



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de investigación previa la
obtención del Grado Académico de
Magister en Gestión Ambiental

TEMA

PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO CON RAQUIS DE BANANO Y
SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DESTINADA AL
CONSUMO HUMANO, QUEVEDO. AÑO 2018.

AUTOR

ING. MÉNDEZ VERDUGA RONNY ANTONIO

DIRECTORA

ING. MARÍA LORENA CADME ARÉVALO, MS.C.

QUEVEDO – ECUADOR

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de investigación previa la
obtención del Grado Académico de
Magister en Gestión Ambiental

TEMA

PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO CON RAQUIS DE BANANO Y
SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DESTINADA AL
CONSUMO HUMANO, QUEVEDO. AÑO 2018.

AUTOR

ING. MÉNDEZ VERDUGA RONNY ANTONIO

DIRECTORA

ING. MARÍA LORENA CADME ARÉVALO, MS.C.

QUEVEDO – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

Ing. María Lorena Cadme M.Sc., Directora del proyecto de investigación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión Ambiental.

CERTIFICA

Que el Ing. Ronny Antonio Méndez Verduga, ha cumplido con la elaboración del Proyecto de Investigación titulado: “**PRODUCCIÓN DE CARBON ACTIVADO CON RAQUIS DE BANANO Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO, QUEVEDO.AÑO 2018**”, el mismo que se encuentra apto para la presentación y sustentación respectiva.

Quevedo, 22 de julio de 2019

Ing. María Lorena Cadme M.Sc.

AUTORÍA

Yo, ING. RONNY ANTONIO MENDEZ VERDUGA, autor del presente proyecto de investigación denominado “PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO CON RAQUIS DE BANANO Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO, QUEVEDO. AÑO 2018”, declaro que los datos contenidos en el mismo, son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Quevedo, 22 de julio del 2019

Ing. Ronny Antonio Méndez Verduga

DEDICATORIA

Mi Proyecto de Investigación lo dedico con todo mi amor y cariño principalmente a mi Esposa Linner quien ha estado conmigo en todo momento y por creer en mí. A mis hijas Lia y Mia quienes son la motivación de mi vida. Gracias por todo papá y mamá por estar siempre conmigo y darme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por darme la fuerza y perseverancia día a día. A mi Esposa, Hijas, Padres y Hermanos los cuales me brindaron todo su apoyo incondicional creyendo en mí. A la Ing. María Lorena Cadme Arévalo M.Sc., que, a más de ser mi Tutora, es una gran amiga quien confió en mí y me dio todo su apoyo en la realización de este proyecto. Al Ing. Loguard Smith Rojas Uribe PhD. y al Ing. José Benjamín Vargas Sánchez por la confianza y apoyo en todo el desarrollo de este proyecto.

PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación de la autoría del Ingeniero Ronny Méndez Verduga, **Producción de carbón activado con raquis de banano y su efecto en el tratamiento de agua destinada al consumo humano**, tiene como objetivo evaluar el efecto del carbón activado obtenido a partir del raquis de banano en el tratamiento de aguas de pozos profundos destinadas al consumo humano.

En el desarrollo del trabajo se demuestra la incidencia del tamaño de partícula de los productos de partida en la calidad del carbón obtenido al igual que otros parámetros como son la temperatura, el tiempo y el acondicionamiento físico químico dado a estos, lo que conllevó largas horas de trabajo de laboratorio y un arduo tratamiento estadístico para poder seleccionar aquellos carbones con mayor calidad, de igual forma esto permitió determinar cómo el tratamiento con carbón activado a partir del raquis de banano incide en las principales variables físico, químicas y biológicas de agua subterránea y el índice de calidad de la misma (ICA).

En la actualidad, el empleo del carbón activado tiene un sinfín de uso en los diferentes campos de la industria, salud, investigación, hogares, entre otros, con beneficios muy satisfactorios a nivel global. La obtención de estos carbones activados a partir de subproductos agroindustriales es una vertiente que está en plena expansión por lo fácil y económico que resulta la obtención de algunos de ellos y por su efectividad en el empleo de los mismos. Algunos informes han reportado excelentes resultados en la remoción de contaminantes presentes en el agua, que es el principal enfoque que se pretende dar en este trabajo.

Los resultados obtenidos confirman la influencia del manejo de los parámetros de obtención de los carbones activados en sus propiedades finales, lo que permite la preparación de los mismos a partir de raquis de banano como lecho filtrante para el tratamiento de agua destinadas al consumo humano, observándose una mejora en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de aguas lo que se traduce en una mejora del índice de calidad del agua (ICA).

Los logros de este trabajo permiten sentar las bases y la metodología para establecer las condiciones de preparación de los carbones activados a partir de desechos agroindustriales, generando una línea de investigación en la UTEQ que podría traer a futuro muchos beneficios, no solo en lo académico, sino también generando en los jóvenes investigadores líneas de emprendimiento, pues como podemos ver en los resultados obtenidos se demostró que a partir de residuos de raquis de banano, es posible obtener un carbón activado de óptima calidad para ser aprovechado en diferentes campos, no solo en el tratamiento de aguas para consumo humano sino también en procesos industriales de diferentes índoles.

Ing. Loguard Smith Rojas Uribe PhD

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se sintetizó carbón activado a partir del raquis de *Musa Paradisiaca Cavendish* y se evaluó como adsorbente de azul de metileno y de contaminantes presentes en agua de pozos profundos. Se presenta las variables óptimas en tamaño de partícula, temperatura de carbonización y tiempo de carbonización. Evaluando la calidad de agua de consumo humano mediante el cálculo del ICA propuesto por Brown y NSF se determinó la eficiencia del carbón activado como lecho filtrante en el tratamiento de agua proveniente de pozos profundos los cuales presentaron un incremento en el índice de calidad de agua con una clasificación equivalente a buena.

Palabras clave: Carbón Activado, Tratamiento de Agua.

ABSTRACT

In this work, activated carbon was synthesized from *Musa Paradisiaca* Cavendish rachis and was evaluated as an adsorbent of methylene blue and contaminants present in water from deep wells. It presents the optimal variables in particle size, carbonization temperature and carbonization time. Evaluating the quality of water for human consumption by calculating the ICA proposed by Brown and NSF, the efficiency of activated carbon was determined as a filter bed in the treatment of water from deep wells, which showed an increase in the water quality index with a classification equivalent to good.

Keywords: Activated Carbon, Water Treatment.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA.....	i
HOJA EN BLANCO.....	ii
COPIA DE PORTADA.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
PROLOGO.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1 Problema General	4
1.3.2 Problemas Derivados	4
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 General.....	5
1.5.2 Específicos.....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	8
2.1.1 Agua.....	8
2.1.2 Agua de pozos profundos	8

2.1.3 Contaminación del agua	8
2.1.4 Carbón activado.....	8
2.1.5 Índice	8
2.1.6 Índice de calidad del agua	8
2.1.7 Parámetros de calidad del agua	8
2.1. 8 Pruebas de adsorción	9
2.1.9 Agente Adsorbente	9
2.1.10 Tratamiento de aguas.....	9
2.1.11 Absorbancia.....	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.2.1 Características de los residuos de <i>Musa Cavendish</i>	9
2.2.2 Contaminación del agua	9
2.2.3 Análisis de la calidad del agua	10
2.2.3.1 Muestreo de la calidad del agua	10
2.2.3.2 Parámetros de análisis para determinar la calidad del agua	10
2.2.3.3 Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA)	12
2.2.4 Tratamiento de aguas.....	13
2.2.4.1 Problemas en el tratamiento de aguas	13
2.2.5 Resultados y aplicaciones del carbón activado obtenido a partir de desechos agroindustriales.....	13
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	14
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.....	14
2.3.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).....	16
2.3.3 Código Orgánico del Ambiente (COA).....	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1 Experimental.....	19
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2.1 Inductivo	19
3.2.2 Analítico	19

3.3 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN ...	19
3.3.1 Selección, colecta de la materia prima	20
3.3.2 Carbonización y activación de la materia prima	20
3.3.3 Determinación del contenido de elementos en el agua.....	21
3.3.4 Análisis de absorbancia	21
Se realizó la Prueba de Longitud de Onda (PLO), la cual consistió en el siguiente protocolo:.....	21
3.3.5 Índice de Calidad del Agua (ICA)	22
3.4 FUENTES DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	24
3.5 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.6 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1 Incidencia del tamaño de partícula del raquis de banano en la producción del carbón activado.	28
4.2 Temperatura óptima en el proceso de producción de carbón activado de banano	30
4.3 Influencia del tiempo, la temperatura y tamaño de partícula en la calidad del carbón activado de banano	31
4.4 Efecto de los tratamientos con carbón activado de banano en las principales variables físico, químicos y microbiológicos de agua subterránea y el índice de calidad de agua (ICA).	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1 Conclusiones	49
5.2 Recomendaciones.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación en coordenadas UTM de pozos profundos.....	3
Tabla 2. Contenido de Residuos en <i>Musa Cavendish</i> banano.....	9
Tabla 3. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”.....	23
Tabla 4. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	23
Tabla 5. Clasificación del “ICA” según criterio general.....	24
Tabla 6. Factores en estudio de carbonización.....	25
Tabla 7. Diseño de los tratamientos de carbonización.....	25
Tabla 8. Análisis de Varianza para masa de Carbón vs Tamaño de Partícula.....	28
Tabla 9. Medias por Mínimos Cuadrados para masa de carbón con intervalos de confianza del 95% por tamaño de partícula.....	29
Tabla 10. Pruebas de Múltiples Rangos para Masa de Carbón por Tamaño de Partículas.....	29
Tabla 11. Análisis de Varianza para masa de Carbón vs Temperatura de Carbonización.....	30
Tabla 12. Medias por Mínimos Cuadrados para Masa de Carbón con intervalos de confianza del 95% por Temperatura de carbonización.....	31
Tabla 13. Pruebas de Múltiples Rangos para Masa de Carbón por Temperatura de carbonización.....	31
Tabla 14. Valores de absorbancia para las curvas de calibración con azul de metileno por espectrofotometría UV-Visible.....	32
Tabla 15. Adsorción de azul de metileno a 50 ppm y carbón activado a 200ppm.....	34
Tabla 16. Adsorción de azul de metileno a 50 ppm y carbón activado a 300ppm.....	35
Tabla 17. Criterios de Calidad del agua para consumo humano.....	38
Tabla 18. Cálculo del Índice de Calidad del agua sin y con tratamiento de pozos La Esperanza 1 y 2.....	46
Tabla 19. Índice de Calidad de Agua de muestras sin y con tratamiento de pozos La Esperanza 1 y 2.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de los pozos profundos de recolección de aguas.....	2
Figura 2. Gráfico de medias de Masa de Carbón versus Tamaño de Partícula de la materia prima.....	28
Figura 3. Gráfico de medias de Masa de Carbón versus Temperatura de carbonización.....	30
Figura 4. Curvas de Calibración espectro-fotómetro UV-Vis.....	33
Figura 5. Curva de Adsorción de azul de metileno a 200 ppm de carbón activado versus tiempo del tratamiento A2B2C3D1.....	34
Figura 6. Curva de Adsorción de azul de metileno a 300 ppm de carbón activado versus tiempo del tratamiento A2B2C3D1.....	35
Figura 7. Curva de Adsorción de azul de metileno a 300 ppm de carbón activado con tratamiento Químico A2B2C3D1 y sin tratamiento Químico A2B2C3.....	36
Figura 8. Valores de pH del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2...	39
Figura 9. Valores de Temperatura del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	40
Figura 10. Valores de Turbidez del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	40
Figura 11. Valores de Sólidos Disueltos Totales en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	41
Figura 12. Valores de fosfatos en el agua tratada y sin tratar obtenida en los pozos La Esperanza 1 y 2.....	42
Figura 13. Valores de Nitratos en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	43
Figura 14. Valores de DBO5 en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	43
Figura 15. Valores de Coliformes Fecales en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	44
Figura 16. Valores de Oxígeno Disuelto en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	45
Figura 17. Índice de Calidad de Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.....	47

INTRODUCCIÓN

Los adsorbentes son un gran grupo de materiales denominados carbón activado por su alta porosidad y área superficial, obtenidos a partir de una diversidad de materias primas: coco, madera, carbón mineral y subproductos agroindustriales. Su aplicación es diversa desde el tratamiento de aguas residuales, industrias farmacéuticas, minería, industria alimenticia entre otros (Valencia, 2014).

El banano pertenece a la familia Musaceae, son monocotiledóneas que se originan de cruces entre *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla. Es el principal alimento de aproximadamente 400 millones de personas, con un volumen de producción en 85.5 millones de toneladas, de los cuales el 10% se utiliza como postre. La exportación de este producto es un sector fundamental en la economía de América Latina y el Caribe, Asia y África. Sus principales características son: altura, color, naturaleza de las hojas, forma, tamaño, número de la fruta, disposición del racimo, las cuales dependen de los parámetros agroecológicos (Medina, Sánchez, Romero, Santos, y González, 2009).

El Ecuador, mantiene 162 234 hectáreas con cultivos de banano y su exportación representa el 2% del PIB y el 35% del PIB agrícola. Aproximadamente el 58% de grandes productores se concentran en las provincias del Guayas y Los Ríos (Ministerio de Comercio Exterior, 2017). Al menos el 14% de la producción anual de banano corresponde a “rechazo”, del cual, un menor porcentaje se distribuye para el consumo interno y la diferencia no es aprovechada de manera eficiente (Nieto y Guevara, 2012).

El rechazo, hojas y tallos del banano se pueden utilizar como materia prima en la producción de carbón activado, el cual constituye un material poroso con la capacidad de adsorción de sólidos (Tejada, Almanza, Villabona, Colpas, y Granados, 2017).

Los estudios realizados hasta el momento reportan que el carbón activado puede ser utilizado como: a) Absorbente y soporte catalítico, b) Eliminación de olor y sabor de aguas contaminadas, c) Remoción de una gran variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos disueltos en medio acuoso o gaseoso, d) Adsorbentes industriales para procesos de

recuperación, purificación y separación, e) Producción de electrodos para baterías y capacitores (Quijano, 2013) .

La presente investigación se encuentra fraccionada por capítulos, que se detallan a continuación:

El primer capítulo, presenta la problemática, antecedentes de la investigación donde se aborda la necesidad de mejorar la calidad del agua y el uso de productos de origen orgánico como materia prima los desecho originados de la actividad agrícola, además de las condiciones de agua potable suministrada a la ciudadanía cuya calidad puede afectar la salud de la población.

En el segundo capítulo, se establece el marco teórico de la investigación, el cual está constituido del marco conceptual con las principales definiciones y el marco teórico. Se presenta información bibliográfica de investigaciones con resultados obtenidos en temáticas relacionadas que sustentan esta investigación.

En el tercer capítulo se plantea el proceso metodológico, constituido por el tipo y métodos de investigación, fuentes de recolección de información, instrumentos de investigación, procesamiento y análisis de la información que permiten determinar las conclusiones de la misma.

El cuarto capítulo incluye los análisis de los resultados y por último, en el quinto capítulo se informa las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I.
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La presente investigación se realizó en el cantón Quevedo, que está constituido por 9 parroquias urbanas: 7 de octubre, 24 de mayo, Guayacán, Nicolás Infante Díaz, San Camilo, San Cristóbal, Quevedo, Venus del Río Quevedo, Viva Alfaro y por 2 parroquias rurales: La Esperanza y San Carlos.

El sistema de agua potable no solo se abastece de las aguas del río Calope con un caudal promedio de 320 l/s (829,440 m³/mes), sino de aguas subterráneas mediante la utilización de 19 pozos profundos dispuestos en lugares estratégicos de la ciudad (7 en el área de Quevedo y 7 en San Camilo) y parroquias rurales (2 en la Esperanza y 3 en San Carlos) con un caudal de 977,184 m³/mes (Construloxi, 2016).

En esta investigación se consideró los pozos No.1 y No. 2 localizados en la parroquia La Esperanza (Figura 1 y tabla 1).

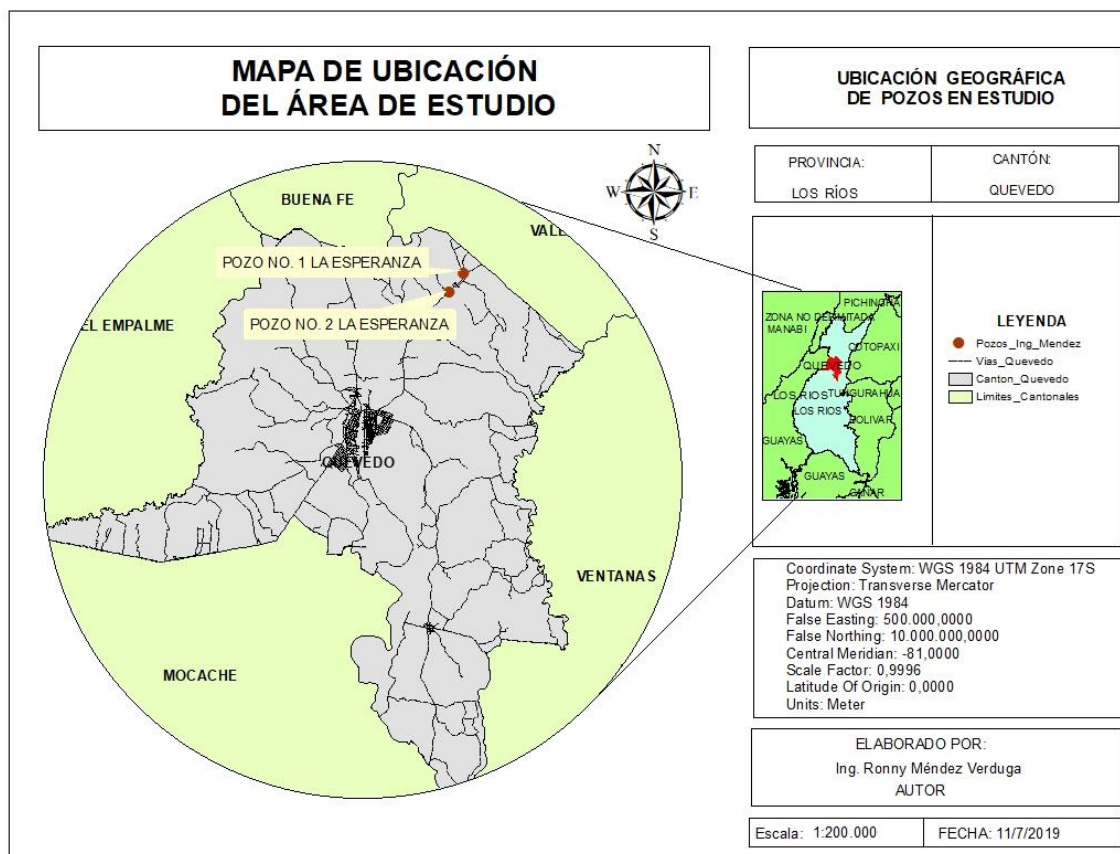


Figura 1. Ubicación geográfica de los pozos profundos de recolección de aguas.

Tabla 1. Ubicación en coordenadas UTM de pozos profundos.

Nombre	Coordenadas UTM WGS 84		Tipo (superficial o subterráneo)
	X	Y	
Pozo No. 1 La Esperanza	675785,42	9893603,36	SUBTERRANEO
Pozo No. 2 La Esperanza	675104,29	9892677,75	SUBTERRANEO

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

El cantón Quevedo se encuentra localizado en un entorno geográfico dedicado a la actividad agrícola con extensos cultivos de cacao, banano, palma africana, entre otros, los cuales, promueven una gran cantidad de desechos que no son utilizados de manera adecuada. Además, mantiene fuentes de agua superficial y subterránea que han sido afectadas por la actividad humana asentadas en su territorio.

Algunos estudios refieren que el agua del cantón Quevedo presenta valores que sobrepasan los máximos permisibles en parámetros de manganeso, oxígeno disuelto y coliformes fecales. El Índice de Calidad de Agua presenta un rango de 70 a 80 categorizando el agua en levemente contaminada, lo cual puede generar problemas a la salud humana transmitiendo enfermedades infecciosas intestinales, por lo que no se debe exponer a la población a su uso sin un proceso de potabilización (Mite, et al, 2016).

La actividad principal de la parroquia La Esperanza es la agricultura, implicando el uso del recurso hídrico de manera intensiva generando la pérdida de la calidad de sus aguas por el uso perenne de sustancias utilizadas en los cultivos que se desarrollan en la parroquia. Además, existen afectaciones al agua por actividades como la extracción de material pétreo, descarga de aguas residuales sin tratamiento debido a la falta de alcantarillados sanitario. El pozo La Esperanza 1 fue construido en 1987 provee agua al 20 % de la población con un caudal de 15 L/s, ubicado en el barrio La Floresta frente a la antena telefónica celular de claro, su horario de operación es de 12 horas, desde las 6am hasta las 6pm. Por otro lado, el pozo La Esperanza 2 abastece al 80% de la población con un caudal de 20 L/s, construido en 2010 y ubicado detrás de la gasolinera a la entrada de la parroquia, este pozo opera las

24 horas del día. Además, ambos pozos reciben un tratamiento de cloración in situ (Construloxi, 2016).

En el proceso de exportación, el 14% de la producción anual de banano es considerado como “rechazo” por lo que se dirige al consumo interno. Sin embargo, en este rubro no se considera el volumen que corresponde a las hojas y el raquis, los cuales son abandonados en el campo y en cuyo proceso de descomposición generan la proliferación de enfermedades y bacterias que afectan los cultivos con la consecuente contaminación del agua subterránea (Velasquí, Arévalo, y Triviño, 2017).

Además, es pertinente considerar que el uso del recurso hídrico por el ser humano es indispensable para su supervivencia, sin embargo, los altos índices de contaminación referidos en reportes investigativos visibilizan su incidencia en la salud de la población y el consecuente incremento en los gastos en la atención médica privada y hospitalaria a nivel estatal (Acosta, Benavides, y Sierra, 2015).

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿Será que el carbón activado obtenido a partir del raquis de banano permite su aplicación en el tratamiento de agua para consumo humano?

1.3.2 Problemas Derivados

- ¿Cuál es la incidencia del tamaño de partículas del raquis de Banano en la producción de carbón activado?
- ¿Cómo afecta la temperatura a las características físicas y químicas del carbón activado de Banano?
- ¿En qué medida incide el tiempo, la temperatura y el tamaño de partícula en la calidad del carbón activado de Banano?
- ¿Cómo afecta el tratamiento con carbón activado de Banano a las principales variables físico, químicas y biológicas de agua subterránea y el índice de calidad de agua (ICA)?

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La parroquia La Esperanza que pertenece al cantón Quevedo por su ubicación geográfica es parte del sector primario de la economía ecuatoriana con una población de 4853 habitantes de los cuales 2509 y 2344 son de género masculino y femenino respectivamente. Es un sector dedicado principalmente a la agricultura, forestales y de recreación; con condiciones ambientales y geográficas privilegiadas que la convierten en un atractivo comercial y ha motivado el asentamiento de una creciente población a una tasa de proyección de 2.98% de incremento anual, lo que conlleva además a una gran demanda del recurso hídrico, por lo que se ha considerado la siguiente delimitación:

CAMPO: Ciencia e ingeniería ambiental

ÁREA: Contaminación del recurso hídricos

LÍNEA: Desarrollo de sistema de producción que promuevan el uso eficiente de los recursos ambientales.

LUGAR: Descarga de pozos profundos en el cantón Quevedo.

TIEMPO: De septiembre 2018 a junio 2019

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Evaluar el efecto del carbón activado obtenido a partir del raquis de banano en el tratamiento de aguas de pozos profundos destinadas al consumo humano.

1.5.2 Específicos

- Determinar la incidencia del tamaño de partícula del raquis de banano en la producción del carbón activado.
- Evaluar la temperatura óptima en el proceso de producción de carbón activado obtenido del raquis de banano.
- Contrastar la influencia del tiempo, la temperatura y tamaño de partícula en la calidad del carbón activado obtenido del raquis de banano.

- Determinar el efecto del tratamiento con carbón activado obtenido del raquis de bananos en las principales variables físico, químico y microbiológico de agua subterránea y el índice de calidad de agua (ICA).

1.6 JUSTIFICACIÓN

El carbón activado comercial ha sido utilizado en muchos países del mundo como un tratamiento adicional durante el proceso de potabilización del agua cruda, con resultados satisfactorios y se ha referido una diversidad de materias primas utilizadas, entre ellas, los desechos agroindustriales y residuos de banano.

En la actualidad existen limitados estudios relacionados al uso de carbón activado obtenido a partir de residuos de cosecha del cultivo de banano, sin embargo, algunos informes han reportado excelentes resultados en la remoción de contaminantes presentes en el agua, tales como: 1) Un estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cáscaras de *Musa Sapientum* (Banano) (Chavez y Diaz, 2013), 2) Aprovechamiento de la Cáscara de la Mazorca de Cacao como Adsorbente (Suarez y Jerez, 2011), por lo que se deben realizar nuevas investigaciones que provean mayor información en relación a su uso para disminuir los niveles de contaminación presentes en aguas destinadas al consumo humano.

Por tal motivo el objetivo del presente trabajo es determinar si el carbón activado obtenido del raquis de banano permite su aplicación en el tratamiento de aguas para consumo humano.

CAPÍTULO II.
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Con el propósito de unificar significados de algunas definiciones utilizados en el presente estudio, a continuación, se definen los siguientes términos:

2.1.1 Agua

El agua es un recurso natural que debe ser tratado de una manera adecuada ya que el agua es de uso vital para los seres vivos (Imbaquingo, 2016).

2.1.2 Agua de pozos profundos

Es agua subterránea cuya composición química depende de su naturaleza y de los sólidos disueltos en ella (Hernández, León, y Salazar, 2012).

2.1.3 Contaminación del agua

El agua está contaminada cuando su composición se haya alterada de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural (Organización Mundial de la Salud, 2000). La presencia de productos químicos (pesticidas y fertilizantes) es uno de los factores que ocasiona degradación ambiental (Imbaquingo, 2016).

2.1.4 Carbón activado

Material de carbón poroso sometido a tratamiento físico o químico para aumentar la porosidad (Cortez y Limpio, 2013).

2.1.5 Índice

Grupo de parámetros ponderados con un peso (Castro, Almeida, Ferrer, y Díaz, 2014).

2.1.6 Índice de calidad del agua

Técnica que permite reportar la calidad del agua según su uso mediante la evaluación de diferentes parámetros (Hernández, León, y Salazar, 2012).

2.1.7 Parámetros de calidad del agua

Determinan la existencia de alteraciones en las condiciones naturales del agua (Castro, Almeida, Ferrer, y Díaz, 2014).

2.1. 8 Pruebas de adsorción

Eliminación de compuestos orgánicos no biodegradables y tóxicos presentes en soluciones acuosas (Giraldo y Moreno, 2004).

2.1.9 Agente Adsorbente

Materiales con propiedades químicas con la capacidad de adsorber metales pesados, gases tóxicos (Bolaños y Perez, 2009).

2.1.10 Tratamiento de aguas

Proceso de eliminación de contaminantes físicos, químicos y microorganismos en el agua (Camacho, 2011).

2.1.11 Absorbancia

Es la cantidad de luz absorbida por una solución para determinar la concentración de moléculas de la misma (Duque, Osorio, Cuenca, y Riascos, 2015).

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Características de los residuos de *Musa Cavendish*

Según BAU (2016) los residuos de la planta de banano *Musa Cavendish* son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Contenido de Residuos en *Musa Cavendish* banano.

Muestra	Ceniza	Volátiles	Humedad	Carbón Fijo
	%	%	%	%
Raquis	21,22	66,38	2,95	9,45
Pseudotallo E.	13,69	71,97	4,52	9,82
Pseudotallo C.	18,66	68,88	2,47	10,00
Hojas	12,82	70,77	2,03	14,48
Nervaduras	10,34	73,53	8,11	8,01

2.2.2 Contaminación del agua

La contaminación del agua de origen superficial y subterránea se genera de las actividades humanas como el desarrollo industrial, el crecimiento demográfico, uso de productos

químicos, extracción de minerales y descarga de aguas servidas causando que el agua no tenga la capacidad de eliminar los contaminantes (Camacho, 2011).

2.2.3 Análisis de la calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua superficial y subterránea se origina con el objetivo de identificar las causas y problemas relacionados a contaminantes específico, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para plantear alternativas de solución (Álvarez, Cutillas, Valle, y Cabañero, 2016).

2.2.3.1 Muestreo de la calidad del agua

Una muestra debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Ser representativa del sistema en el momento del muestreo.
- Tener un volumen suficientemente pequeño como para facilitar su transporte y manipulación.
- Preservar los valores del parámetro o parámetros a determinar hasta el momento de su análisis.
- Poseer una correcta identificación espacial, temporal y de manipulación.

Incumpliendo alguna de las condiciones anteriormente mencionadas causan los siguientes problemas:

- Dificultades en el tratamiento del agua.
- Alteración de los parámetros físico-químicos del agua.
- Dificultades en la determinación de la elaboración óptima de carbón activado.
- Costo de tratamiento excesivo.

2.2.3.2 Parámetros de análisis para determinar la calidad del agua

El parámetro es una característica que se determina mediante observación o medición (Castro, Almeida, Ferrer, y Díaz, 2014), entre los que se pueden mencionar:

Turbiedad. Es la propiedad de transmisión de luz en agua, indica la calidad de los vertidos de aguas residuales y aguas naturales en relación a la materia en suspensión coloidal y residual (Fondriest, 2015).

Temperatura. Medida de la energía cinética que afecta la solubilidad y procesos biológicos en el agua (Cirelli, 2012).

Color. El color es una característica que depende de la presencia de materia orgánica en descomposición, sales solubles de Fe y M, y por la relación directa que existe entre el color y pH (Galvín, 2008).

Sólidos. Son de tipo orgánico e inorgánico se generan de actividades industriales y su clasificación es: sólidos totales, sólidos en suspensión, sólidos totales disueltos, sólidos totales volátiles (Agency, 2002).

- **Sólidos Suspendidos (SS).** Por lo general se encuentra en concentraciones en un 70% orgánicos y un 30% inorgánico los sólidos los cuales pueden ser removidos por procesos físicos y mecánicos (Agency, 2002).
- **Sólidos Suspendidos totales (SST).** Es la suma de los sólidos orgánicos e inorgánicos (Agency, 2002).
- **Sólidos orgánicos (SO).** También llamados solidos volátiles estos están en una concentración de un 50% aproximadamente en las aguas provenientes de sectores urbanos que se originan de desechos animales y vegetales, además estos pueden ser expulsados con temperaturas altas (Agency, 2002).
- **Sólidos inorgánicos (SI).** Son las arenas gravas y limos, estos minerales son inertes (Agency, 2002).
- **Sólidos sedimentables (SS).** Son una fracción de los sólidos en suspensión siendo un subconjunto de estos (Agency, 2002).

- **Sólidos suspendidos coloidales (SSC).** Se refiere por lo general a sólidos orgánicos e inorgánicos que tienen una rápida decadencia y son aquellos no están disueltos (Agency, 2002).

Potencial de Hidrogeno (pH). El pH indica la concentración de iones de hidrógeno, en moles por litro, que existe en una disolución y es una medida de la acidez del fluido. Se la define como el logaritmo de la concentración de iones de hidrogeno, H^{+} . (Forero, Ortiz, y Rios, 2005).

Coliformes fecales (CF). Es un indicador bacteriano en el agua (Pulles, Navarro, y Espinoza, 2005).

Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 Días (DBO5). Es el oxígeno disuelto en el agua consumido para el proceso de oxidación de la materia orgánica que necesita los microorganismos (GORDÓN, 2013).

Nitratos (NO_3^{-}). Esta constituido molecularmente por Nitrógeno y Oxígeno, muy soluble en agua (Alfaro, Castro, y Araya, 2017).

Fosfatos (PO_4^{3-}). El fosforo inorgánico es un mineral que origina el ion fosfato contribuyendo directamente al ciclo de este elemento en el ambiente (Alfaro, Castro, y Araya, 2017).

Oxígeno Disuelto (OD). Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Lecca y Lizama, 2014)

2.2.3.3 Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA)

El índice de calidad del agua mide el grado de contaminación del agua evaluando diferentes parámetros dependiendo de la metodología a utilizar donde su medida está en porcentaje donde 100% especifica un agua en condiciones óptimas y 0% el extremo contrario altamente contaminada (Castro, Almeida, Ferrer, y Díaz, 2014).

Se calcula en función del uso y requerimientos que debe tener el agua. El índice utilizado para evaluar la condición del agua para consumo humano es el perfeccionado por Brown y la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF) basado en 9 parámetros Físicos

(Temperatura, pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Turbidez), Químicos (Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto (OD), Nitratos (NO₃⁻), Fosfatos (PO₄⁻³)) y Biológicos (coliformes totales y fecales) (Torres, Cruz, y Patiño, 2009).

Para determinar el Índice de Brown existen dos enfoques, se puede utilizar la suma ponderada o el producto ponderado mediante funciones matemáticas. Las técnicas multiplicativas son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mejor precisión una variación de calidad (Torres, Cruz, y Patiño, 2009).

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{W_i}) \quad (1)$$

Dónde: W_i: peso, es decir, el porcentaje asignado al i-ésimo parámetro

Sub_i: subíndice del i-ésimo parámetro.

2.2.4 Tratamiento de aguas

Las características que tiene el agua, el fin de su uso y los máximos límites permisibles de los parámetros establecen que tan complejo debe ser el tratamiento del agua el cual involucra costos sociales, ecológicos y económicos (Camacho, 2011).

2.2.4.1 Problemas en el tratamiento de aguas

Los principales problemas que se pueden originar en el tratamiento de aguas son:

- El exceso de cloro, resulta tóxico para el consumidor, reaccionando con distintos compuestos orgánicos, produciendo trihalometanos que causan problemas a la salud humana como daño a las funciones reproductoras, desarrollo de cáncer, etc. (Zafra, 2008).
- Un mal tratamiento del agua puede generar enfermedades para el ser humano como cólera, hepatitis, tifoidea, etc. y en la descarga a cuerpos de agua como ríos puede originar la disminución de su flora y fauna generada por la contaminación (Drobnic, 2009).

2.2.5 Resultados y aplicaciones del carbón activado obtenido a partir de desechos agroindustriales

La investigación sobre “Evaluación de las condiciones operacionales en el proceso de preparación de carbón activado de cascara de naranja valenciana (*Citrus Sinensis* Linn Osbeck), Laboratorios de Química UNAN-Managua, II semestre 2016”, reportó que las condiciones óptimas de la producción de carbón activado en el proceso de carbonización

correspondió a 3 horas con una temperatura de 450°C en el proceso de activación con ácido fosfórico (H₃PO₄) al 26% de concentración, obteniendo un área superficial de 647 m²/g y un 95 mg/g de capacidad de adsorción, lo que indicaba una aplicación satisfactoria en la adsorción de olores y sabores, por su característica mesoporosa de remover moléculas de tamaño medio. (López y Oporta, 2017).

Además, se ha referido algunos trabajos de purificación de agua mediante el uso de carbón activo proveniente de la cáscara de arroz, entre los cuales, se ha informado que la carbonización óptima corresponde a 800°C durante 2 horas, para su activación se lo realizó mediante proceso químico con ácido fosfórico al 85% de concentración obteniendo con capacidad de adsorción de 86.76%, como conclusión en esta investigación se establece su aplicación en eliminación de colorante en efluentes líquidos como óptima. (Guanuche, Sares, Nievas, y Morales, 2017).

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.

Se presenta los artículos de importancia para la investigación:

- Art. 3.-** Son deberes del estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos Internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social, y el agua para sus habitantes...
- Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida....
- Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.
- Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La

soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

•**Art. 66.-** Numeral 37: Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

•**Art. 83.-** Numeral 6: Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

•**Art. 264.-** Numeral 4: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

•**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

•**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

•**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

•**Art. 399.-** El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

2.3.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

•**Art. 245.-** La Autoridad Ambiental Nacional fomentará la investigación, la innovación y el desarrollo en el campo de diversas tecnologías, tanto a través de la cooperación nacional como internacional, para la aplicación de tecnologías limpias, económicamente viables y socialmente aceptables.

2.3.3 Código Orgánico del Ambiente (COA)

•**Art. 191.-** Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código.

Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Experimental

El presente trabajo fue de carácter experimental, ya que se determinaron mediante pruebas de laboratorio el tamaño de partícula, temperatura, tiempo óptimo en el proceso de carbonización de la muestra; y concentración del ácido fosfórico en el proceso de activación química del carbón para el uso en la potabilización del agua. Valorando el ICA mediante pruebas físico, químicas y microbiológicas para evaluar la eficiencia del carbón activado.

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación, en la medición de las variables, se emplearon los siguientes métodos:

3.2.1 Inductivo

La aplicación de este método permitió definir los resultados, conclusiones y recomendaciones a partir de la información recopilada sobre la contaminación del agua de los pozos profundos existente en bibliografías impresas y *on line*, así como, de los resultados obtenidos en los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de aguas antes y después del tratamiento con carbón activado

3.2.2 Analítico

Este método permitió estudiar de forma intensiva cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de carbonización, activación y absorbancia de la materia prima estudiada, para conocer y comprender el comportamiento del proceso aplicado en la carbonización del raquis de banano y de adsorción hacia el diseño de conclusiones y recomendaciones.

3.3 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Como procedimiento investigativo, fundamentado en el alcance de los objetivos específicos, se realizó la siguiente secuencia: Se realizó la toma y se prepara muestra del adsorbente. Se determinó las condiciones óptimas de los factores de estudios en el proceso de carbonización

y activación, evaluando el rendimiento del producto (masa de carbón producido). A continuación, se detalla el proceso metodológico aplicado:

3.3.1 Selección, colecta de la materia prima

Se colectó el raquis de *Musa Paradisiaca Cavendish* (banano) en las plantaciones existentes de la bananera San Antonio Km 10 Vía El Empalme-Guayaquil, las cuales fueron observadas minuciosamente a fin de que no presenten alteraciones en su estructura física originada por alguna plaga y/o enfermedad.

3.3.2 Carbonización y activación de la materia prima

La materia prima se lavó con agua destilada a 60°C por 30 minutos bajo una agitación de 100rpm con la finalidad de extraer partículas y polímeros de desechos, luego se secó a 120°C durante 24 horas. La materia prima obtenida se pesó en estado húmedo y seco. Se determinó el porcentaje de humedad aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(P_H - P_S)}{P_H} * 100 \quad (2)$$

Dónde: P_H : peso húmedo en (g)

P_S : peso seco en (g)

Posteriormente, el raquis de banano se llevó a preincineración en mufla a 180°C y una vez alcanzada la temperatura se dejó por 40 minutos. La biomasa preparada, con ayuda de un molino de cuchillas y un mortero se disminuyó de tamaño. Mediante un juego de tamices se clasificó en tres tamaños de partícula: 1) 0-1 mm, 2) 1-2 mm y 3) 2-3 mm. De este material se pesó 3 gramos y se impregnó con una solución concentrada de ácido fosfórico al 85% en una proporción de 1:5; es decir, 1 gramo de materia prima con 5 ml de ácido fosfórico y se mantuvo en contacto durante 24 horas. Se realizó varios lavados con agua destilada seguida de filtración, manteniendo un control constante del pH en cada lavada. Se adicionó Hidróxido de Sodio a 1 Molar para regular la muestra a un estado Neutro de pH. Se secó en estufa a 200 °C durante 2 horas (hasta que se observó la pérdida de humedad).

El proceso de carbonización consistió en someter la materia prima tratada con el agente activante (0-1 mm, 1-2 mm y 2-3 mm), en una atmosfera semi controlada en mufla a

temperaturas de 375°C, 350°C y 325°C; durante 20min, 30min y 40min. El carbón obtenido se lavó por tres ocasiones con agua destilada (hasta que no presentó coloración). A continuación, se secó en mufla a 110°C durante 2 horas (hasta que se observó la pérdida de humedad). Se pesó el producto obtenido y se registró los datos. Determinando el rendimiento del producto aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Carbón } (\% \frac{P}{P}) = \frac{\omega_{\text{carbón}}}{\omega_{\text{biomasa}}} \quad (3)$$

Donde ω_{biomasa} es la masa inicial y $\omega_{\text{carbón}}$ es el peso del residuo sólido remanente luego de la reacción.

3.3.3 Determinación del contenido de elementos en el agua

Se determinó el contenido de elementos del agua en estado natural y el agua tratada con el carbón activado mediante los métodos de análisis e instrumentos de evaluación para cada parámetro (Tabla N°2).

3.3.4 Análisis de absorbancia

El análisis estadístico aplicado, permitió seleccionar el mejor tratamiento en la producción de carbón activado, con el cual se trató las muestras de aguas mediante un filtro de carbón activado lento. Las pruebas de absorbancia se realizaron con azul de metileno y el carbón activado obtenido en esta investigación, aplicando un proceso de filtración lenta a cada uno de los tratamientos.

Se realizó la Prueba de Longitud de Onda (PLO), la cual consistió en el siguiente protocolo: En un balón de 500 mL se agregó 250 mL de solución de azul de metileno a 100 ppm y aforando se obtuvo una solución de 50 ppm. En un vaso de precipitación de 500mL se agregó la solución y se añadió el adsorbente a diferentes concentraciones. Se llevó a una bandeja o plancha de agitación magnética a temperatura ambiente, durante 280 min a 200 rpm, por el papel filtro se deja pasar la solución la cual es llevada a la prueba de Longitud de Onda.

Mediante el uso de un Espectrofotómetro marca HACH se buscó el máximo de adsorción para las pruebas con azul de metileno puro y empleando como blanco agua desionizada, se utilizó una serie de patrones de azul de metileno para la generación de la curva de calibración para determinar a los diferentes tiempos del ensayo el grado de adsorción del carbón activo.

3.3.5 Índice de Calidad del Agua (ICA)

Se realizó la toma de dos muestras puntuales de agua (una antes y otra después del proceso de adsorción) en los pozos N^o. 1 y N^o. 2 localizados en la parroquia la Esperanza, perteneciente al área rural del cantón Quevedo. Este proceso se fundamentó en las Normas Técnicas Ecuatorianas vigentes en el Ecuador:

- 1) NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del Agua, muestreo, manejo y conservación. Corresponde al análisis físico (pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Turbidez) y químicos (Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto (OD), Nitratos (NO₃⁻), Fosfatos (PO₄⁻³))
- 2) NTE INEN 2176:98 Calidad de agua, técnicas de muestreo. Corresponde al análisis físico para determinar el cambio de temperatura.
- 3) NTE INEN 1105:1983. Permite realizar el análisis biológico y se determinó coliformes totales y fecales.

El tipo de muestreo aplicado fue de gran importancia para la determinación de la calidad de agua mediante el índice de Brown y NFS. Los valores de referencia que se utilizaron para el análisis de los resultados de los parámetros (físico, químico y microbiológicos) corresponden a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio realizados en el Laboratorio de Suelos y aguas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el laboratorio de aguas de la Municipalidad de Daule, la normativa nacional 1108 (INEN, 2011) y el acuerdo ministerial N°97-A (TULSMA, 2015) y las guías para la calidad del agua potable (OMS, 2017) en los cuales se detallan los criterios de calidad de agua para consumo humano y doméstico, en función de los límites permisibles, los cuales nos permitieron determinar si los rangos son aceptables para consumo humano.

La ecuación que se utilizó en la determinación del ICA de la muestra de aguas no tratadas y tratadas con el carbón activado fue el índice desarrollado por Brown junto al apoyo del NSF la ecuación de la multiplicación ponderada (Ecuación N°1), en la cual los parámetros utilizados en el modelo fueron: Coliformes Fecales (NMP/100ml), pH (Unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (mg/L), Nitratos (mg/L), Fosfatos (mg/L), Cambio de Temperatura (°C), Turbidez (NTU), Sólidos disueltos totales (mg/L) y Oxígeno Disuelto (% saturación) (Torres, Cruz, y Patiño, 2009).

Tabla 3. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

PARÁMETRO	UNIDADES	PESO RELATIVO	MÉTODOS DE ANÁLISIS
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	0.15	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No 9221E/ 9221C
pH	Unidades de pH	0.12	PEE/CESTTA/05 Standard Methods 4500-H ⁺ B
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	mg/L	0.10	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No 5210B
Nitratos	mg/L	0.10	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500-NO ₃ ⁻
Fosfatos	mg/L	0.10	PEE/CESTTA/43 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC
Cambio de Temperatura	°C	0.10	PEE/CESTTA/04 Standard Methods No 2550 B
Turbidez	NTU	0.08	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1
Sólidos disueltos Totales	mg/L	0.08	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No 2540 D
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No 4500 –OG

La estimación del Índice de Calidad de Agua se realizó considerando la clasificación del ICA propuesto por Brown (Tabla N° 4) y por el uso establecida por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Tabla N° 5).

Tabla 4. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.

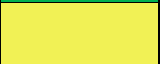
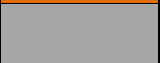
Calidad de Agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Tabla 5. Clasificación del “ICA” según criterio general

ICA	Criterio general	Abastecimiento público	Recreación	Pesca y vida	Industrial y acuática
100	No contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para Cualquier Deporte Acuático	Aceptable Para todos los organismos	No requiere purificación
90		Ligera Purificación			Ligera purificación para
80					Aceptable
70	Poco contaminado	Mayor necesidad de Tratamiento			Aceptable no Recomendable
60					
50					
40	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
30		No Aceptable	Sin contacto con el agua		
20	Altamente contaminado		Señal de contaminación	No aceptable	Uso muy restringido
10	No Aceptable		No Aceptable		

3.4 FUENTES DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La fuente primaria correspondió al análisis y evaluación de los factores que intervinieron en la experiencia de campo y los resultados en las pruebas que se realizaron en el laboratorio. Las fuentes secundarias constituyeron la información científica de libros, artículos y páginas de internet relacionadas al tema objeto de estudio.

3.5 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Los instrumentos de investigación utilizados corresponden a un libro de campo, una cámara fotográfica y equipo de computación en los que se registró todas las actividades que se realizaron a nivel de campo y laboratorio. Además, se utilizaron los equipos de laboratorio y material activante: Ácido fosfórico (H_3PO_4) y otros reactivos como el Hidróxido de sodio (NaOH).

3.6 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis estadístico se realizó mediante el programa STATGRAPHICS Centurion XVI (StatPoint Technologies, Inc. 1982-2010), aplicando un diseño experimental ortogonal L_9 (3^4) (Tabla N°7). Se determinó variables de media y varianza como estadística descriptiva. Posteriormente se realizó un análisis multivariante con una ANOVA Multifactorial en el cual se efectuó análisis de varianza, separación de medias y múltiples rangos de Tukey HSD donde los factores de estudio fueron Tamaño de partícula, Temperatura, Tiempo y Concentración de Ácido Orto fosfórico (Tabla N° 6) y la variable dependiente fue el Rendimiento del producto.

Tabla 6. Factores en estudio de carbonización.

Nombre	Código	Niveles en estudio		
		1	2	3
Tamaño de partícula (mm)	A	0-1 mm	1-2 mm	2-3 mm
Temperatura (°C)	B	375	350	325
Tiempo (min)	C	20	40	60
Acido Orto fosfórico (%)	D	85	85	85

Tabla 7. Diseño de los tratamientos de carbonización.

Tratamientos	Factores			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2

8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Luego, los tratamientos del diseño fueron evaluados en la prueba de absorbancia en los cuales se determinó el poder de la adsorción en la decoloración de azul de metileno valores que se obtuvo mediante curvas de calibración de 0,4 ppm a 50ppm de Azul de Metileno usando regresiones lineales con un $R^2 > 0,99$ indicando que las estimaciones se ajustaron bastante bien a la variable real. Esta información obtenida se analizó mediante la construcción la curva de adsorción de azul de metileno en función del tiempo identificando el mejor tratamiento.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia del tamaño de partícula del raquis de banano en la producción del carbón activado.

En el proceso de identificación del tamaño de partícula óptimo, se realizó un análisis de varianza al rendimiento del producto en Statgraphics como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Análisis de Varianza para masa de Carbón vs Tamaño de Partícula.

FACTOR	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Tamaño de partícula	0,724906	2	0,362453	12,05	0,0005

En la tabla 8 se evidencia que la razón F es un valor suficientemente grande indicando que el factor Tamaño de Partícula es significativo. Además, el valor P nos demuestra que las diferencias entre medias son estadísticamente significativas.

En la figura 2 se aprecia que existe influencia sobre la producción de carbón activado de raquis de banano del tamaño de la partícula de la materia prima. Hecho que se observa claramente en el gráfico de medias del factor.

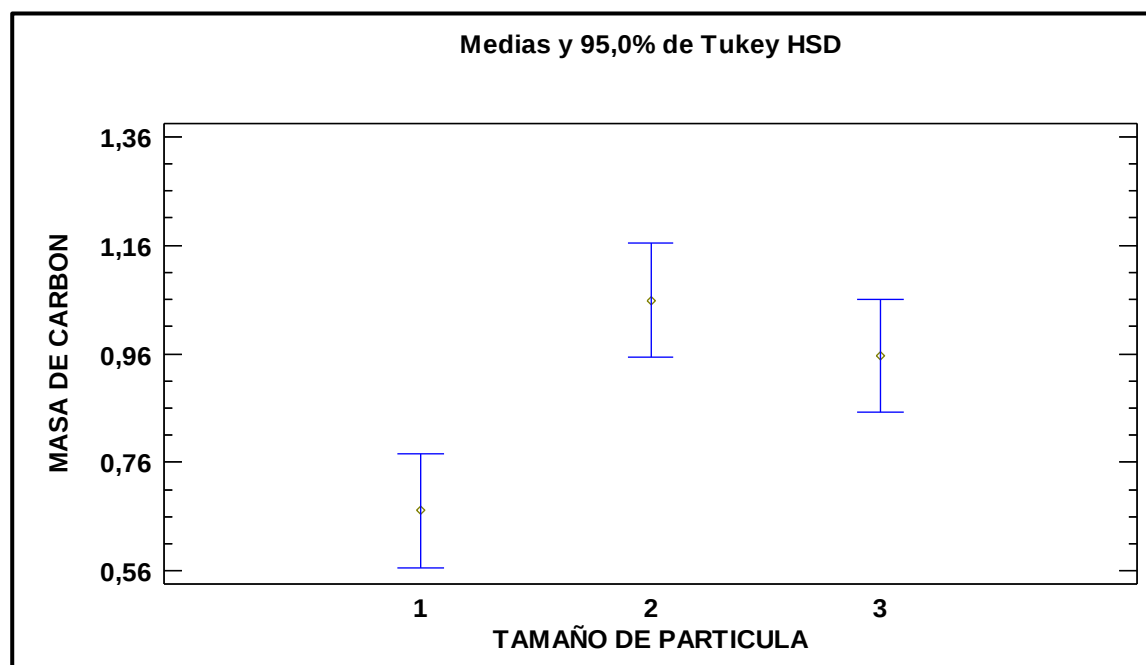


Figura 2. Gráfico de medias de Masa de Carbón versus Tamaño de Partícula de la materia prima.

En la tabla de Medias, el error estándar indica una misma dispersión entre los niveles del Factor, evidenciándose en la Media que el tamaño de la partícula con mejor producción de

carbón activado es el nivel 2 (1mm a 2mm) con una media de 1,05854 g de Carbón Activo como se presenta la siguiente tabla:

Tabla 9. Medias por Mínimos Cuadrados para masa de carbón con intervalos de confianza del 95% por tamaño de partícula.

NIVEL	MEDIA	ERROR EST.
1	0,671178	0,0578034
2	1,05854	0,0578034
3	0,955844	0,0578034

Mediante prueba de significancia de Tukey se observa 2 grupos independientes mostrando que a mayor tamaño de partícula de raquis de banano (1 a 2 mm) y (2mm a 3 mm) se obtiene mayor producción de carbón activado.

Tabla 10. Pruebas de Múltiples Rangos para Masa de Carbón por Tamaño de Partículas

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD		
NIVELES	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
1	0,671178	X
2	1,05854	X
3	0,955844	X
Contraste	Sig.	Diferencia
1-2	*	-0,387367
1-3	*	-0,284667
2-3		0,1027
* indica una diferencia significativa.		

4.2 Temperatura óptima en el proceso de producción de carbón activado de banano

En el proceso de identificación de la temperatura óptima, se realizó un análisis de varianza al rendimiento del producto en Statgraphics como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis de Varianza para masa de Carbón vs Temperatura de Carbonización.

FACTOR	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRAD O MEDIO	RAZÓN -F	VALOR-P
Temperatura	0,226724	2	0,113362	3,77	0,0429

En la tabla 11 se evidencia que la razón F es un valor suficientemente grande indicando que el factor Temperatura es significativo. Además, el valor P nos demuestra que las diferencias entre medias son estadísticamente significativas.

Se evidencia que existe influencia sobre la producción de carbón activado de raquis de banano de la temperatura de carbonización. Hecho que se observa claramente en la figura 3 de medias del factor.

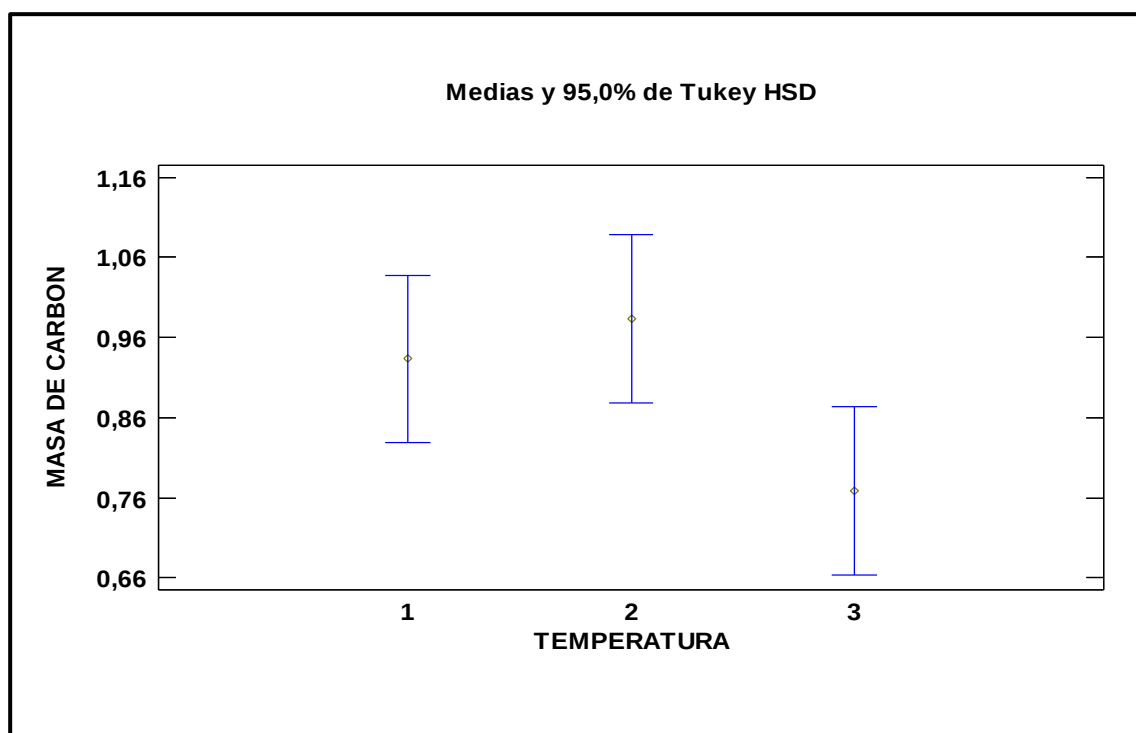


Figura 3. Gráfico de medias de Masa de Carbón versus Temperatura de carbonización.

En la tabla de Medias se observa que la temperatura de carbonización con mejor producción de carbón activado es el nivel 2 (350°C) con una media 0,983333 g de carbón activado como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12. Medias por Mínimos Cuadrados para Masa de Carbón con intervalos de confianza del 95% por Temperatura de carbonización.

NIVEL	MEDIA	ERROR EST.
1	0,933389	0,0578034
2	0,983333	0,0578034
3	0,768844	0,0578034

Mediante prueba de significancia de Tukey se observa 2 grupos independiente mostrando que a mayor temperatura de carbonización (375°C) y (350°C) se obtiene mayor producción de carbón activado.

Tabla 13. Pruebas de Múltiples Rangos para Masa de Carbón por Temperatura de carbonización.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD		
NIVELES	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
1	0,933389	XX
2	0,983333	X
3	0,768844	X
Contraste	Sig.	Diferencia
1-2		-0,049944
1-3		0,164544
2-3	*	0,214489
* indica una diferencia significativa.		

4.3 Influencia del tiempo, la temperatura y tamaño de partícula en la calidad del carbón activado de banano

Se determinó la influencia del tiempo, la temperatura de carbonización y tamaño de la partícula de la materia prima previamente realizado la impregnación a una concentración constante del agente activante para lo cual se realizaron análisis de absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible empleando curvas de calibración usando un patrón de azul de metileno como se presenta a continuación:

Tabla 14. Valores de absorbancia para las curvas de calibración con azul de metileno por espectrofotometría UV-Visible.

Curva de Calibración									
Concentración en ppm	0,4	0,8	1,2	1,6	2	4	6	l=663 nm	
Absorbancia	0,187	0,368	0,512	0,654	0,839	1,355	1,925		
Concentración en ppm	10	12	14	18,8	l=660 nm				
Absorbancia	2,126	2,296	2,516	3,107					
Concentración en ppm	20	22	24	28	30	31	31,5	31,8	l=654 nm
Absorbancia	3,207	3,259	3,352	3,458	3,531	3,595	3,615	3,637	
Concentración en ppm	32	34	38	40	l=613 nm				
Absorbancia	3,678	3,727	3,892	3,962					
Concentración en ppm	40	44	47	50	l=613 nm				
Absorbancia	3,962	4,019	4,068	4,110					

En la figura 4 se presentan las ecuaciones de las curvas de calibración que fueron obtenidas usando una solución de azul de metileno desde una concentración de 0,4 hasta 50 ppm, mediante el análisis de regresión lineal se construyeron 5 ecuaciones lineales considerando la longitud de onda máximo obtenido en cada una de las mediciones de las absorbancias a las diferentes concentraciones permitiendo correlacionar estas variables a una longitud de onda constante como se muestra en la tabla 14. Se estableció las ecuaciones entre las dos variables cuantitativas relacionando una variable dependiente “y” (Absorbancia) con una variable independiente “x” (concentración de azul de metileno) observando que existe una fuerte correlación entre las variables, según el coeficiente de Person (R^2).

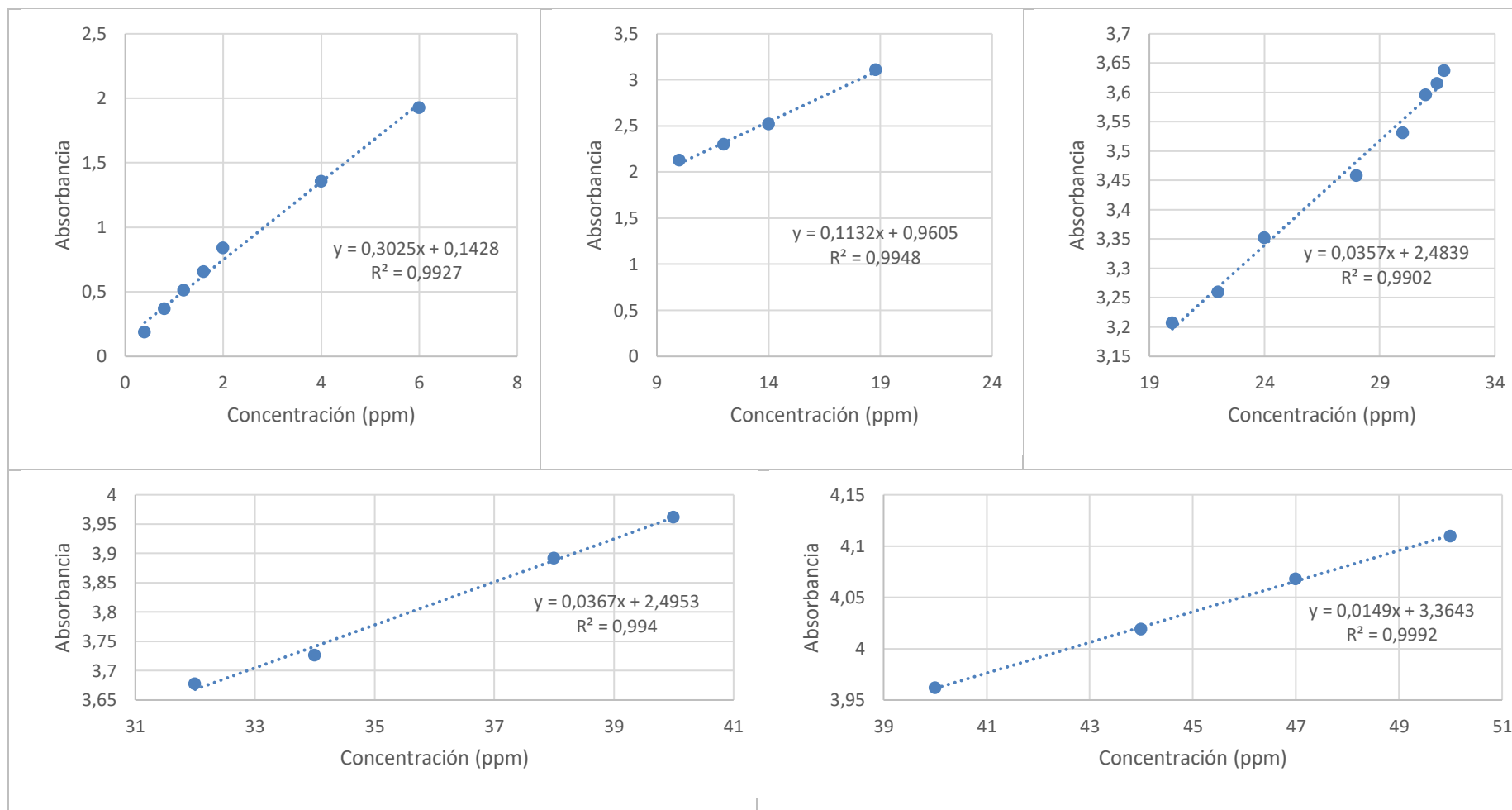


Figura 4. Curvas de Calibración espectro-fotómetro UV-Vis.

Realizando el análisis de las muestras de carbón activado de cada uno de los tratamientos y evaluando el poder de adsorción de las trazas de azul de metileno o decoloración se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan a continuación:

Tabla 15. Adsorción de azul de metileno a 50 ppm y carbón activado a 200ppm.

TRATAMIENTO	% Adsorción de Azul de Metileno
A1B1C1D1	18,68
A1B2C2D2	32,82
A1B3C3D3	36,86
A2B1C2D3	66,63
A2B2C3D1	81,78
A2B3C1D2	67,46
A3B1C3D2	34,57
A3B2C1D3	27,16
A3B3C2D1	24,70

Los resultados refieren que el mejor resultado de adsorción a una concentración de 50ppm de azul de metileno y 200 ppm de carbón activado se obtiene en el tratamiento A2B2C3D1 correspondiente a un tamaño de partícula de 1 a 2 mm, a una temperatura de carbonización de 350°C y un tiempo de carbonización de 40 min alcanzando una adsorción del 81,78% a los 280 min en contacto con el carbón activado.

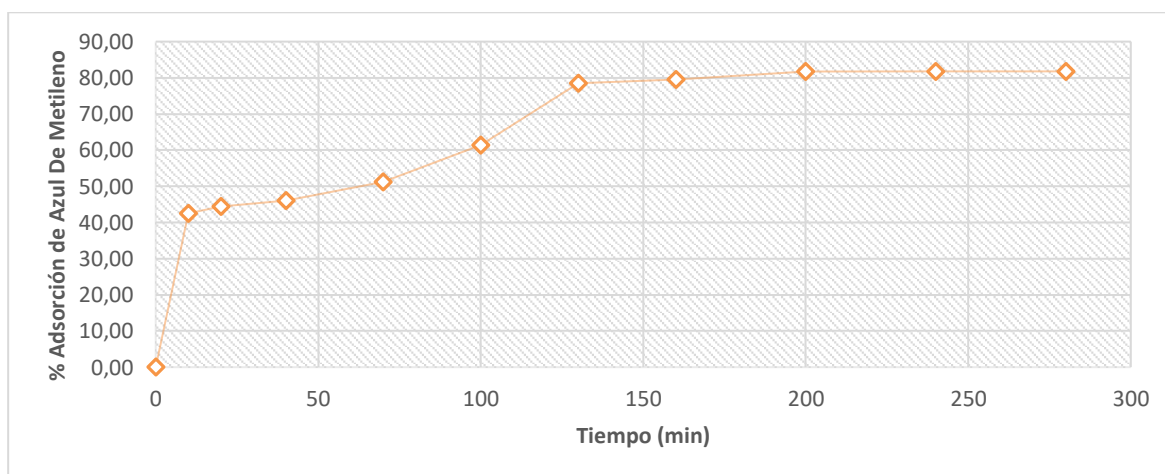


Figura 5. Curva de Adsorción de azul de metileno a 200 ppm de carbón activado versus tiempo del tratamiento A2B2C3D1.

En la curva de Adsorción de azul de metileno se observa que mantiene una tendencia creciente en el tiempo, con un mejor resultado a partir de los 160 min en contacto con el carbón activado con un promedio del 80 %.

Tabla 16. Adsorción de azul de metileno a 50 ppm y carbón activado a 300ppm

TRATAMIENTO	% ADSORCIÓN DE AZUL DE METILENO
A1B1C1D1	20,72
A1B2C2D2	62,61
A1B3C3D3	59,77
A2B1C2D3	74,25
A2B2C3D1	91,17
A2B3C1D2	68,15
A3B1C3D2	39,99
A3B2C1D3	35,44
A3B3C2D1	25,19

El mejor resultado de adsorción de azul de metileno se presenta a una concentración de 50ppm y carbón activado a 300 ppm con en el tratamiento A2B2C3D1 correspondiente a un tamaño de partícula de 1 a 2 mm, a una temperatura de carbonización de 350°C y un tiempo de carbonización de 40 min con un 91,17% a los 280 min en contacto con el carbón activado.

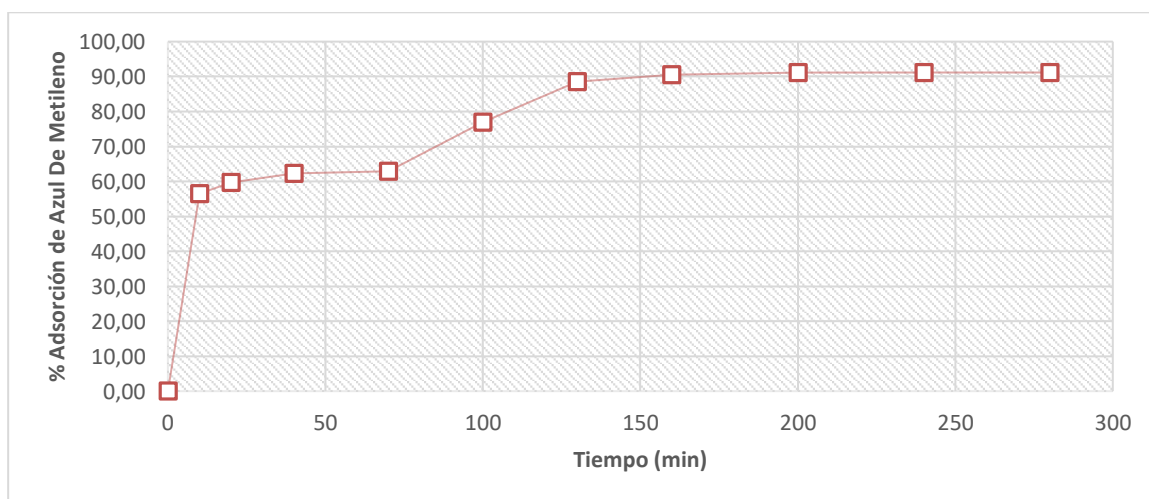


Figura 6. Curva de Adsorción de azul de metileno a 300 ppm de carbón activado versus tiempo del tratamiento A2B2C3D1.

Se observa en la curva de Adsorción de azul de metileno la tendencia creciente en el tiempo donde con un mejor resultado a partir de los 160 min en contacto con el carbón activado con un promedio del 91 %.

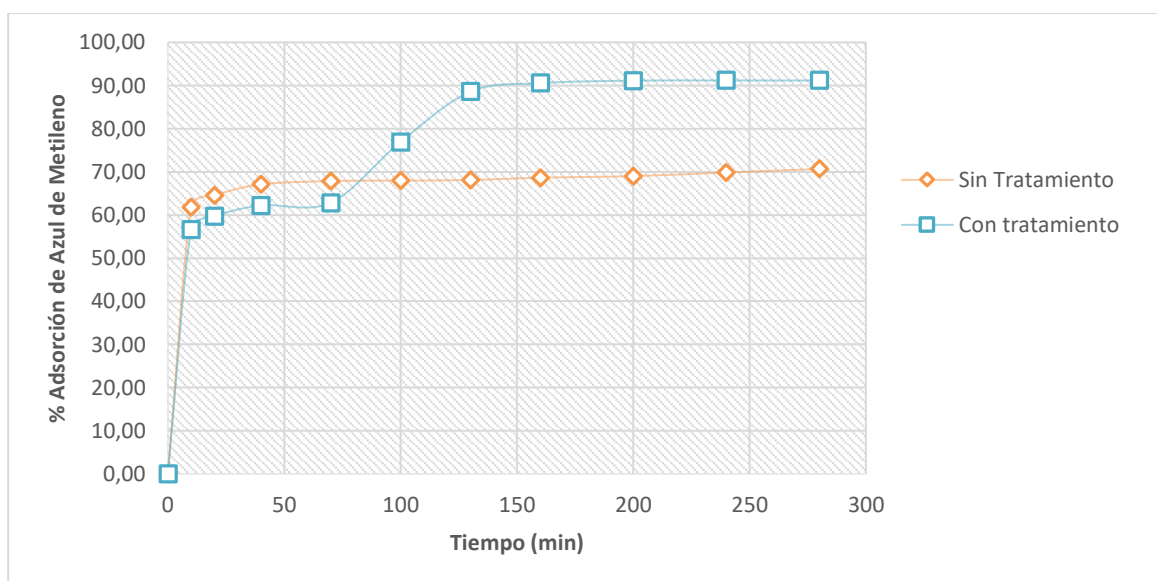


Figura 7. Curva de Adsorción de azul de metileno a 300 ppm de carbón activado con tratamiento Químico A2B2C3D1 y sin tratamiento Químico A2B2C3.

Se observa que en la adsorción con tratamiento químico se alcanzó el 91,17% y en la muestra de carbón activado sin tratamiento se obtuvo una eficiencia del 70,66 % a los 280 min en contacto con el carbón activado, lo cual se debe al tratamiento con ácido fosfórico de modo que elimino parte de la materia con alto contenido de celulosa.

En estudios realizados en la producción de carbón activado obtenido de raquis de banano en condiciones de pirólisis reportan buenos resultados de adsorción con carbón activado a una concentración de 50ppm presento una adsorción de 50.98 y 48.36 ppm con una concentración inicial de 100 ppm de azul de metileno con tratamiento químico (H_3PO_4) y sin tratamiento químico respectivamente y a una concentración de 100ppm de carbón activado presento una adsorción de 76.13 y 70.63 ppm con la misma concentración inicial de azul de metileno con tratamiento químico (H_3PO_4) y sin tratamiento químico respectivamente. Evidenciando una relación de incremento en un 50 % en la adsorción de azul de metileno cuando se duplica la concentración de carbón activado (Sugumaran, Susan, P.Ravichandran, y Seshadri, 2012).

4.4 Efecto de los tratamientos con carbón activado de banano en las principales variables físico, químicos y microbiológicos de agua subterránea y el índice de calidad de agua (ICA).

En el proceso del análisis de la Adsorción se utilizó un filtro diseñado con una bureta graduada de 50 mL con llave, el filtro de carbón activado con la siguiente configuración: carbón activado (10 mL) y arena fina (5 mL) el cual fue utilizado por Lascano (2015) con excelentes resultados en turbidez.

Se realizó el análisis comparativo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua con y sin tratamiento de filtrado de carbón activado Lento (CAL) considerando el tratamiento A2B2C3D1 como mejor resultado en la adsorción de azul de metileno. Se consideró los criterios de los límites permisibles de la calidad de agua para consumo humano establecido por el INEN, TULSMA y OMS. A continuación, se presentan los resultados:

Tabla 17. Criterios de Calidad del agua para consumo humano

	UNIDADES	CRITERIOS DE LÍMITES PERMISIBLES			POZO No. 1 LA ESPERANZA		POZO No. 2 LA ESPERANZA	
		INEN	TULSMA	OMS	SIN TRATAR	TRATADA	SIN TRATAR	TRATADA
Potencial de hidrogeno	pH	-	6-9	6,5-9,2	7,08	6,76	7,43	7,32
Turbidez	UNT	5	100	5	0,136	0,089	0,365	0,160
Solidos disueltos totales	mg/L	-	-	1000	55	32	62	24
Fosfatos	mg/L	-	-	1	1,08	0,63	1,58	1,24
Nitratos	mg/L	50	50	50	5,8	2,8	3,8	0.9
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/L	-	<2	-	1,2	0,7	2,8	0,5
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,1	1000	-	120	0	40	0
Oxígeno disuelto	mg/L	-	-	5	5,44	7,50	7,75	8,35
Temperatura agua	°C	-	-	-	27,8	24,2	26,5	24,0

Potencial de Hidrógeno (pH)

Se observa en la figura N° 8 que el pH del Agua sin tratar de los pozos La Esperanza 1 y 2 son 7,08 y 7,43 respectivamente una vez tratadas las muestras de agua por el filtro lento de carbón activado se obtiene un pH de 6,76 y 7,32 respectivamente.

El tratamiento de aguas con filtro tiene efecto sobre el pH.

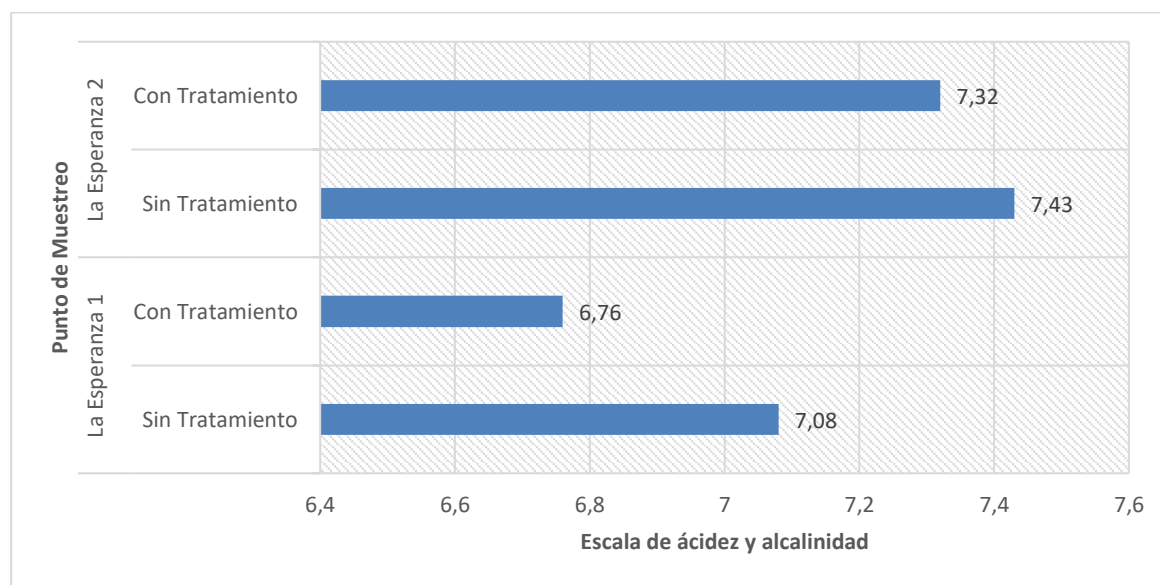


Figura 8. Valores de pH del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

El potencial de hidrogeno del agua sin tratar y tratada de acuerdo a los rangos de límites permisibles según los criterios utilizados (INEN, TULSMA Y OMS) en la tabla N° 17 son aceptables.

Temperatura

La temperatura es un parámetro que tiene relación directa con factores de calidad del agua como el Oxígeno Disuelto donde a temperaturas más bajas existe un incremento de este parámetro (Tabla N° 17).

En la figura N° 9 se observa que las temperaturas del agua sin filtración son más altas (27,8 °C La Esperanza 1 y 26,5 °C La Esperanza 2) comparadas con el agua filtrada o tratadas (24,2 °C La Esperanza 1 y 24,0 °C La Esperanza 2).

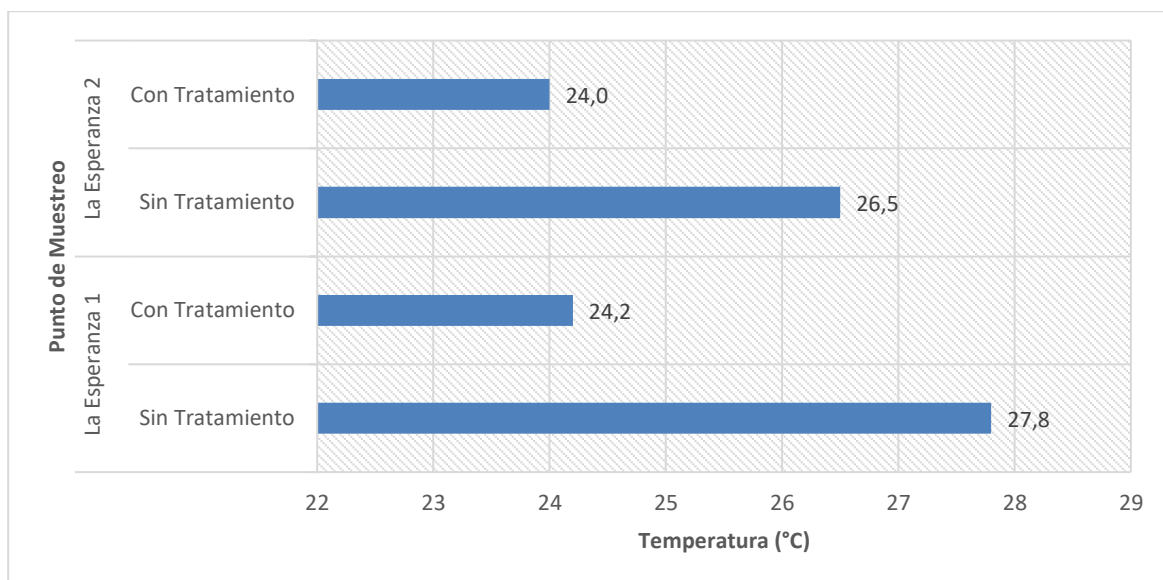


Figura 9. Valores de Temperatura del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Turbidez

Se observa en la figura N° 10 que la turbidez del Agua proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 sin tratar y tratada oscilan entre 0,089-0,365 UNT; los cuales están dentro del rango de los límites permisibles para los criterios INEN, TULSMA Y OMS en la Tabla N°17.

La presencia de turbidez se genera por desechos de origen orgánico e inorgánico (Mite, y otros, 2016).

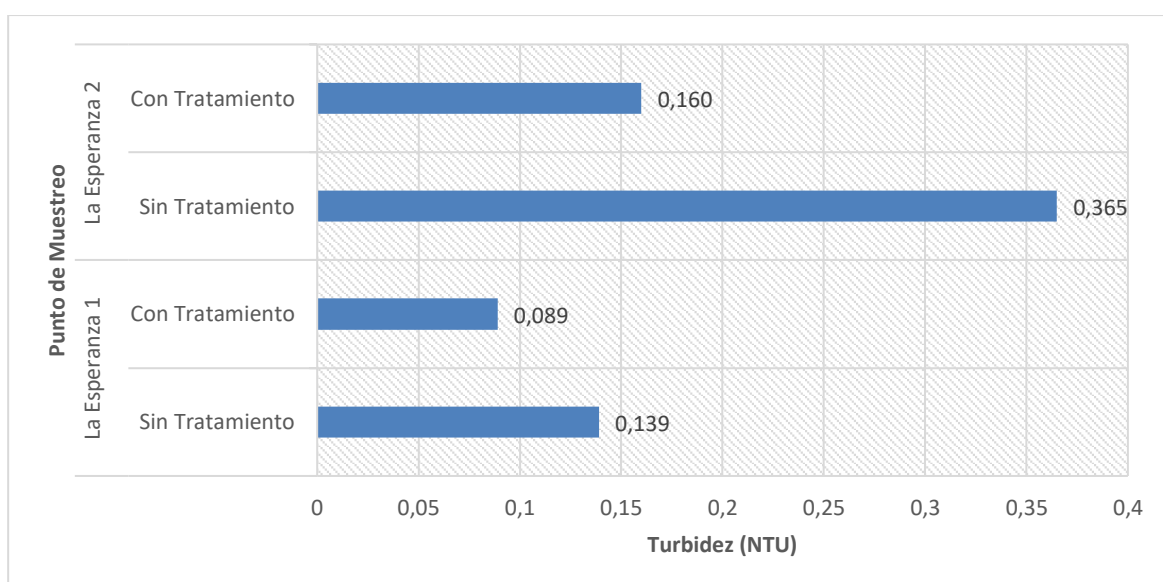


Figura 10. Valores de Turbidez del Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Sólidos Disueltos Totales

Se puede observar en la figura N° 11 que los valores de sólidos disueltos totales del agua sin tratar de los pozos La Esperanza 1 y 2 corresponden a 55 y 62 mg/L respectivamente. Una vez tratadas las muestras de agua por el filtro lento de carbón activado se obtiene una disminución de los sólidos disueltos totales 32 y 24 respectivamente, encontrándose todos los valores dentro de los límites permisibles de acuerdo al criterio de OMS en la Tabla N° 17, sin embargo, se debe considerar la disminución correspondiente al 41,82 y 61,29%, respectivamente, en relación a su valor inicial.

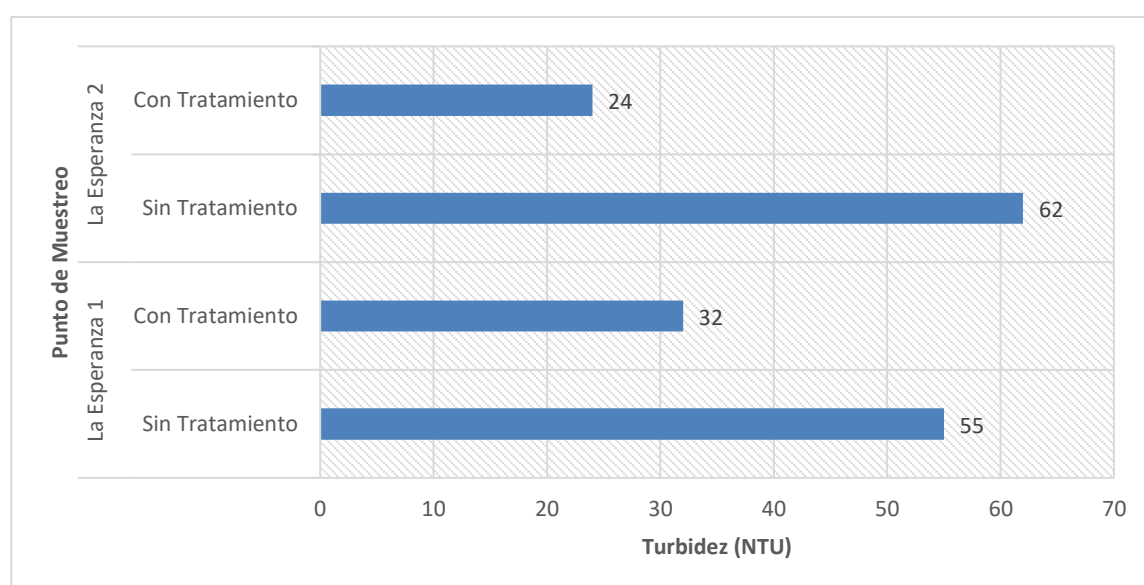


Figura 11. Valores de Sólidos Disueltos Totales en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Fosfatos

En la figura N° 12 se observa que los valores de fosfatos en el agua sin tratar proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 son 1,08 y 1,56 mg/L respectivamente, los cuales sobrepasan el límite máximo permisible de acuerdo al criterio OMS (1mg/L) en la Tabla N° 17.

Al realizar el análisis con el agua sometida a tratamiento, se observa una disminución en los valores de fosfatos en el agua 0,63 y 1,24 mg/L correspondiente a pozos La Esperanza 1 y 2 respectivamente donde el primero se encuentra dentro del rango según el criterio de calidad de agua y el otro no.

Los fosfatos se presentan en los cuerpos de organismos acuáticos los cuales en su proceso de descomposición pueden ser añadidos al contenido del agua (Alfaro, Castro, y Araya, 2017). Además, su uso en los cultivos podría incidir que durante el proceso de infiltración del agua de lluvia a través del suelo incrementen su contenido en el agua de los pozos profundos.

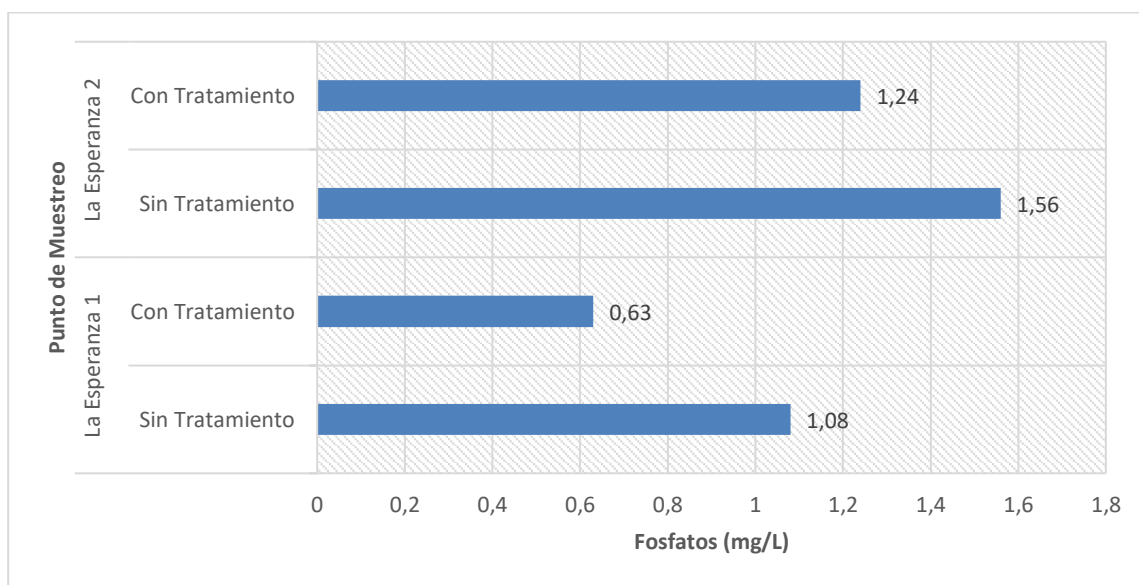


Figura 12. Valores de fosfatos en el agua tratada y sin tratar obtenida en los pozos La Esperanza 1 y 2.

Nitratos

En la figura N° 13 se observa que los valores de nitratos en el agua sin tratar proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 son 5,8 y 2,8 mg/L respectivamente, una vez tratada las muestras se observa una disminución en los valores de nitratos en el agua 2,8 y 0,9 mg/L, respectivamente, los cuales se encuentra dentro del rango del límite máximo permisible según los criterios de calidad de agua (INEN, TULSMA y OMS) en la tabla N° 17, lo que permite interpretar que no presentan contaminación de fertilizantes nitrogenados.

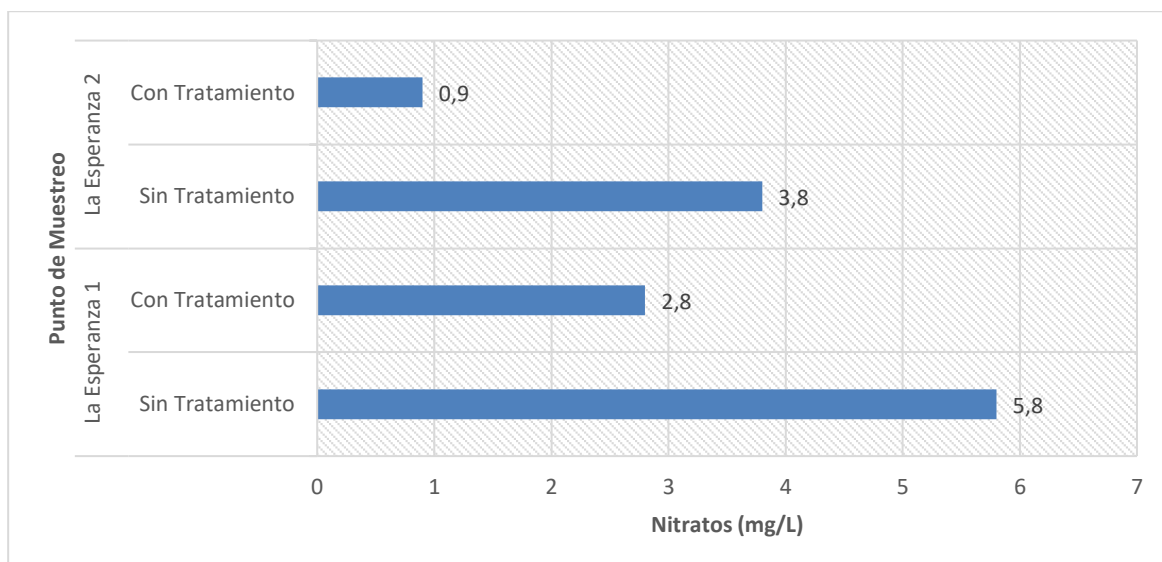


Figura 13. Valores de Nitratos en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)

Se observa en la figura N° 14 que la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días del agua sin tratar de los pozos La Esperanza 1 y 2 corresponde a 1,2 y 2,8 mg/L respectivamente, presentando el pozo No. 2, un nivel superior al máximo límite permisible según el TULSMA. Una vez tratadas las muestras de agua con el filtro lento de carbón activado se obtiene un DBO₅ de 0,7 y 0,5 mg/L respectivamente encontrándose en un rango aceptable por el criterio TULSMA en la Tabla N° 17, evidenciando que el tratamiento de aguas con filtro tiene efecto sobre el DBO₅ comportándose no solo como lecho filtrante sino como digestor.

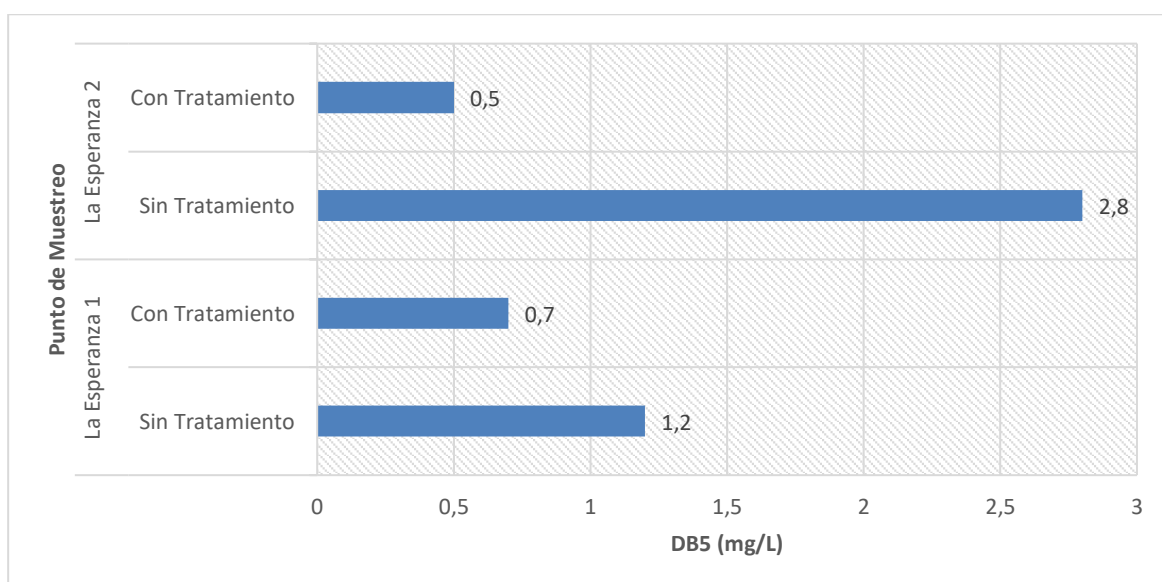


Figura 14. Valores de DBO₅ en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Coliformes Fecales

En la figura N° 15 se observa que el agua proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 sin tratamiento presenta valores de Coliformes Fecales de 120 y 40 NMP/100 mL respectivamente, indicando que estos valores según el criterio INEN (<1,1 NMP/100mL) son superiores al máximo límite permisible presentando contaminación con heces fecales por lo que no es apta para el consumo humano. Sin embargo, estos valores están dentro del rango aceptable según el Criterio TULSMA (hasta 1000 NMP/100 ml) referidos en la Tabla N° 17.

Con el tratamiento del filtro lento de carbón activado se obtiene resultados de 0 NMP/ 100 mL de coliformes fecales en el agua de los dos pozos estudiados, manteniéndose dentro del rango aceptable. El tratamiento de aguas con filtro tiene efecto sobre la presencia de bacterias de Coliformes Fecales.

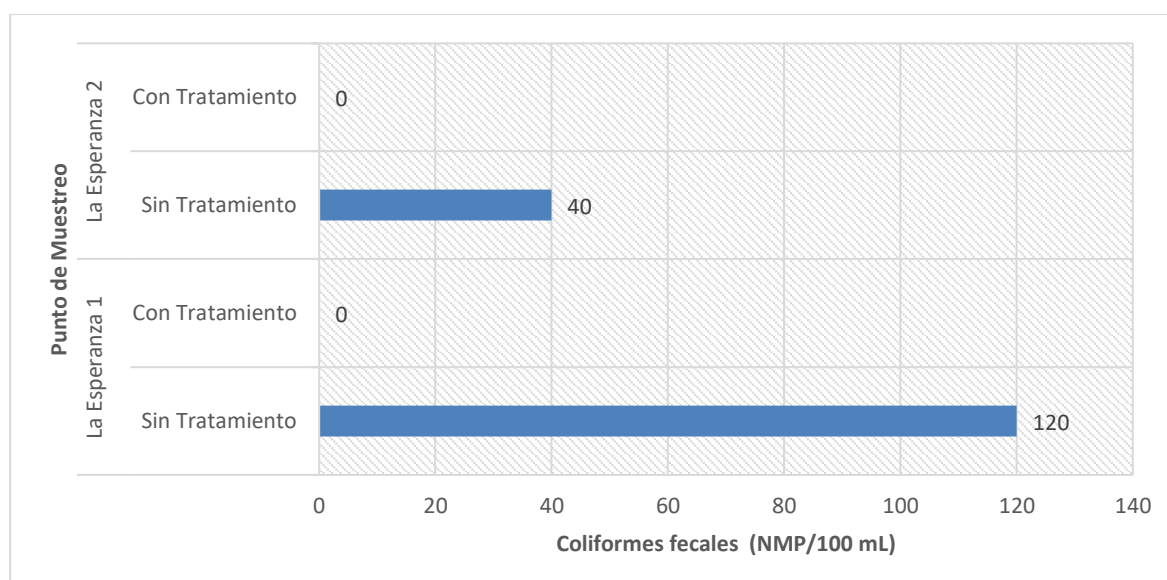


Figura 15. Valores de Coliformes Fecales en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Oxígeno disuelto

En la figura N° 16 se observa que los valores de Oxígeno Disuelto en el agua sin tratar proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 son 5,44 y 7,75 mg/L respectivamente y una vez tratada las muestras se observa un crecimiento en los valores de Oxígeno Disuelto en el agua 7,50 y 8,35 mg/L, respectivamente los cuales sobrepasan el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS (5 mg/L) en la Tabla N° 17. Es pertinente considerar que el Oxígeno

disuelto se ve afectado por la velocidad de la filtración, el tiempo de detención del agua y las características granulométricas del material que compone el filtro (Esquivel, Pizzolatti, y Sens., 2012).

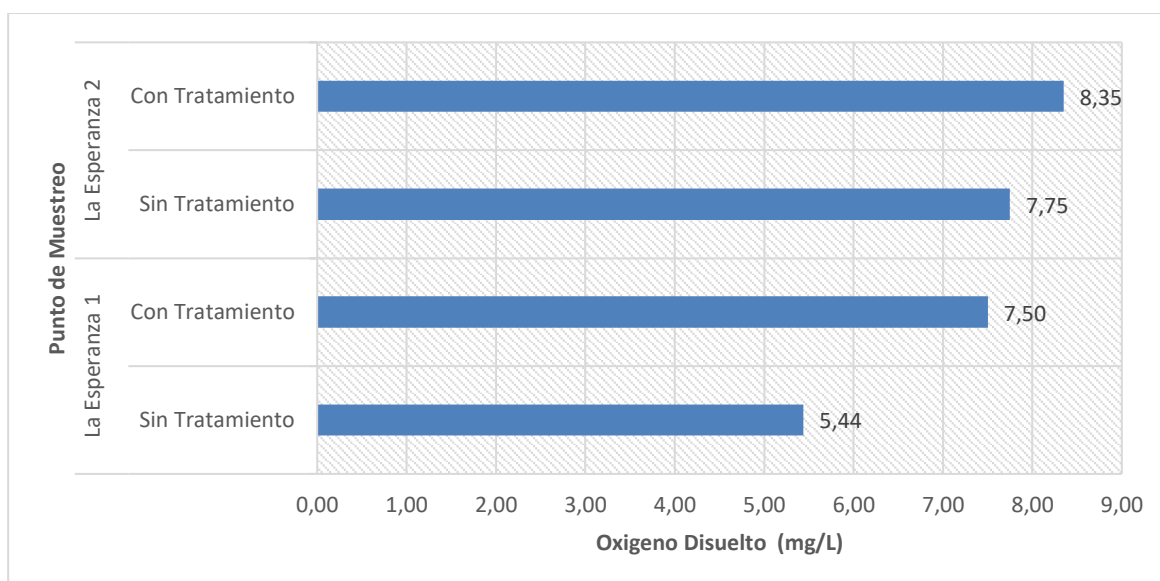


Figura 16. Valores de Oxígeno Disuelto en el Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

Índice de Calidad de Agua (ICA)

El rango establecido para el Índice de Calidad de Agua es entre 0 a 100 donde 100 es el valor máximo indicando condiciones óptimas. El ICA disminuye cuando se incrementa los contaminantes, es decir, disminuye la calidad del agua.

En la Tabla N°18 y la figura N° 17 se observa que el Índice de Calidad del Agua de las muestras proveniente de los pozos La Esperanza 1 y 2 sin tratamiento son 70,03 y 71,19 respectivamente y una vez tratadas las muestras de aguas el índice de calidad de agua tuvo un incremento con resultados de 82,86 y 80,95 correspondiente a los pozos La Esperanza 1 y 2 respectivamente.

Tabla 18. Cálculo del Índice de Calidad del agua sin y con tratamiento de pozos La Esperanza 1 y 2.

PARAMETRO	POZO LA ESPERANZA 1										POZO LA ESPERANZA 2									
	Sin tratamiento					Con tratamiento					Sin tratamiento					Con tratamiento				
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	Subi	Wi	Total	VALOR	UNIDAD	Subi	Wi	Total	VALOR	UNIDAD	Subi	Wi	Total	VALOR	UNIDAD	Subi	Wi	Total
Coliformes Fecales	120	NMP/100 mL	38,25	0,15	1,73	0	NMP/100 mL	100	0,15	2,00	40	NMP/100 mL	49,66	0,15	1,80	0	NMP/100 mL	100	0,15	2,00
pH	7,08	Unidades de pH	91,94	0,12	1,72	6,76	Unidades de pH	86,83	0,12	1,71	7,43	Unidades de pH	92,42	0,12	1,72	7,32	Unidades de pH	92,52	0,12	1,72
DBO5	1,2	mg/L	86,21	0,10	1,56	0,7	mg/L	91,7	0,10	1,57	2,8	mg/L	70,78	0,10	1,53	0,5	mg/L	93,98	0,10	1,58
Nitratos	5,8	mg/L	62,91	0,10	1,51	2,8	mg/L	79,53	0,10	1,55	3,8	mg/L	73,37	0,10	1,54	0,9	mg/L	92,9	0,10	1,57
Fosfatos	1,08	mg/L	38,3	0,10	1,44	0,63	mg/L	55,58	0,10	1,49	1,56	mg/L	31,31	0,10	1,41	1,24	mg/L	35,86	0,10	1,43
Cambio de la Temperatura	0,40	°C	90	0,10	1,57	4,00	°C	56	0,10	1,50	1,70	°C	76	0,10	1,54	4,20	°C	50	0,10	1,48
Turbidez	0,139	NTU	99,8	0,08	1,45	0,089	NTU	99,93	0,08	1,45	0,365	NTU	99,2	0,08	1,44	0,160	NTU	99,74	0,08	1,45
Solidos disueltos Totales	55	mg/L	85,59	0,08	1,43	32	mg/L	83,95	0,08	1,43	62	mg/L	85,86	0,08	1,43	24	mg/L	83,11	0,08	1,42
Oxígeno Disuelto	69,79	% saturación	88	0,17	2,14	89,76	% saturación	95	0,17	2,17	97,03	% saturación	98,03	0,17	2,18	99,53	% saturación	99,1	0,17	2,18
	ICA				70,03	ICA				82,86	ICA				71,19	ICA				80,95

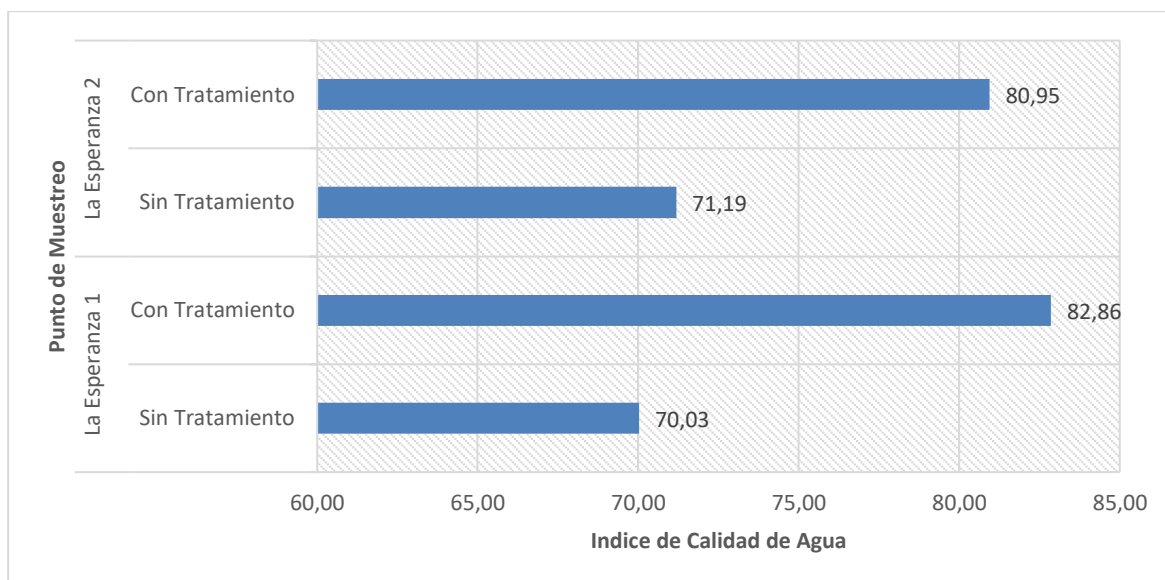


Figura 17. Índice de Calidad de Agua Tratada y sin Tratar de pozos La Esperanza 1 y 2.

En la Tabla N° 19 se indica el resultado del ICA en la cual se reporta que las muestras de aguas de los pozos La Esperanza 1 y 2 sin tratamiento es “Buena” según el criterio de Brown y necesitan un “tratamiento mayor” según el criterio del Instituto Mexicano Tecnológico de Agua.

Con el tratamiento de filtrado lento de carbón activado aplicado a las muestras de aguas de los pozos La Esperanza 1 y 2, los resultados indican que la calidad de agua es “Buena” según el criterio de Brown y necesitan una “Ligera purificación” según el criterio del Instituto Mexicano Tecnológico de Agua.

Tabla 19. Índice de Calidad de Agua de muestras sin y con tratamiento de pozos La Esperanza 1 y 2.

FUENTE	CRITERIOS	SIN TRATAMIENTO		CON TRATAMIENTO	
		ICA	EQUIVALENCIA	ICA	EQUIVALENCIA
Esperanza 1	Ins. Mexicano	70,03	Mayor necesidad de tratamiento	82,86	Ligera Purificación
	M. de Brown		Buena		Buena
Esperanza 2	Ins. Mexicano	71,19	Mayor necesidad de tratamiento	80,95	Ligera Purificación
	M. de Brown		Buena		Buena

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los fundamentos teóricos y los análisis realizados permitieron conocer las variables óptimas encontradas para la activación y producción del carbón vegetal de raquis de banano, conocer de forma general el estado actual de la calidad del agua de los pozos La Esperanza 1 y 2 y la eficiencia del carbón activado sobre estas, cumpliendo así los objetivos planteados. A continuación, se indican las respectivas conclusiones:

- Las variables optimas correspondieron a un tamaño de partícula entre 1 a 2 mm, 350°C de temperatura en la fase de carbonización, durante 40 min, con una concentración de Ácido Fosfórico al 85%.
- El porcentaje de adsorción con azul de metileno del carbón activado con tratamiento químico presento un promedio mayor (91%) que el carbón sin tratamiento (70%)
- El carbón activado de raquis de banano como lecho filtrante influye en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de aguas mejorando el índice de calidad del agua (ICA).
- Al comparar la clasificación del ICA con el tratamiento del agua mediante el filtro lento de carbón activado se considera que esta agua es de buena calidad necesitando una ligera purificación para consumo humano.

5.2 Recomendaciones

- Ampliar la investigación evaluando el desempeño de activación química con otros agentes activantes diferentes al ácido fosfórico mediante el proceso de adsorción de azul de metileno empleado en este trabajo. Comparar las variables optimas de activación de carbón vegetal de raquis de banano con más de dos variedades mediante la eficiencia de adsorción de azul de metileno.
- Implementar programas de educación ambiental para la purificación del agua de consumo humano mediante la producción de carbón activado a partir del raquis de banano sin tratamiento químico en el cual se observó una eficiencia de adsorción alta.

- Construir una planta de potabilización de agua que deberá mitigar problemas presentes en el agua subterránea de coliformes fecales mediante una fotocátalisis heterogénea con dióxido de Titanio y el fosfato mediante el uso de coagulante-floculante garantizando el buen vivir.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. P., Benavides, J. A., & Sierra, C. H. (2015). Análisis cualitativo del deterioro de la calidad del agua y la infección por *Helicobacter pylori* en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca, Colombia). *Salud Colectiva*, 575-590.
- Agency, E. E. (2002). *Industrial Wastewater Treatment Plants*. Obtenido de <http://industry.eeaa.gov.eg/publications/WWTP%20IM%20-%202003.pdf>
- Alfaro, J. D., Castro, G. C., & Araya, G. S. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 15-27.
- Álvarez, J. P., Cutillas, P. P., Valle, O. R., & Cabañero, J. J. (2016). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS LAGUNAS DE BUSTILLOS Y DE LOS MEXICANOS (CHIHUAHUA, MÉXICO). *Papeles de Geografía*, 107-118.
- BAU, M. G. (2016). *Caracterización química de la biomasa procedente de hojas y pseudotallo, raquis y pseudopeciolo de la planta de banano y su relación con el poder calorífico (Tesis Pregrado)*. Cuenca : Universidad de Cuenca.
- Bolaños, P. E., & Perez, K. E. (2009). *EVALUACION DE LA ADSORCION DE CROMO VI A PARTIR DE CARBON ACTIVADO PREPARADO DE RESIDUOS DE MADERA DE ASERRADEROS Y CARPINTERIAS (Tesis de pregrado)*. SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 153-170.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Obtenido de Ecociencia: <http://www.ecociencia.org/archivos/ManualLosmacroinvertebradosacuaticos-100806.pdf>

- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Ambiental*, 111-124.
- Chavez, A. M., & Diaz, D. E. (2013). *Estudio Preliminar de la Retención de Plomo en AGUA a partir de Cascaras de Musa sapientum (BANANO) Utilizadas como Filtro (Tesis de Pregrado)*. SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA.
- Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 147-170.
- Construloxi. (2016). *Estudio de Factibilidad para el desarrollo del proyecto integral de gestión técnica operativa y de servicios de la empresa de agua potable y alcantarillado del cantón Quevedo*. Quevedo.
- Cortez, J., & Limpio, D. (2013). *DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE FILTROS DE CARBONO ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CACAO (Tesis de pregrado)*. Caracas: UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.
- Drobnic, F. (2009). Impacto sobre la salud de los compuestos utilizados en el tratamiento del agua en las piscinas. Estado de la cuestión. *Science Direct*, 42-47.
- Duque, J. S., Osorio, G., Cuenca, J. P., & Riascos, H. (2015). Análisis UV-Vis de nanopartículas metálicas crecidas en ambiente líquido mediante PLD. *El Hombre y la Máquina*, 37-42.
- Espinoza, E., Isernia, L., D'Elia, L., & Valera, M. (2015). ESTERIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EMPLEANDO CARBONES ACTIVADOS DE ALTA ACIDEZ SUPERFICIAL, OBTENIDOS A PARTIR DE COQUE RETARDADO VENEZOLANO. *ResearchGate*.
- Esquivel, L. G., Pizzolatti, B. S., & Sens., M. L. (2012). Tratamiento de agua potable por filtración inducida en una laguna costera en el sur de Brasil. *Tecnología en Marcha*, 23-32.

- Fondriest. (2015). *Fundamentals of Environmental Measurements*. Obtenido de <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>
- Forero, J. E., Ortiz, O. P., & Rios, F. (2005). Aplicación de procesos de oxidación Avanzada como tratamiento de fenol en Aguas Residuales Industriales de refinería. *Redalyc*, 97-109.
- Galvín, R. M. (2008). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A., Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente, Cordoba*. Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.
- Giraldo, L., & Moreno, J. C. (2004). DETERMINACIÓN DE LA ENTALPIA DE INMERSIÓN Y CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE UN CARBÓN ACTIVADO EN SOLUCIONES ACUOSAS DE PLOMO. *REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA*, 87-97.
- GORDÓN, G. S. (2013). *VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO PARA DBO5 EN AGUAS EN AGUAS RESIDUALES, TPH, ACEITES Y GRASAS EN AGUAS RESIDUALES Y SUELOS (TESIS DE PREGRADO)*. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Guanuche, F. A., Sares, L. A., Nievas, A. M., & Morales, M. A. (2017). Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. *Conference Proceeding*, 767-777.
- Hernández, Y. P., León, G. S., & Salazar, H. C. (2012). Calidad del Agua en pozos de la Red de Monitoreo del Acuífero del valle de San Luis Potosí, Mé. *Aqua-LAC*, 49-59.
- Imbaquingo, J. C. (2016). Contaminación ambiental en la empresa florícola Rosaprima CIA LTDA, ubicada en el cantón Cayambe y los efectos jurídicos ambientales que ha ocasionado en la salud de las personas en el año 2015. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

- INEN. (2011). *NTE INEN 1 108:2011*. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.
- Lascano, J. A. (2015). *FILTRO DOMICILIARIO DE ARENA Y CARBON ACTIVADO PARA LA PEREIRA PARROQUIA LA AVANZADA CANTON SANTA ROSA PROVINCIA DE EL ORO*(Tesis de Pregrado). Machala: UTMACH.
- Lecca, E. R., & Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Indsutrial Data*, 71-80.
- López, R. A., & Oporta, Y. A. (2017). *Evaluación de las Condiciones Operacionales en el Proceso de Preparación de Carbón Activado de Cascara de Naranja Valenciana (Citrus Sinensis Linn Osbeck), Laboratorios de Química UNAN-Managua, II semestre 2016 (Tesis pregrado)*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONÓMA DE NICARAGUA.
- Medina, R. N., Sánchez, G. M., Romero, J. O., Santos, M. O., & González, S. G. (2009). Diversidad genética de bananos y plátanos (*Musa spp.*) determinada mediante marcadores RAPD. *Fitotecnia Mexicana*.
- MENDEZ, R., ACOSTA, K., & LINO, J. (2019). RAA. *UERA*, 56-59.
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *INFORME SOBRE EL SECTOR BANANERO ECUATORIANO*. Quito.
- Mite, R. B., Ochoa, L. S., Ozorio, B. G., Suatunce, P., Ocampo, E. D., & Arevalo, L. C. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 109-117.
- Nieto, C. J., & Guevara, S. A. (2012). *Banano Rechazado para Exportación en Ecuador:Propuesta de Creación de valor para Lograr su Introducción al Mercado Internacional (Tesis de maestría)*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- OMS, O. M. (2017). *Guías para la calidad del agua potable*.
- Organización Mundial de la Salud. (2000).

- Pulles, M. R., Navarro, R. M., & Espinoza, M. (2005). Estimación de la incertidumbre en los ensayos Microbiológicos de Coliformes Fecales en Aguas y Aguas Residuales mediante La Técnica de Tubos Múltiples de Fermentación. *CENIC Ciencias Ambientales*.
- Quijano, C. C. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión. *Scientia et Technica Año XVIII*, 422-429.
- Ríos Aragüez, J. L. (19 de ABRIL de 2018). *Depuración de las aguas residuales*. Obtenido de <http://triplenlace.com>
- Suarez, C. A., & Jerez, S. C. (2011). *Aprovechamiento de la Cascara de la Mazorca de Cacao como Adsorbente (Tesis de Pregrado)*. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICAQUIMICAS.
- Sugumaran, P., Susan, V. P., P. Ravichandran, & Seshadri, S. (2012). Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and Delonix regia Fruit Pod. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 125-132.
- Tejada, C. N., Almanza, D., Villabona, A., Colpas, F., & Granados, C. (2017). Caracterización de carbón activado sintetizado a baja temperatura a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para la adsorción de amoxicilina. *Ingeniería Y Competitividad*, 45 - 54.
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 79-94.
- TULSMA. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. . Quito: Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Valencia, J. P. (2014). *Desarrollo de un carbón activado granular mediante activación física en un horno rotatorio (Tesis de maestría)*. Medellín,

Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Procesos y Energía.

Velasteguí, A. J., Arévalo, A. E., & Triviño, S. Y. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las Ciencias*, 506-525.

Villarroel, M., Calderón, M. J., Flachier, A., & Rivadeneira, J. -f. (2011). Dignóstico sobre calidad y cantidad de agua en la cuenca del río Dashino, cantón Gonzalo Pizarro. Quito, Pichincha, Ecuador: Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos y EcoCiencia.

Zafra, A. S. (2008). Efectos de los trihalometanos sobre la salud . *Higiene y Sanidad Ambiental*, 280-290.

ANEXOS

ANEXO 1. CERTIFICACIÓN URKUND

Quevedo, 22 de julio del 2019

Sr. Ing.

Roque Vivas Moreira

DIRECTOR UNIDAD DE POSGRADO DE LA UTEQ

Presente. -

De mis consideraciones:

ING. MARÍA ORENA CADME, M. Sc., en calidad de Directora de Proyecto de investigación cuyo tema es: “PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO CON RAQUIS DE BANANO Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO, QUEVEDO. AÑO 2018” me permito manifestar a usted que el Ing. **RONNY ANTONIO MÉNDEZ VERDUGA**, ha cumplido con las correcciones pertinentes, de acuerdo al reglamento de la Unidad de Posgrado de la UTEQ y he ingresado su trabajo al sistema URKUND, por lo que tengo bien certificar que el sistema ha reflejado un porcentaje del 8% de similitud.

Urkund Analysis Result

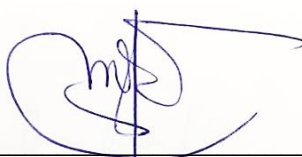
Analysed Document:	TESIS FINAL RONNY MENDEZ VERDUGA Urkund.docx (D54588192)
Submitted:	7/27/2019 2:29:00 AM
Submitted By:	mcadme@uteq.edu.ec
Significance:	8 %

Sources included in the report:

TESIS C.A.D.ESPINOZA.docx (D42855740)
TESIS Oswaldo febrero 2016 arreglada 1.docx (D18256889)
TESIS- ADRIANA GABRIELA ORTIZ SAA.pdf (D11286170)
TESSS EMELY 5 AGOSTO 2018 URKUND.docx (D40832229)
http://www.redraus.com.co/3535_Caho-Lopez2017.pdf
<http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/14f44b19-0a5c-4389-bc4a-d874fb6bd095>

Instances where selected sources appear:

28



Ing. María Lorena Cadme M. Sc

Directora de Tesis

ANEXO 2. FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN



Foto 1. Bananera San Antonio (Recolección de la materia prima).



Foto 2. Pozo Esperanza 1 (Punto 1 de muestreo de agua).



Foto 3. Pozo Esperanza 2 (Punto 2 de muestreo de agua).

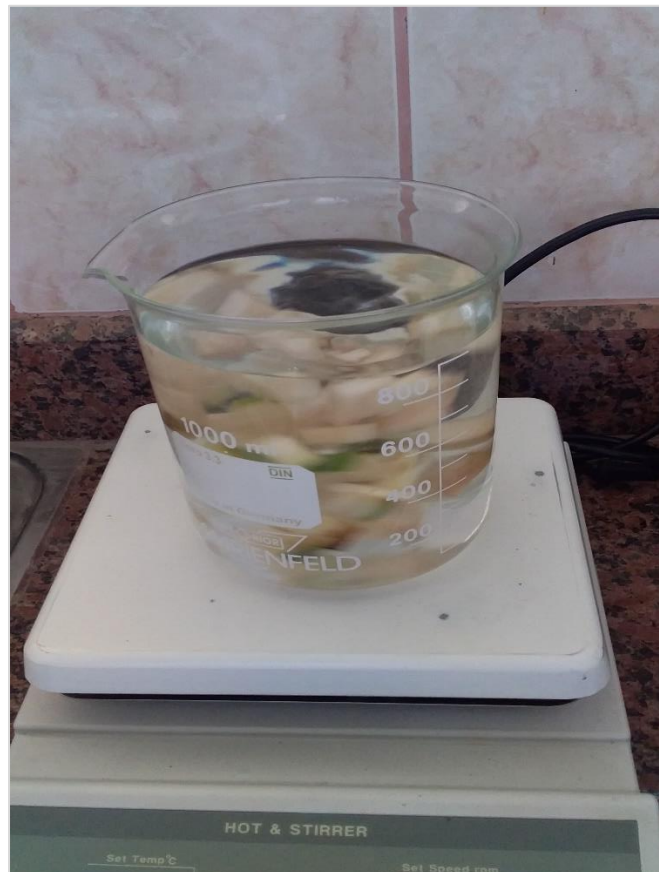


Foto 4. Lavado de la materia prima.



Foto 5. Secado y Deshidratación de la materia prima.



Foto 6. Trituración de la materia prima



Foto 7. Tamizado y Clasificación del Tamaño de la partícula.



Foto 8. Impregnación de la materia prima con ácido fosfórico al 85% de concentración.



Foto 9. Lavado de la muestra impregnada con agente activante después de 24 horas y regulando a pH neutro.



Foto 10. Carbonización de la materia prima.



Foto 11. Prueba de absorbancia de azul de metileno en espectrofotómetro UV-Vis.



Foto 12. Muestras de Aguas sin tratamiento y con tratamiento para pruebas físicas, químicas y microbiológicas.



Foto 13. Filtro de carbón activado



Gobierno Autónomo Descentralizado
Ilustre Municipalidad del Cantón Daule
Planta Potabilizadora de Agua



LABORATORIO QUIMICO

ANALISIS DE LOS EFLUENTES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS (BIOFILTROS)

QUIMICO RESPONSABLE: Dr. OTTO CORDOVA RENDON

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	EFLUENTE BIOFILTRO T1 R1	EFLUENTE BIOFILTRO T1 R2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	D.B.O5	mg/l	0,7	0,6	100
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O	mg/l	3,1	10	200
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SDT	mg/l	31	32	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/l	11	18	130
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SS	ml/l	> 0,1	> 0,1	-
SOLIDOS TOTALES	ST	mg/l	81	89	1600
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		μS/cm	146	149	-
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		6,76	6,80	6 - 9
OXIGENO DISUELTO	OD	mg/l	7,50	7,51	-
SALINIDAD		‰	0,07	0,07	-
COLIFORME FECAL	NMP/100ml		0	0	2000



Gobierno Autónomo Descentralizado
Ilustre Municipalidad del Cantón Daule
Planta Potabilizadora de Agua



LABORATORIO QUIMICO

ANALISIS DE LOS AFLUENTES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS (BIOFILTROS)

QUIMICO RESPONSABLE: Dr. OTTO CORDOVA RENDON

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	AFLUENTE BIOFILTRO T1 R1	AFLUENTE BIOFILTRO T1 R2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	D.B.O5	mg/l	1,2	1,1	100
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O	mg/l	20,4	31	200
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SDT	mg/l	55	54	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/l	15	23	130
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SS	ml/l	1,4	2,0	-
SOLIDOS TOTALES	ST	mg/l	102	111	1600
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	C.E	μS/cm	164	172	-
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		7,08	7,01	6 - 9
OXIGENO DISUELTO	OD	mg/l	5,44	5,42	-
SALINIDAD		‰	0,07	0,07	-
COLIFORME FECAL	NMP/100ml		120	123	2000

Dr. Otto Córdova R.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD

PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE DE DAULE

Dr. Otto Córdova Rendón
JEFE CONTROL DE CALIDAD

Foto 14. Resultados de pruebas físicas, químicas y microbiológicas La Esperanza 1 con y sin tratamiento con carbón activado.



Gobierno Autonomo Descentralizado
Ilustre Municipalidad del Cantón Daule
Planta Potabilizadora de Agua
LABORATORIO QUIMICO



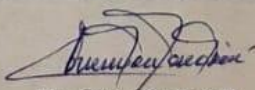
ANALISIS DE LOS EFLUENTES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (BIOFILTROS)					
QUIMICO RESPONSABLE:		Dr. OTTO CORDOVA RENDON			
FECHA DE MUESTREO: 28 DE MAYO DEL 2019					
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	EFLUENTE BIOFLITRO T2 R1	EFLUENTE BIOFLITRO T2 R2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	D.B.O5	mg/l	0,5	0,4	100
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O	mg/l	2,2	3	200
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SDT	mg/l	24	24	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/l	17	28	130
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SS	ml/l	<0,1	0,1	-
SOLIDOS TOTALES	ST	mg/l	86	97	1600
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		μS/cm	144	145	-
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		7,32	7,33	6 - 9
OXIGENO DISUELTO	OD	mg/l	8,32	8,35	-
SALINIDAD		°/100	0,069	0,069	-
COLIFORME FECALES	NMP/100ml		0	0	2000



Gobierno Autonomo Descentralizado
Ilustre Municipalidad del Cantón Daule
Planta Potabilizadora de Agua
LABORATORIO QUIMICO



ANALISIS DE LOS AFLUENTES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (BIOFILTROS)					
QUIMICO RESPONSABLE:		Dr. OTTO CORDOVA RENDON			
FECHA DE MUESTREO: 7 DE MAYO DEL 2019					
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	AFLUENTE BIOFLITRO T2 R1	AFLUENTE BIOFLITRO T2 R2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	D.B.O5	mg/l	2,8	2,7	100
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O	mg/l	43	50	200
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SDT	mg/l	62	61	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/l	37	41	130
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SS	ml/l	2,4	3,8	-
SOLIDOS TOTALES	ST	mg/l	163	199	1600
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	C.E	μS/cm	151	164	-
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		7,43	7,40	6 - 9
OXIGENO DISUELTO	OD	mg/l	7,75	7,72	-
SALINIDAD		°/100	0,07	0,07	-
COLIFORME FECALES	NMP/100ml		40	42	2000


Dr. Otto Córdova R.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD

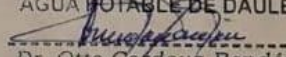
PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE DE DAULE

Dr. Otto Córdova Rendón
JEFE CONTROL DE CALIDAD

Foto 15. Resultados de pruebas físicas, químicas y microbiológicas La Esperanza 2 con y sin tratamiento con carbón activado.