UND	PUNTOS DE MUESTREO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Potencial de Hidrogeno	pH	9.35	9.76	9.68	9.23	9.51	9.49	9.68	9.45
Potencial de Oxido Reducción	mVORP	-38.6	30.5	64.5	127.1	119.3	132.5	136.7	139.1
Oxígeno Disuelto	%OD	74.9	160.8	125.1	97.5	101.3	137.1	151.1	153.6
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.65	9.67	7.69	5.07	6.2	8.24	9.14	9.5
Conductividad Eléctrica	us/m	2608	2512	2536	2564	2539	2539	2532	2530
Resistividad	MΩcm	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Solidos Totales Disueltos	ppm tds	1293	1258	1266	1280	1270	1269	1266	1265
Salinidad	PSU	1.35	1.3	1.32	1.34	1.32	1.32	1.31	1.31
Turbidez	FNU	15.7	15.9	12.6	40.4	13.9	14	16.5	11.6
Temperatura	°C	16.09	18.39	17.34	17.99	16.82	17.35	17.51	17.07
Presión atmosférica	PSI	9.446	9.459	9.459	9.427	9.395	9.397	9.384	9.38

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Electrométrico, equipo multiparametro marca HANNA modelo HI 9829

Puno, octubre 2019



Dr. Sc. Martín Choque Yucra
LABORATORIO GEOQUÍMICA AMBIENTAL
MEGALABORATORIO - UNA - PUNO
CIP. 88133

Ciudad Universitaria – Teléfono (051) 599430 Anexo 31102



Anexo G: Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en la turbidez.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 001099

LQ - 2019

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: LAGO TITICACA
PROCEDENCIA : BAHIA DE LA CIUDAD DE PUNO
PROYECTO : "INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL PH, TURBIDEZ, OXÍGENO DISUELTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA BAHÍA DE PUNO - 2018."
INTERESADO : RONALD LARICO POMA Y HERMES RONALD QUISPE TICACALA
MOTIVO : TESIS DE INESTIGACIÓN
MUESTREO : 25/09/2019, por el interesado
ANÁLISIS : 25/09/2019
COD. MUESTRA : B009.000185

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO

PUNTO	LOCALIZACION	Turbidez (UNT)		
		25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	4.4	5.61	5.54
2	UNA - PUNO	4.6	4.78	4.68
3	Embarcadero - Muelle	4.16	4.56	4.7
4	Efluente de la laguna de oxidación	8.69	12.4	11.38
5	Isla Estévez a 200m	4.27	4.68	4.71
6	UNA - PUNO a 200m	4.31	4.7	4.82
7	Embarcadero - Muelle a 200m	5.22	5.55	5.87
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	3.91	4	3.95

Puno, C.U. 26 de diciembre del 2019.

vºgº



[Signature]
Edith Tejo Palma
CULTOR INGENIERÍA QUÍMICA
UNA - PUNO

[Signature]

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182393



Anexo H: Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en el oxígeno disuelto.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



LQ - 2019 001100

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: LAGO TITICACA
PROCEDENCIA : BAHIA DE LA CIUDAD DE PUNO
PROYECTO : "INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL PH, TURBIDEZ, OXÍGENO DISUELTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA BAHÍA DE PUNO - 2018."
INTERESADO : RONALD LARICO POMA Y HERMES RONALD QUISPE TICACALA
MOTIVO : TESIS DE INVESTIGACIÓN
MUESTREO : 25/09/2019, por el interesado
ANÁLISIS : 25/09/2019
COD. MUESTRA : B009.000185

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO

Punto	Localización	Oxígeno Disuelto (mg/l)		
		25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	21.07	21.87	23.47
2	UNA - PUNO	26.13	27.01	27.49
3	Embarcadero - Muelle	21.12	21.87	22.4
4	Efluente de la laguna de oxidación	16.8	18.67	18.93
5	Isla Estévez a 200m	17.1	18.76	19.11
6	UNA - PUNO a 200m	23.6	24.1	24.56
7	Embarcadero - Muelle a 200m	24.6	24.96	25.31
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	25.17	26.67	26.29

Puno, C.U. 26 de diciembre del 2019.

VºBº


DECANO
Ing. Saúl Tello Poma
Facultad de Ingeniería Química
UNA - PUNO


ING. LUZ MARINA TEVES PONZE
MALLA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIC - UNA - CP - 152002



Anexo I: Certificado de análisis físico químico de aguas de la bahía de la ciudad de Puno en el pH.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



LQ - 2019 001101

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: LAGO TITICACA

PROCEDENCIA : BAHÍA DE LA CIUDAD DE PUNO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL PH, TURBIDEZ, OXÍGENO DISUELTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA BAHÍA DE PUNO - 2018."

INTERESADO : RONALD LARICO POMA Y HERMES RONALD QUISPE TICACALA

MOTIVO : TESIS DE INVESTIGACIÓN

MUESTREO : 25/09/2019, por el interesado

ANÁLISIS : 25/09/2019

COD. MUESTRA : B009.000185

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO

Punto	Localización	pH (Potencial de Hidrogeno)		
		25mg	50mg	100mg
1	Isla Estévez	8.25	7.97	7.38
2	UNA - PUNO	8.21	8.23	7.41
3	Embarcadero - Muelle	8.75	8.18	7.44
4	Efluente de la laguna de oxidación	8.17	7.86	7.4
5	Isla Estévez a 200m	8.44	7.85	7.36
6	UNA - PUNO a 200m	8.54	7.94	7.31
7	Embarcadero - Muelle a 200m	8.7	7.98	7.32
8	Efluente de la laguna de oxidación a 200m	8.39	8.14	7.38

Puno, C.U. 26 de diciembre del 2019.

VºBº



Luz Marina Teves Ponce
ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 162393

Anexo J: Mapas de análisis de agua mediante QGIS

