



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD
FOTOCATALÍTICA DE UN BIOCOMPUESTO PARA SU
POTENCIAL APLICACIÓN EN LA DEGRADACIÓN DE
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS PRESENTES
EN AGUA.”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: MARTÍNEZ JARA DEYSI CAROLINA

TUTOR: DR. FAUSTO YAULEMA

Riobamba – Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que el trabajo de investigación: “ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA DE UN BIOCOMPUESTO PARA SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS PRESENTES EN AGUA”, de responsabilidad de la señorita Deysi Carolina Martínez Jara, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de la Unidad de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Fausto Yaulema DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Marco Chuiza MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Deysi Carolina Martínez Jara, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 16 de Junio 2017

.....

Deysi Carolina Martínez Jara

C.I. 060405597-0

Yo, Deysi Carolina Martínez Jara soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Deysi Carolina Martínez Jara

C.I. 060405597-0

DEDICATORIA

A mi madre por ser mi guía y el pilar fundamental en mi vida, por entregarme su amor incondicional. A mi padre quien me apoyó en todo momento brindándome las facilidades necesarias para realizar cada sueño emprendido. A mi hermana por ser mi compañía eterna, mi cómplice y ejemplo a seguir. A mi novio por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente.

Carolina

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a quienes me brindaron su apoyo en la realización del presente trabajo de titulación.

Al Dr. Wilian Bravo por ser la guía y el apoyo principal en el desarrollo de mi investigación, por haberme compartido su amistad, tiempo y conocimientos en el transcurso de mi vida politécnica.

Al BQF Msc. Diego Vinueza por haberme brindado el apoyo incondicional en la realización de mi investigación, por sus concejos y opiniones vertidas, por el tiempo y conocimientos que me encaminaron a un excelente desarrollo del trabajo de titulación.

Al Lic. Fausto Tapia por haberme brindado las facilidades necesarias para trabajar en su laboratorio desarrollando mi investigación, por ser una gran persona y profesional.

Al Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) por haber sido un gran apoyo en la realización de los análisis de mi investigación.

Carolina

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
AM	Azul de Metileno
cm	Centímetros
ppm	Concentración en partes por millón
deg	Degradación
DHHS	Departamento de Salud y Servicios Humanos
TiO₂	Dióxido de Titanio
F	Flúor
°C	Grados centígrados
g	gramos
OH	Grupo Hidroxilo
HAP's	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
H_i	Hipótesis Alternativa
H₀	Hipótesis Nula
IR	Infrarrojo
mL	mililitros
min	minutos
H₂O₂	Peróxido de Hidrógeno
REDOX	Reacciones de oxidación – reducción
UV	Ultravioleta
UNEFM	Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 1).....	5
Tabla 2-2:	Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 2).....	6
Tabla 3-2:	Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 3).....	6
Tabla 4-2:	Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 4).....	7
Tabla 1-3:	Absorbancia del azul de metileno a concentraciones conocidas.....	21
Tabla 1-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible.....	255
Tabla 2-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,0005g de biocompuesto.	266
Tabla 3-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,0005g de biocompuesto duplicado.....	266
Tabla 4-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,002g de biocompuesto.	277
Tabla 5-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,002g de biocompuesto duplicado.....	288
Tabla 6-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,008g de biocompuesto.	299
Tabla 7-4:	Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,008g de biocompuesto duplicado.....	299
Tabla 8-4:	Cinética de degradación de azul de metileno	30
Tabla 9-4:	Porcentaje de degradación de acuerdo al tipo de tratamiento utilizado	311
Tabla 10-4:	Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento (Parte 1).....	344
Tabla 11-4:	Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento (Parte 2).....	355
Tabla 12-4:	Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento (Parte 3).....	355

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Procesos de Oxidación Avanzada	200
Gráfico 2-2:	Diferencia energética entre bandas del TiO ₂	202
Gráfico 1-3:	Barrido espectral de azul de metileno	20
Gráfico 2-3:	Curva de calibración de azul de metileno	21
Gráfico 1-4:	Espectro IR del TIO ₂ obtenido día 1	232
Gráfico 2-4:	Espectro IR del TIO ₂ obtenido día 2	243
Gráfico 3-4:	Espectro IR del TIO ₂ según bibliografía	244
Gráfico 4-4:	Cinética de degradación de azul de metileno	30
Gráfico 5-4:	Porcentaje de degradación de acuerdo al tipo de tratamiento	3131
Gráfico 6-4:	ANOVA de la cantidad del biocompuesto y la concentración del AM.	322
Gráfico 7-4:	Prueba de Tukey cantidad del biocompuesto y concentración del AM.	333
Gráfico 8-4:	Cambio en la concentración del AM por la cantidad de biocompuesto usado	344
Gráfico 9-4:	Prueba de efectos inter-sujetos entre HAP's y el tiempo de tratamiento	366
Gráfico 10-4:	Prueba de Tukey entre el tiempo de tratamiento y la concentración de HAP's	366
Gráfico 11-4:	Medias marginales de la concentración de HAP's vs el tiempo de tratamiento	377

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	ii
PATRIMONIO INTELECTUAL.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE GRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Identificación del Problema.....	1
1.2.	Justificación de la Investigación.....	2
1.3.	Objetivos.....	2
1.3.1.	Objetivo General.....	2
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.4.	Hipótesis de la Investigación.....	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	4
2.2.	Bases Teóricas.....	5
2.2.1.	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.....	5
2.2.2.	Contaminación.....	7
2.2.2.1.	Tipos de Contaminación.....	8
2.2.2.2.	Contaminación del Agua.....	8
2.2.2.3.	Contaminación del Agua por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.....	9
2.2.2.4.	Efectos de los HAP's sobre la salud.....	9
2.2.3.	Técnicas de Descontaminación.....	10
2.2.4.	Tratamientos Electroquímicos.....	10
2.2.5.	Procesos de Oxidación Avanzada.....	10
2.2.5.1.	Ventajas de su Aplicación.....	11
2.2.5.2.	Fotocatálisis.....	12
2.2.5.3.	Detoxificación Fotocatalítica.....	13
2.2.5.4.	Fotocatalizadores.....	13
2.2.5.5.	Síntesis de Fotocatalizador por el Método Sol-Gel.....	14
2.2.6.	Biocompuesto.....	14
2.2.6.1.	Quitosano.....	14
2.2.6.2.	Dióxido de Titanio.....	16

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1.	Metodología de la Investigación.....	17
3.2.	Diseño de la Investigación.....	17
3.3.	Unidad de Análisis.....	17
3.4.	Etapas de la Investigación.....	17
3.4.1.	Elaboración de TiO ₂ en fase anatasa por el método sol-gel.....	17
3.4.2.	Dilución de Quitosano.....	19
3.4.3.	Estudios Espectrales de Azul de Metileno.....	19
3.4.3.1.	Barrido Espectral.....	19
3.4.3.2.	Curva de Calibración.....	20
3.4.4.	Obtención del Biocompuesto.....	21
3.4.4.1.	Evaluación de la Actividad Fotocatalítica del Biocompuesto.....	22
3.4.5.	Análisis de la Degradación de HAP's.....	22

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1.	Elaboración de TiO ₂ en fase anatasa.....	23
4.2.	Actividad Fotocatalítica del Biocompuesto.....	24
4.3.	Degradación de HAP's.....	34
	CONCLUSIONES.....	39

RECOMENDACIONES..... 40

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

RESUMEN

El agua que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), representa serios inconvenientes a la población expuesta. La investigación realizada tuvo como objetivo degradar HAP's utilizando procesos de fotocátalisis y un biocompuesto formado a partir de dióxido de titanio (TiO₂) y quitosano. La degradación por éste método consiste en la adhesión del TiO₂ de forma electroquímica al compuesto contaminante, el cual al absorber los rayos UV provoca reacciones de oxidación y reducción, disminuyendo la concentración del mismo, por otra parte el quitosano cumple con la función de floculante, encapsulando el compuesto y precipitándolo para facilitar su tratamiento electroquímico. Se realizó la degradación de los ikkHAP's, sometiendo a 10ml de estándar usado en laboratorio (1ppm) a radiación UV-B (λ 280 - 340) por 120min con 0.002g de biocompuesto, pues en un análisis previo realizado con azul de metileno se determinó que esa cantidad era la más apropiada para el tratamiento; los resultados más relevantes fueron la reducción del 95% en la concentración del Antraceno, 60% del Acenafteno y el 51% de Benzo (a) Antraceno. Por lo que se concluye que el método empleado no es el más eficiente, pues tiene resultados favorables únicamente en compuestos específicos y dados los recursos invertidos no resulta favorable su aplicación. Se sugiere investigar otras posibles combinaciones para la creación del biocompuesto para conocer la eficacia de cada una.

PALABRAS CLAVES: <BIOTECNOLOGÍA>, <CIENCIAS AMBIENTALES>, <FOTOCATÁLISIS>, <HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP's)>, <RADIACIÓN UV-VISIBLE>, <DIÓXIDO DE TITANIO (TiO₂)>, <QUITOSANO>.

ABSTRACT

The water containing polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH's) represents serious disadvantages to the exposed population. The research had the objective to degrade HAPs using photo catalysis processes and a biocompound formed from titanium dioxide (TiO_2) and chitosan. The degradation by this method consisted in the adhesion of TiO_2 in an electrochemical way to the pollutant compound which, when abstaining UV rays causes to react with oxidation and reduction, decreasing its concentration. On the other hand chitosan fulfills with the function of flocculant, encapsulating the compound and precipitating it to facilitate the electrochemical treatment. The PAHs degradation was performed by subjecting 10ml of standard used in the laboratory (1ppm) to UV-B radiation ($\lambda 280 - 340$) for 120min with 0.002g of bio composite, since, in a previous analysis with methylene blue, this amount was determined to be the most appropriate for treatment; The most relevant results were the reduction of 95% in the concentration of Anthracite, 60% of Acenaphthene and 51% of Benzo (a) Anthracene. Therefore, it is concluded that the method used is not the most efficient, since it has favorable results only in specific compounds and given the resources invested is not favorable its application. It is suggested to investigate other possible combinations for the creation of the biocompound to know the effectiveness of each one.

KEYWORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <ENVIRONMENTAL SCIENCES>, <PHOTOCALYSIS>, <POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS HAP's>, <UV-VISIBLE RADIATIONS>, <TITANIUM DIOXIDE TiO_2 >, <CHITOSAN>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del Problema

El agua que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), representa serios inconvenientes a la población expuesta ya que según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) la mayoría de los HAP's provocan efectos genotóxicos, mutagénicos, cancerígenos y teratogénicos en los humanos, además persisten en el ambiente y se consideran tóxicos para los seres acuáticos. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*. Atlanta - USA. 2016. p. 2).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos radican en todos los medios, es decir el agua, suelo y aire por las actividades relacionadas con la extracción de petróleo, por procesos utilizados en la elaboración de pesticidas y sus derivados y además se han reportado casos en los que se encuentra presente debido al traspaso de alquitrán que es un material comúnmente usado en las tuberías de agua. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*. Atlanta - USA. 2016. p. 4).

En base a consultas bibliográficas realizadas a nivel nacional, no se ha encontrado información de estudios similares a este tipo de trabajo de titulación, puesto que no se ha desarrollado investigaciones sobre la degradación de compuestos orgánicos utilizando ningún tipo de biocompuesto, y los únicos datos encontrados han sido de estudios realizados por medio de biodegradación y fotocátalisis. La falta de investigación y conocimiento en el tema impide el crecimiento científico del país. (PAZ Y MIÑO, César. Ecuador Universitario. *Situación de la ciencia ecuatoriana: Problemática, desafíos y futuro*. Quito - Ecuador. 2011 p. 1.)

1.2. Justificación de la Investigación

Tomando en cuenta la legislación aplicable, el proyecto tiene sustento en la Constitución del Ecuador sección Ambiente Sano donde el artículo 14 declara que: "es cuestión pública la conservación del ambiente, de la biodiversidad y ecosistemas, así como la previsión del deterioro ambiental y la recuperación de las áreas naturales degradadas" y el artículo 15 enuncia que "el estado apoyará el desarrollo de tecnologías limpias y de estrategias no contaminantes o de impacto mínimo" (Asamblea Constituyente, 2008, p.29-30); pues trabajo de titulación consiste en diseñar una solución de bajo costo y energéticamente viable para degradar hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en agua.

Para controlar la contaminación por compuestos orgánicos en el Ecuador se ha realizado en su gran mayoría tratamientos por biorremediación, donde los resultados dependen de un sinnúmero de factores a controlar como son el pH, temperatura, humedad, entre otros; por el contrario en la metodología propuesta en este trabajo de titulación fundamentada en estudios internacionales se pretende agilizar el tratamiento mejorando los resultados con un menor gasto de recursos. (PETIT, Karla, et al. Química Viva. *Biodegradación de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) por hongos aislados de aguas contaminadas con petróleo, podredumbre blanca, y acíbar de Aloe vera*. Coro - Venezuela. 2013. p. 1.).

Al efectuar la metodología propuesta se podrá contar con datos acerca del tema, que ayudará con bases sólidas para investigaciones futuras en el mismo campo de aplicación. El enfoque de esta investigación consiste en la degradación de HAP's utilizando procesos de fotocatalisis y un biocompuesto formado a partir de dióxido de titanio (TiO₂) y quitosano. (KALAIVANI, Jayanthi, SUJA, SK. Science Direct. TiO₂ (rutile) embedded inulin—A versatile bio-nanocomposite for photocatalytic degradation of methylene blue. Tamilnadu - India. 2016. p. 1-4-12.), (OCHOA, Yasser, et. al. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Antioquia. Síntesis de TiO₂, fase anatasa, por el método sol-gel: estudio del efecto de la presencia de AcacH en el sistema. Medellín - Colombia. 2010. p. 31).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Sintetizar un biocompuesto y evaluar su actividad fotocatalítica para su potencial aplicación en la degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en agua.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Sintetizar TiO₂ en fase anatasa por el método sol-gel.
- Preparar un biocompuesto de TiO₂ y quitosano.
- Determinar la actividad fotocatalítica del biocompuesto utilizando azul de metileno.
- Comprobar la actividad fotocatalítica del biocompuesto en la degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos.

1.4. Hipótesis de la Investigación

Si se aplica una cantidad elevada de biocompuesto formado por TiO₂ y quitosano en agua contaminada con Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y se somete a radiación UV-visible por un período corto de tiempo, entonces se obtendrá una degradación total del contaminante.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Se ha reportado en un análisis por medio de cromatografía de gases que el hongo *Aspergillus versicolor* biotransformó de 15 - 20% los HAP's presentes en cultivos líquidos, estos ensayos se realizaron en la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). (PETIT, Karla, et al. Química Viva. *Biodegradación de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) por hongos aislados de aguas contaminadas con petróleo, podredumbre blanca, y acíbar de Aloe vera*. Coro - Venezuela. 2013. p. 1.).

Rojas, Giraldo y Castellanos concluyeron que se logra una remoción del 98,7% de pesticida Mertect presente en aguas residuales empleando peróxido de hidrógeno en combinación con procesos fotoquímicos. (ARROYAVE, Joan, et al. LaSallista de la Investigación. *Fotodegradación de las aguas residuales con pesticida Mertect en la industria bananera empleando Fotocatálisis con Dióxido de Titanio y Lámpara de Luz Ultravioleta*. Bilbao - País Vasco. 2007. p. 7.).

Se ha determinado por medio de espectrofotometría UV-visible que al exponer azul de metileno a un tratamiento combinado de radiación UV y el uso de un biocompuesto formado por TiO₂ e inulina, su degradación fue de 95-99% cuando fue expuesto por un período de 120min. (KALAIIVANI, Jayanthi, SUJA, SK. Science Direct. TiO₂ (rutile) embedded inulin—A versatile bio-nanocomposite for photocatalytic degradation of methylene blue. Tamilnadu - India. 2016. p. 1-4-12).

Una investigación realizada sobre fenoles presentes en aguas residuales de la refinería Shushufindi reportó una remoción del 99% del compuesto al tratarlo electro-foto catalíticamente mediante adhesión de dióxido de titanio sometándolo por un período de 180min a radiación UV-visible en medio ácido. (VILLAMARÍN, Katherine y VILLAMARÍN, Jackie. Degradación de Fenoles presentes en las descargas de aguas residuales de la Refinería de Shushufindi mediante fotodegradación utilizando Óxido de Titanio adherido electroquímicamente para su descontaminación. Riobamba - Ecuador. 2017. p.13-21-28-31.).

Al ser el azul de metileno un compuesto orgánico con tonalidad fácilmente medible por espectroscopia UV-visible se lo va a utilizar para la determinación de la actividad fotocatalítica del biocompuesto que servirá como referencia para su posterior aplicación en la degradación de HAP's.

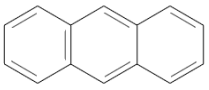
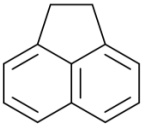
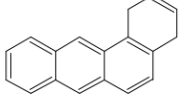
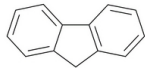
2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Son compuestos presentes en el ambiente que poseen dos o más núcleos de benceno incorporados entre sí. Son sustancias con baja estabilidad fotoquímica. Se ha demostrado que la mayoría de estos compuestos presentan efectos carcinogénicos y mutagénicos, cuyo alcance depende de la estructura.

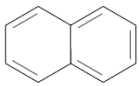
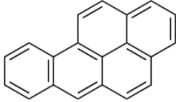

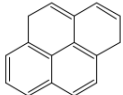
Existen varios compuestos de tipo HAP's pero los que pueden ser analizados por equipos de laboratorio tradicionales son 15 y se detallan a continuación. (VIVES, Íngrid. Apuntes de Ciencia y Tecnología. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y la Salud Humana. Bellaterra – España. 2001. p. 46-48-52)

Tabla 1-2: Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 1)

	Antraceno	Acenafteno	Benzo (a) Antraceno	Fluoreno
Estructura Química				
Fórmula Química	C ₁₄ H ₁₀	C ₁₂ H ₁₀	C ₁₈ H ₁₂	C ₁₃ H ₁₀
Masa Molar	178,22 g/mol.	154,2 g/mol.	228,3 g/mol.	166,22 g/mol.
Densidad	1,28 g/cm ³ .	1,2 g/cm ³ .	1,28 g/cm ³ .	1,20 g/cm ³ .
Descripción	Presenta facilidad de oxidación debido a que sus dos átomos centrales conservan los anillos fenílicos con el sistema aromático intacto	No es compatible con ozono, oxidantes, ni compuestos clorados	Hidrocarburo cristalino que posee cuatro núcleos del benceno.	Presenta fluorescencia a la luz UV y una estructura casi plana. Puede oxidarse con facilidad.
Toxicidad	Produce sensibilización en la piel. No se considera cancerígeno en humados	Ninguna institución lo ha clasificado por sus efectos cancerígenos	Cancerígeno, genera tumores, potencialmente carcinógeno.	No se considera cancerígeno en humados

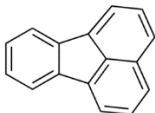
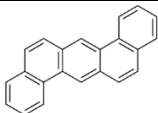
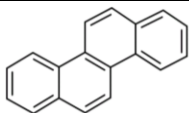
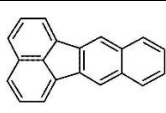
Fuente: GOKEL, George, et al. Química Orgánica Experimental. Barcelona – España. 2007. P. 15-32-78-97-130). AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Atlanta - Estados Unidos. 2016. p. 2-4-6.

Tabla 2-2: Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 2)

	Naftaleno	Benzo (a) Pireno	Fenantreno	Pireno
Estructura Química				
Fórmula Química	C ₁₀ H ₈	C ₂₀ H ₁₂	C ₁₄ H ₁₀	C ₁₆ H ₁₀
Masa Molar	128,18 g/mol.	252,31 g/mol.	178,23 g/mol.	202,26 g/mol.
Densidad	1,14 g/cm ³ .	1,4 g/cm ³ .	1,18 g/cm ³ .	1,27 g/cm ³ .
Descripción	Reacciona fácilmente con oxidantes. Presenta propiedades muy parecidas a las del benceno	Posee un anillo de benceno fusionado a un pireno. Se forma por combustión incompleta de la materia orgánica.	Es isómero del antraceno, posee tres anillos de benceno dispuestos en ángulo	No se considera cancerígeno, por el contrario a sus derivados benzo(a) y dibenzo
Toxicidad	No se considera cancerígeno en humados	Cancerígeno, genera tumoraciones, problemas de reproducción y daños congénitos. Potencialmente carcinógeno.	No se considera cancerígeno en humados	No se considera cancerígeno en humados

Fuente: GOKEL, George, et al. Química Orgánica Experimental. Barcelona – España. 2007. P. 15-32-78-97-130). AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Atlanta - Estados Unidos. 2016. p. 2-4-6.

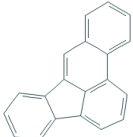
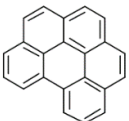
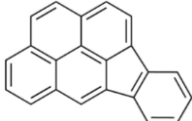
Tabla 3-2: Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 3)

	Fluoranteno	Dibenzo(a,h) Antraceno	Criseno	Benzo (k) Fluoranteno
Estructura Química				
Fórmula Química	C ₁₆ H ₁₀	C ₂₂ H ₁₄	C ₁₈ H ₁₂	C ₂₀ H ₁₂
Masa Molar	202,26 g/mol.	278,36 g/mol.	228,29 g/mol.	252,32 g/mol.
Densidad	1,25 g/cm ³ .	1,23 g/cm ³ .	1,27 g/cm ³ .	1,28 g/cm ³ .
Descripción	Presenta fluorescencia a la luz UV. Es un potente cancerígeno	Es considerado la unión de un benceno y un naftaleno. Compuesto muy estable y genotóxico	Producto de la combustión incompleta de madera o materiales fósiles. Presenta 4 bencenos fusionados.	Presenta isómeros tales como benzo (j) fluoranteno, benzo (b) fluoranteno y benzo (a) fluoranteno

Toxicidad	No se considera cancerígeno en humados	Cancerígeno, genera tumoraciones.	Genera tumoraciones, potencialmente carcinógeno. No se considera cancerígeno en humados	Cancerígeno, genera tumoraciones, potencialmente carcinógeno.
------------------	--	-----------------------------------	---	---

Fuente: GOKEL, George, et al. Química Orgánica Experimental. Barcelona – España. 2007. P. 15-32-78-97-130). AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Atlanta - Estados Unidos. 2016. p. 2-4-6.

Tabla 4-2: Propiedades físico químicas de algunos HAP's. (Parte 4)

	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (g,h,i) Perileno	Indeno (1,2,3cd) Pireno
Estructura Química			
Fórmula Química	C ₂₀ H ₁₂	C ₂₂ H ₁₂	C ₂₂ H ₁₂
Masa Molar	252,31 g/mol.	276,33 g/mol.	276,33 g/mol.
Densidad	1,27 g/cm ³ .	1,24 g/cm ³ .	1,07 g/cm ³ .
Descripción	Producto de la combustión incompleta de la materia orgánica. Presenta 5 anillos fusionados	Producto de la combustión incompleta de la materia orgánica. Presenta 6 anillos fusionados. No existen productos elaborados a partir de esta sustancia.	Producto de la combustión incompleta de la materia orgánica. Presenta 6 anillos unidos.
Toxicidad	Cancerígeno, genera tumoraciones, potencialmente carcinógeno.	No se considera cancerígeno en humados	Cancerígeno, genera tumoraciones, potencialmente carcinógeno.

Fuente: GOKEL, George, et al. Química Orgánica Experimental. Barcelona – España. 2007. P. 15-32-78-97-130). AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Atlanta - Estados Unidos. 2016. p. 2-4-6.

2.2.2. Contaminación

Se considera contaminación el introducir sustancias en un contorno el cual puede ser un medio físico, un ser vivo o un ecosistema, que se presente inseguro, no viable para su uso.

Se toma como contaminante a cualquier sustancia energética como puede ser el sonido, luz, radioactividad, calor o sustancia química, que desencadena en una variación negativa del estado natural del entorno, en la mayoría de las veces es consecuencia del ser humano siendo considerado un impacto al ambiente. (SOLIS, Segura, et al. Dirección de Vinculación Investigación - Sociedad. *Principios Básicos de Contaminación Ambiental*. Ciudad de México - México. 2003. p. 13.).

2.2.2.1. Tipos de Contaminación

La contaminación puede ocurrir en la tierra, en el agua y en el aire a través de diferentes formas como pueden ser gases nocivos, bocinas o químicos presentes en el agua.

Contaminación Ambiental.- radica en la salida de sustancias químicas hacia la atmosfera, cambiando su composición y causando efectos nocivos a la salud de la población; se puede considerar como agentes contaminantes a gases que provienen de fábricas, de los medios de transporte y gases junto con material que llega de las erupciones volcánicas.

Contaminación Hídrica.- la provocan los desechos que son vertidos en el agua. Las causas principales son residuos industriales, domésticos, derivados del petróleo que hayan sido arrojados en lagos, ríos o mares.

Contaminación del Suelo.- Se da por medio de una introducción por filtración de derivados del petróleo, metales pesados y algunos pesticidas; los botaderos a cielo abierto y los vertederos industriales son de los mayores problemas para la contaminación del suelo el cual afecta de forma directa a la salud de las personas. (HARO, Robin. Monografías en Línea. *Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos de oxidación avanzada*. Quito - Ecuador. 2014. p. 1).

2.2.2.2. Contaminación del Agua

Se produce por medio de la entrada directa o indirecta de contaminantes en ríos, lagos o mares, esta contaminación tiene relación directa con el ser humano, por lo que se considerada la más significativa y dañina, también existe la que se deriva de manera natural al tener contacto con contaminantes presentes dentro de la naturaleza. (HARO, Robin. Monografías en Línea. *Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos de oxidación avanzada*. Quito - Ecuador. 2014. p. 1).

2.2.2.3. *Contaminación del Agua por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*

Los HAP's están formados por anillos aromáticos fusionados; se encuentran presentes dentro del carbón, alquitrán, derivados del petróleo así como también formando parte de compuestos que se generan por la combustión incompleta del carbón, el petróleo, el gas, la madera, las basuras de combustibles fósiles o biomasa.

La contaminación nivel mundial por hidrocarburos ha brindado secuelas negativas para el medioambiente. En algunos problemas sobre derrames de hidrocarburos, como en West Falmouth, las sedimentaciones nos muestran valores que después de más de 29 años la presencia de estos HAP's continúa y perpetuará indefinidamente.

A nivel mundial se han perfeccionado procesos de remediación de HAP's como pueden ser biológicos, físicos, químicos y electroquímicos, etc. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*. Atlanta - USA. 2016. p. 6).

2.2.2.4. *Efectos de los HAP's sobre la salud*

Los HAPs entre estos criseno, benzoantraceno, benzofluoranteno, benzopireno, benzofluoranteno, dibenzoantraceno e indenopireno, han sido causantes de tumores, daños en la piel, fluidos corporales y malformaciones en animales de laboratorio que han sido puestos en contacto al ambiente en el aire, o administrado por periodos cortos tanto como a prolongados de tiempo.

Ratonas en un laboratorio fueron alimentadas con niveles altos de benzopireno durante la gestación y obtuvieron dificultades reproductivas, así también sus crías. Las crías también se alimentaron con benzopireno y manifestaron efectos desfavorables congénitos y baja del peso corporal. En los humanos se podrían presentar efectos equivalentes, pero no disponemos de investigaciones para indicar que estos efectos acontecen. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*. Atlanta - USA. 2016. p. 7).

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha concluido que el benzofluoranteno, el benzoantraceno, el benzofluoranteno, el benzopireno, el dibenzoantraceno, el criseno y el indenopireno son registrados como carcinógenos animales.

El contacto directo o por medio de la respiración de HAP's en seres humanos puede ocasionar cáncer. (ATSDR, 2016, p. 5).

2.2.3. *Técnicas de Descontaminación del Agua*

Podemos nombrar lo siguientes:

- Tratamientos químicos.- precipitación, absorción, desinfección.
- Tratamientos físicos.- sedimentación, flotación, filtración, transferencia de gas.
- Tratamientos biológicos.- uso de organismos vivos para descomponer contaminantes.
- Tratamientos electroquímicos.- electrolisis directa en indirecta. (Asencio & Fuentes, 2013, p. 3).

2.2.4. *Tratamientos Electroquímicos*

Este tipo de tratamiento se fundamenta en utilizar electricidad para fragmentar los enlaces moleculares provocando una serie de reacciones químicas, eliminando así el contaminante a tratarse. Este sistema está formado por un ánodo y un cátodo, donde ocurre la oxidación y reducción respectivamente. (VÁSQUEZ, Mario. Métodos electroquímicos de tratamiento de contaminantes. *Fotocatálisis Heterogénea*. Guayaquil - Ecuador. 2015. p. 3.).

2.2.5. *Procesos de Oxidación Avanzada*

Estos procesos implican la formación de radicales hidroxilos ($\text{OH}\cdot$), capaces de oxidar compuestos orgánicos por adición electrofílica a dobles enlaces, dando lugar a radicales orgánicos libres ($\text{R}\cdot$) que reaccionan con O_2 dando origen a un peróxido radical.

Se trata de la eliminación gradual de contaminantes por medio de compuestos químicos con cualidades oxidantes como son los radicales libres hidroxilos, éstos transforman al contaminante en un compuesto inocuo para el medio ambiente.

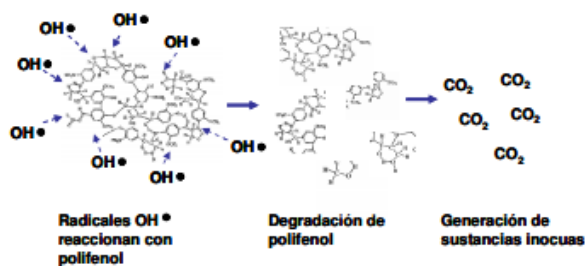


Gráfico 1-2: Procesos de Oxidación Avanzada

Fuente: (HARO, Robin. Monografías en Línea. *Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos de oxidación avanzada*. Quito - Ecuador. 2014. p. 8.)

El oxígeno es el oxidante más común porque se encuentra en el aire y no encarece el coste del proceso. Así pues, la presencia en abundancia de oxígeno es un factor determinante para que los procesos de oxidación se lleven a cabo eficazmente.

Como es conocido, durante la fotocatalisis, el oxígeno es adsorbido y reducido sobre la superficie del TiO_2 . El oxígeno se reduce por la fotoactivación del electrón cuando éste se encuentra en la banda de conducción. Por lo que al convertirse en una especie reducida y evitar la recombinación de los pares e^-/h^+ , pasa a formar parte importante en la fotomineralización.

Estudios demuestran que si aumenta el nivel de O_2 disuelto en la superficie también lo hace la velocidad de formación del radical hidroxilo (OH^\cdot). Por lo tanto se puede decir que el papel que tiene el oxígeno no se basa simplemente en atrapar electrones. En el caso del uso del TiO_2 como fotocatalizador, se espera una dependencia directa de la velocidad de mineralización de los compuestos contaminantes con respecto a la presencia de oxígeno. (HARO, Robin. Monografías en Línea. *Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos de oxidación avanzada*. Quito - Ecuador. 2014. p. 1.)

2.2.5.1. Ventajas de su Aplicación

La primordial ventaja de este tipo de tratamientos es evitar a toda costa la introducción de sustancias en disolución.

- Puede llegar a la mineralización absoluta de contaminantes de origen orgánico.
- No generan fangos que demandan tratamiento necesario y/o eliminación.
- Son muy ventajosos para excluir contaminantes refractarios que normalmente no pudieran ser tratados con usuales métodos de tratamiento, principalmente el biológico.
- Valen para tratar contaminantes que presenten baja concentración. (Arroyave Rojas, Garcés Giraldo, & Cruz Castellanos, 2007, p. 7).

2.2.5.2. Fotocatálisis

Es una reacción fotoquímica que involucra la absorción de luz UV y la presencia de un catalizador o semiconductor, donde se origina una reacción de óxido – reducción. El catalizador es activado mediante radiación UV a una determinada longitud de onda por cada fotón, con una determinada energía que incide sobre el semiconductor promoviendo un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción.

Para describir el proceso a grandes rasgos, se puede decir que un material conductor como puede ser el TiO_2 es excitado por la luz ultravioleta provocando la generación de radicales libres, hidroxilo, los cuales provienen de la hidrólisis del agua y del oxígeno del aire. Éstos generan los procesos avanzados de oxidación y reducción de los contaminantes.

La diferencia energética entre la banda de conducción y la banda de valencia en el caso del TiO_2 (Anatasa) es de 3,2 eV. Si un fotón con una energía superior a ésta, lo que equivale a longitudes de onda menores a 388nm, entra en contacto directo con el TiO_2 , un electrón (e^-) de la banda de valencia se mueve hacia la banda de conducción, dejando así un hueco electrónico (h^+).

El par foto-excitado hueco-electrón se propaga hacia la superficie del TiO_2 , donde participa en reacciones químicas con moléculas de oxígeno y agua presentes en el medio ambiente.

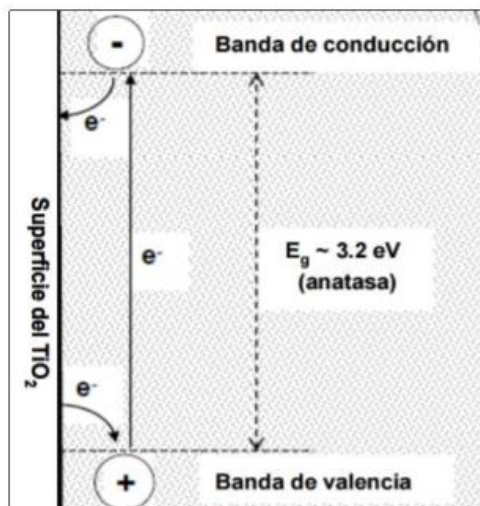


Gráfico 2-2: Diferencia energética entre bandas del TiO_2

Fuente: ARROYAVE Rojas, et al, 2007, p. 7

Los huecos electrónicos (h+) pueden reaccionar con moléculas donantes adsorbidas como las de agua para producir los radicales hidroxilos (altamente reactivos).

Por otro lado, el oxígeno presente en el aire puede actuar como receptor de electrones reaccionando con estos para formar los aniones radicales superoxidantes (O^{2-}). (BAUTISTA, Miguel. LaSallista de la Investigación. *Degradación de Colorantes (Azul de Metileno) por Métodos Electroquímicos*. Veracruz - México. 2011. p. 17).

2.2.5.3. *Detoxificación Fotocatalítica*

Se da por medio del manejo de la radiación UV la cual se la considera muy energética, esta radiación se encarga de activar un semi-conductor, como es el TiO_2 para desencadenar una sucesión de reacciones REDOX, dentro de las cuales se forma el radical libre Hidroxilo que se la considera como la variedad oxidante primaria desarrollada por la descomposición del H_2O_2 catalizada por la activación del TiO_2 .

Este radical libre hidroxilo es el segundo agente más oxidante después del F, y es capacitado para efectuar oxidaciones no específicas de compuestos orgánicos. (ARROYAVE, Joan, et al. LaSallista de la Investigación. *Fotodegradación de las aguas residuales con pesticida Mertect en la industria bananera empleando Fotocatálisis con Dióxido de Titanio y Lámpara de Luz Ultravioleta*. Bilbao - País Vasco. 2007. p. 7.).

2.2.5.4. *Fotocatalizadores*

Son compuestos semiconductores aptos para transportar electrones excitados por fuentes energéticas como puede ser la luz solar o la radiación ultravioleta. El tamaño de los compuestos usados influye en la efectividad de la fotodegradación a realizar, además deben presentar baja toxicidad y una excelente área activa.

El fotocatalizador más ampliamente usado es el dióxido de titanio por sus propiedades reactivas, seguido por el óxido de zinc y varios derivados del bismuto. (ESCOBAR, Vladimir. *Fotocatalizadores, una alternativa para la degradación de contaminantes*. Cuautitlan - México. 2016. p. 2.).

2.2.5.5. *Síntesis del Fotocatalizador por el Método Sol-Gel*

El proceso sol-gel implica la transición de un sistema en estado líquido o en solución, “sol” a una fase sólida denominada “gel”. Las reacciones más importantes que ocurren durante la formación del sol y su transición a gel, son las de hidrólisis y condensación.

Los compuestos presentes se hidrolizan y se condensan generando un sol, en el que las partículas o polímeros muy pequeños se esparcen sin precipitaciones. Suscitar la reacción enlaza las partículas, solidificando el sol a un gel, el cual aún contiene agua y disolventes, cuando se produce la vaporización de agua y los solventes dan lugar a un gel seco.

Algunos geles secos se consideran productos finales y se los utiliza como materiales porosos, para la síntesis de varios compuestos.

Al calentar el gel a un estado en el cual los compuestos orgánicos y residuos se han volatilizado, se forman microestructuras de polvos cerámicos. (SAKKA, Sumio. Science and Technology. *The Current State of Sol-Gel Technology*. New York – Estados Unidos. 1994. p. 13.).

2.2.6. *Biocompuesto*

Se lo denomina como un material formado por una resina (Matriz) y un refuerzo de fibras de origen natural. La matriz está formada por polímeros obtenidos de recursos renovables y no renovables. Esta matriz es muy importante ya que así se protegen las fibras de la degradación por medio del medio ambiente y daños mecánicos, para poder sostener las fibras unas pegadas a otras y pasar las cargas sobre ella.

Las biofibras son compuestos que proceden de principios biológicos y forman parte de los principales componentes de los biocompuestos. Como ejemplo de biofibras tenemos: madera, papel, subproductos de cultivos o biofibras de cultivos como el lino y cáñamo o algodón. (QUARSHIE, Robert, et al. Technology Overview. Biocomposites. Texas - Estados Unidos. 2015. p. 2.).

2.2.6.1. *Quitosano*

Polisacárido lineal formado por cadenas de glucosamina. Debido al grupo amino presente en su estructura es soluble únicamente en soluciones neutras y en medios ácidos.

El quitosano se obtiene de la desacetilación de la quitina, presente en el exoesqueleto de artrópodos y zooplancton marino, formando parte de la pared celular de algunas familias de hongos y levaduras, además en alas de algunos insectos (Hernández 2004). La obtención requiere tratamiento de desmineralización (HCl), desproteización (NaOH) y desacetilación (NaOH) empleando diferentes condiciones de temperatura, tiempo de reacción y concentraciones de los ácidos y bases (Gacén y Gacén 1996).

El quitosano se ha descrito como un compuesto biodegradable, no tóxico, de alto peso molecular, de fácil aplicación y ambientalmente amigable (Lárez 2006, Niquette et al. 2004). Se ha demostrado que la presencia de los grupos amino en la estructura del quitosano confieren la capacidad para coagular sustancias, además su uso permite aumentar la acción de coagulantes inorgánicos convencionales (Gacén y Gacén 1996).

El quitosano adquirió gran importancia al demostrarse su efectividad en biodegradaciones. Tiene la capacidad de adherirse a espacios cargados de forma negativa, por lo que facilita la transferencia de principios activos. Una de sus propiedades más importantes en la degradación es su inocuidad en el ambiente. En las últimas décadas ha sido ampliamente estudiado en campos de biotecnología y remediación demostrando una efectividad del 99% en procesos de descontaminación de aguas residuales. (NETO, Christian, et al. Aplicación del Quitosano como Promotor de Floculación para Disminuir la Carga Contaminante. Cuenca - Ecuador. 2011. p. 20.).

Para conocer el grado de N-desacetilación es necesario realizar una determinación potenciométrica. El procedimiento consiste en disolver el quitosano con un exceso de HCl. La solución de quitosano se valora con una solución de NaOH. De esta manera, se obtiene una curva de pH vs mL de NaOH añadidos, la cual presenta puntos de inflexión; la diferencia entre ellos corresponde a la cantidad de ácido requerido para protonar los grupos amino del quitosano; la concentración de éstos se determina utilizando la siguiente expresión:

$$\%NH_2 = \frac{16.1(y - x)}{w} f$$

Donde y es el punto de inflexión mayor, x corresponde al punto de inflexión menor, ambos expresados como volúmenes, f es la molaridad de la solución de NaOH, w es la masa en gramos de la muestra y el número 16.1 es un factor asociado al tipo de proteína que se utilice.

El porcentaje de proteína (Pr) presente en el quitosano se determina utilizando el método Kjeldahl con la siguiente ecuación:

$$\% Pr = \frac{(14.01)(N)(V)(100)(F)}{m(100)}$$

Donde: N = Normalidad del HCl; V = Volumen de HCl para la muestra en mL – Volumen de HCl para el blanco en mL; 14.01= Peso atómico del Nitrógeno; m = Masa de la muestra en gramos; F = 6.25 (Valor asignado para proteínas en general) (NETO, Christian. 2011. p. 25).

2.2.6.2. Dióxido de Titanio

EL TiO_2 es el fotocatalizador que más ha sido empleado en estudios fotocatalíticos por su gran trabajo en la oxidación y su gran reserva comercial, además de su nulidad toxica se presenta muy estable fotocataliticamente, es sensible a la luz y absorbe radiación UV. No obstante, varios autores confirman que esta actividad fotocatalítica se debe a las propiedades físicas del dióxido de titanio, como lo es su estructura cristalina, el área superficial y el tamaño de partícula. Por esto es de vital importancia obtener dióxido de titanio con una muy buena morfología, por esta razón en todo este tiempo se han visto varios métodos de obtención de TiO_2 , por nombrar deposición química, obtención por medio de sol-gel. (OCHOA, Yasser, et. al. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Antioquia. *Síntesis de TiO_2 , fase anatasa, por el método sol-gel: estudio del efecto de la presencia de AcacH en el sistema.* Medellín - Colombia. 2010. p. 31.).

Se pueden nombrar diferentes fases de TiO_2 como son: Rutilo: estructura tetragonal de 4 ángulos, se coagula fácilmente a temperatura ambiente; Brookita: estructura ortorrómbica que tiene de base un rombo presenta baja estabilidad a temperatura ambiente; Anatasa: estructura octaédrica, presenta mejores propiedades ópticas y electrónicas, estabilidad química y baja toxicidad. La variación entre las fases depende de la temperatura de transformación utilizada en el proceso de obtención del compuesto. (SABRY, Raad, et al. CrossMark. *Synthesis and photocatalytic activity of TiO_2 nanoparticles.* New York - Estados Unidos. 2016. p. 1.).

El rango de fotoactivación del TiO_2 se encuentra dentro del intervalo de longitud de onda correspondiente a la radiación ultravioleta. Concretamente, para que el TiO_2 (en su fase Anatasa) pueda absorber la radiación, la longitud de onda debe ser menor a 388 nm. Por lo tanto el TiO_2 es capaz de generar pares electrón-hueco al incidirle radiación que cumpla con dicho requisito.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación

La investigación es de tipo aplicativo a las ciencias ambientales, de nivel exploratorio debido a que el tema presentado no se ha desarrollado en el país, y los eventos registrados no son determinantes.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es experimental pues se orienta en la manipulación de variables tomando en cuenta metodologías de laboratorio establecidas, para así poder aceptar o rechazar la hipótesis generada en esta investigación.

3.3. Unidad de Análisis

Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

3.4. Etapas de la Investigación

3.4.1. *Elaboración de TiO₂ en fase anatasa por el método sol-gel*

Para la elaboración del compuesto se tomó como referencia una investigación previamente validada donde obtuvieron soles estables de TiO₂ a través de reacciones de hidrólisis y policondensación del tetrabutóxido de titanio acompañado con acetilacetona para retardar las

reacciones de hidrólisis en el sistema. Emplearon alcohol etílico como disolvente que se le adicionó al TBT, procurando que este reactivo no se hidrolizara al entrar en contacto con el medio ambiente. La solución se agitó durante 20 minutos y finalmente adicionaron agua destilada, manteniendo la agitación durante otros 20 minutos. Posteriormente, adicionaron hidróxido de amonio para obtener una condición básica en la solución y favorecer la formación de pequeñas partículas, nanométricas, en el sistema. (OCHOA, Yasser, et. al. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Antioquia. *Síntesis de TiO₂, fase anatasa, por el método sol-gel: estudio del efecto de la presencia de AcacH en el sistema*. Medellín - Colombia. 2010. p. 31).

En base a un estudio realizado donde estudiaron la evolución de las fases cristalinas, mediante difracción de rayos X, y de los grupos funcionales presentes en el sol, utilizando espectroscopía infrarroja en muestras que se obtuvieron al secar el gel a 100°C, se realizaron pruebas preliminares sometiendo al TiO₂ obtenido a lecturas únicamente en el espectrofotómetro IR para comparar los grupos funcionales presentes con los de bibliografía debido a que los otros equipos usados no existen en el inventario de la ESPOCH. (MEDINA, Braulio, et. al. *Caracterización de TiO₂, fase anatasa*. Medellín - Colombia. 2012. p. 18).

Al realizar las pruebas también fue posible determinar la cantidad de TiO₂ obtenido según la metodología, por lo cual al replicar la experimentación se modificó las cantidades de reactivos necesarios según los requerimientos del proceso en general.

Se añadió 13mL de tetrabutóxido de titanio a 45mL de etanol agitando esta mezcla por un período de 20min, posteriormente se colocó 1mL de agua destilada y continuó la agitación por 20min más. Este proceso se llevó a cabo por triplicado para poder obtener cantidades fácilmente manipulables.

Las soluciones se dejaron reposar 5 días para obtener el gel que se mostró en forma de precipitado, es decir que en ese período de tiempo la solución se separó en dos fases, en donde la del sobrenadante fue desechado y la parte inferior que correspondía al gel formado fue extraída.

Posteriormente el gel fue colocado en la estufa a 80°C por 3 días para obtener partículas de polvo tipo cerámico y sometido a la calcinación en la mufla a 500°C, para conseguir que el compuesto generado se encuentre en la fase requerida (anatasa). Culminado el proceso se almacenó en un recipiente estéril protegido de la exposición a la luz.

3.4.2. Dilución de Quitosano

Debido a que el quitosano es insoluble en agua fue necesario realizar una investigación previa acerca del solvente en el cual se podía disolver, en donde se encontró y comprobó que 0,1g de quitosano se pueden diluir en 20mL de ácido acético al 4%. (NETO, Christian, et al. *Aplicación del Quitosano como Promotor de Floculación para Disminuir la Carga Contaminante*. Cuenca - Ecuador. 2011. p. 20.)

Al realizar los cálculos respectivos de las cantidades requeridas se colocaron 12g de quitosano comercial de pureza $\geq 75\%$, con grado de desacetilación de 20 - 300 cps en 2,4L de ácido acético al 4% y se sometió a agitación magnética por 5 horas hasta su dilución total.

3.4.3. Estudios Espectrales de Azul de Metileno

3.4.3.1. Barrido Espectral

Por medio del espectrofotómetro UV-visible realizamos un barrido de longitud de onda del compuesto azul de metileno para conocer su espectro de absorción, es decir la longitud de onda a la cual el colorante absorbe una cantidad mayor de radiación.

Para ello se pesó 0,01g de azul de metileno y se aforo en 100mL de agua destilada, siendo ésta la solución madre. Luego se tomó 1, 2, 3, 5 y 10mL de la solución madre y se aforó en 100mL de agua destilada respectivamente.

Para realizar el barrido, se tomó como blanco agua destilada, y se procedió a la lectura desde la muestra más diluida hasta la más concentrada, en donde se fija como espectro de absorción el pico en el cual la longitud de onda corresponda a la absorbancia más alta.

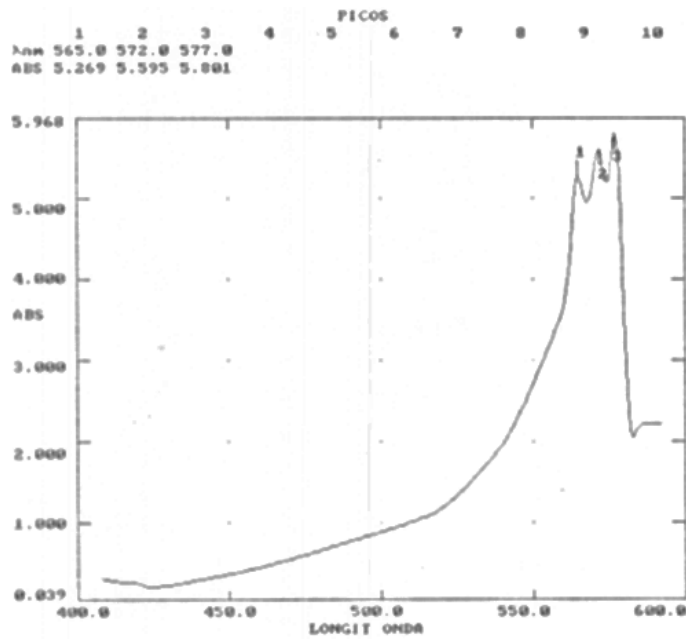


Gráfico 1-3 : Barrido espectral de azul de metileno

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

En el gráfico 1-3 se observa el barrido realizado en donde se toma como espectro de absorción al pico más alto que corresponde a 577nm.

3.4.3.2. Curva de Calibración

Para realizar la curva de calibración programamos al espectrofotómetro UV-visible con la longitud de onda correspondiente al espectro de absorción del azul de metileno (577nm), y realizamos una lectura del colorante a diferentes concentraciones obteniendo los resultados expresados en la tabla 1-3.

Posteriormente se realiza una gráfico en donde las concentraciones usadas van en el eje de las x y el valor de la absorbancia obtenida en el eje de las y .

Tabla 1-3: Absorbancia del azul de metileno a concentraciones conocidas

Concentración (g/L)	Absorbancia
0,001	0,02
0,002	0,062
0,003	0,097
0,005	0,166
0,01	0,217

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

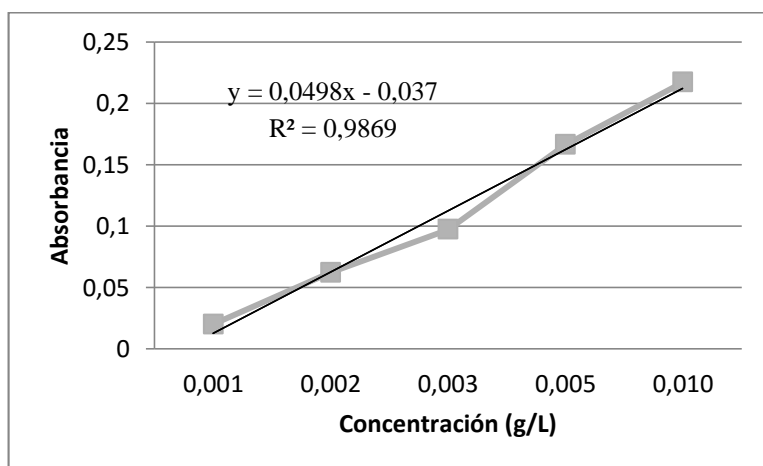


Gráfico 2-3: Curva de calibración de azul de metileno

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

3.4.4. *Obtención del Biocompuesto*

Por cada gramo de quitosano diluido se agregó 0,5g de TiO_2 (fase anatasa), es decir a los 12g de quitosano diluido se añadieron 6g de TiO_2 y se agitó magnéticamente por 30min. Luego se colocó la solución en frascos ámbar y se sometió cada botella al baño de ultrasonidos por 15min.

Posteriormente se añadió un volumen igual de etanol absoluto a la solución obtenida y se dejó reposar por 5 días en un lugar a temperatura ambiente y sin exposición a la luz; se colocó en la estufa a $60^\circ C$ por 12 horas y se extrajo la muestra colocándola en un recipiente estéril.

3.4.4.1. Evaluación de la Actividad Fotocatalítica del Biocompuesto

Se midió la absorbancia del azul de metileno sometido solo a radiación UV para conocer la degradación en esas condiciones, posteriormente se evaluó la degradación de la luz UV junto con diferentes concentraciones del biocompuesto: baja (0,0005g), media (0,002g) y alta (0,008g), para cada prueba se usó 12 tubos de 10mL de azul de metileno a 10ppm, y se realizó una medición en el espectrofotómetro UV cada 20 minutos, tomando una medición inicial de cada tubo para su posterior análisis. Es necesario indicar que al colocar el biocompuesto se agitaba la muestra y antes de medir su absorbancia en el equipo se la centrifugaba.

Esta evaluación se realizó únicamente por duplicado debido a que la cantidad de biocompuesto obtenida era escasa y no era posible realizar más análisis. Es decir al final se cuenta con resultados de 7 análisis, cada uno con 12 valores.

3.4.5. Análisis de la degradación de HAP'S

Al determinar en las pruebas realizadas anteriormente que se obtuvieron mejores resultados de degradación del colorante al someterlo a luz UV junto con 0,002g de biocompuesto, se preparó una solución de 1ppm con un estándar de HAP's, y se colocó 10ml en 7 tubos por separado, en donde el primero fue analizado como concentración inicial del contaminante sin tratamiento; el segundo, tercero y cuarto serán analizados a los 60 minutos de haber realizado el tratamiento y los tres tubos restantes a los 120 minutos.

Finalmente las muestras fueron ingresadas al laboratorio CESTTA para su análisis en el HPLC.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Elaboración de TiO₂ en fase anatasa

Para comprobar que la fase del TiO₂ obtenido en la experimentación se encuentre en fase anatasa se realizó una comparación entre los resultados obtenidos con los de bibliografía, donde analizando los gráficos presentados, es muy clara la similitud entre los picos, a pesar de que para el análisis del segundo día las bandas cambiaron, la forma en general del espectro es casi idéntica.

En el gráfico 1-4 se puede observar claramente la banda de 600cm⁻¹ que corresponde al enlace del Ti-O en forma vibracional, su presencia nos asegura la formación de dichos enlaces. La banda de 880 corresponde a la forma vibracional de γ (C-O); la de 1040 y 1080 corresponde al enlace de Ti-O-C, esto ocurre cuando el Ti se asocia al CH₃-(CH₂)₃-O. (Ochoa, Ortegón, & Rodríguez Páez, 2010, p.33).

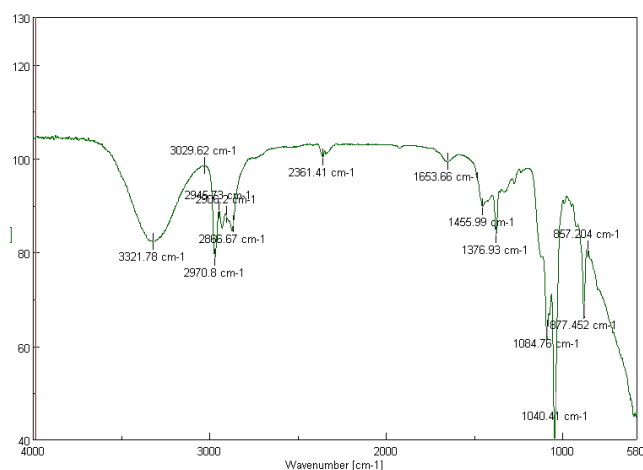


Gráfico 1-4: Espectro IR del TiO₂ obtenido día 1

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

En el gráfico 2-4 se distinguen las bandas de 1030 y 1230 que se pueden asociar al modo $\gamma(\text{Ti-O-C})$, y al estar presente desde el análisis del día anterior evidencia la alta concentración de estos grupos en la muestra. La banda de 970 corresponde a los modos $\gamma(\text{C-O}) + \gamma(\text{C-C})$.

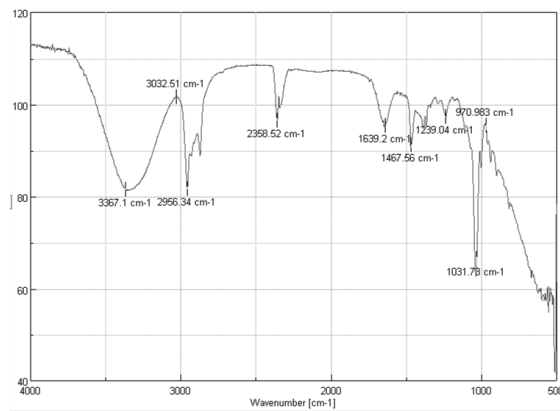


Gráfico 2-4: Espectro IR del TiO_2 obtenido día 2

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

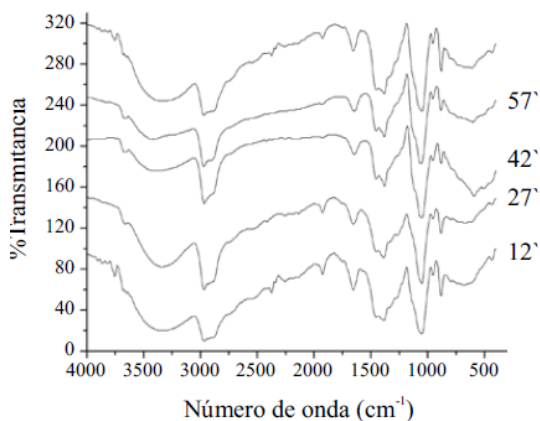


Gráfico 3-4: Espectro IR del TiO_2 según bibliografía

Fuente: (Ochoa, Ortegón, & Rodríguez Páez, 2010, p. 32)

4.2. Actividad Fotocatalítica del Biocompuesto

Se realizó un análisis preliminar de la degradación de azul de metileno sometido a radiación UV, en donde se trabajó con una concentración de 10ppm. A continuación se muestran los datos obtenidos expresados en absorbancia y el porcentaje de la degradación en cada período de tiempo con el promedio de cada uno de ellos.

Tabla 1-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible.

Degradación sin biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%	
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min	
0,233	0,222	0,213	0,206	0,198	0,191	0,184	0,173	5	9	12	16	19	23	29	
0,232	0,212	0,206	0,196	0,193	0,185	0,178	0,165	9	11	16	18	22	26	33	
0,235	0,223	0,218	0,209	0,205	0,192	0,183	0,175	5	7	11	13	20	24	29	
0,234	0,224	0,217	0,208	0,197	0,191	0,186	0,178	4	7	12	17	20	22	27	
0,237	0,220	0,215	0,209	0,203	0,192	0,188	0,179	7	9	12	15	21	23	27	
0,235	0,219	0,215	0,209	0,200	0,193	0,188	0,177	7	9	11	16	19	22	28	
0,236	0,218	0,213	0,205	0,198	0,190	0,187	0,177	8	10	14	17	21	23	28	
0,235	0,220	0,214	0,208	0,201	0,193	0,190	0,178	6	9	12	15	19	21	27	
0,233	0,221	0,214	0,207	0,201	0,194	0,190	0,180	5	8	12	14	18	20	25	
0,236	0,217	0,213	0,205	0,200	0,192	0,187	0,177	8	10	14	16	20	23	28	
0,235	0,217	0,214	0,210	0,205	0,196	0,191	0,182	8	9	11	13	18	20	25	
0,234	0,222	0,218	0,208	0,203	0,194	0,190	0,182	5	7	12	14	18	20	25	
\bar{X}	0,235	0,220	0,214	0,207	0,200	0,192	0,187	0,177	6	9	12	15	20	22	28

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

En la tabla 2-4 y 3-4 se pueden observar los resultados obtenidos al someter azul de metileno a radiación UV-visible junto con una concentración baja del biocompuesto, que corresponde a 0,0005g cada tubo con 10mL del colorante.

Tabla 2-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,0005g de biocompuesto.

Degradación con 0,0005g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,239	0,219	0,205	0,193	0,181	0,172	0,172	0,171	8	15	21	27	32	32	32
0,237	0,214	0,203	0,191	0,175	0,171	0,169	0,169	10	15	21	29	31	33	33
0,238	0,216	0,206	0,193	0,176	0,169	0,168	0,168	9	14	20	29	33	34	34
0,234	0,210	0,201	0,185	0,174	0,165	0,165	0,165	10	15	23	28	34	34	34
0,235	0,214	0,201	0,187	0,175	0,169	0,169	0,167	9	15	22	28	32	32	33
0,231	0,218	0,195	0,183	0,171	0,164	0,163	0,163	6	16	22	29	33	34	34
0,236	0,212	0,204	0,189	0,176	0,166	0,166	0,166	10	14	21	28	34	34	34
0,232	0,215	0,197	0,186	0,172	0,166	0,165	0,163	7	16	21	29	32	33	34
0,232	0,211	0,199	0,184	0,172	0,164	0,164	0,164	9	15	22	29	33	33	33
0,235	0,213	0,203	0,189	0,173	0,165	0,164	0,164	9	14	21	29	34	35	35
0,239	0,217	0,206	0,194	0,179	0,172	0,172	0,170	9	14	20	28	32	32	33
0,232	0,212	0,197	0,185	0,171	0,166	0,164	0,164	9	16	22	29	32	33	33
\bar{X}	0,235	0,214	0,201	0,188	0,175	0,167	0,166	9	15	21	29	33	33	33

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Tabla 3-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,0005g de biocompuesto duplicado.

Degradación con 0,0005g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,234	0,213	0,199	0,185	0,175	0,164	0,164	0,163	9	16	23	28	34	34	35
0,239	0,224	0,210	0,194	0,180	0,172	0,170	0,170	6	13	20	27	32	33	33
0,236	0,216	0,203	0,190	0,175	0,164	0,164	0,164	8	14	21	29	35	35	35
0,239	0,222	0,207	0,193	0,178	0,168	0,167	0,166	7	14	21	28	34	35	35
0,232	0,211	0,200	0,182	0,169	0,162	0,162	0,161	9	14	23	30	35	35	35
0,233	0,212	0,200	0,182	0,170	0,163	0,162	0,162	9	15	24	30	34	35	35
0,237	0,219	0,205	0,190	0,179	0,166	0,166	0,165	8	14	21	27	34	34	35
0,229	0,210	0,197	0,181	0,170	0,160	0,160	0,160	8	14	23	29	35	35	35
0,234	0,213	0,202	0,183	0,172	0,164	0,163	0,161	9	14	24	30	34	35	36
0,232	0,213	0,197	0,183	0,170	0,164	0,164	0,163	8	16	23	30	33	33	34
0,235	0,215	0,203	0,185	0,174	0,163	0,163	0,163	9	14	23	29	35	35	35
0,236	0,214	0,205	0,187	0,178	0,166	0,166	0,166	9	14	22	27	34	34	34
\bar{X}	0,235	0,215	0,202	0,186	0,174	0,165	0,164	8	14	22	29	34	34	35

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Al analizar los resultados de degradación obtenidos en ambas repeticiones se puede observar que la variación entre los promedios es mínima, y como degradación final se considera la media que representa un 34%. Este porcentaje de degradación aunque es mayor que en el análisis anterior no se considera representativo, ya que como se usó la menor cantidad de biocompuesto puede ser necesaria mayor presencia de fotocatalizador para mejorar la reacción.

Las tablas 4-4 y 5-4 presentan los resultados obtenidos de la degradación de azul de metileno al someterlo a radiación UV-visible con una cantidad media de biocompuesto.

Tabla 4-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,002g de biocompuesto.

Degradación con 0,002g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,233	0,207	0,187	0,172	0,159	0,153	0,152	0,150	11	21	29	36	40	41	42
0,231	0,207	0,185	0,165	0,158	0,149	0,149	0,148	10	21	32	36	42	42	42
0,236	0,212	0,191	0,175	0,159	0,158	0,158	0,157	10	20	28	38	38	38	39
0,232	0,205	0,186	0,164	0,155	0,148	0,148	0,146	12	21	33	38	43	43	44
0,233	0,209	0,184	0,168	0,156	0,153	0,152	0,151	10	22	31	38	40	41	41
0,228	0,200	0,183	0,163	0,152	0,146	0,146	0,145	12	21	32	38	42	42	43
0,230	0,202	0,187	0,165	0,153	0,151	0,151	0,149	12	20	31	39	40	40	41
0,235	0,212	0,190	0,172	0,162	0,156	0,155	0,154	10	20	30	35	39	40	40
0,237	0,215	0,192	0,176	0,159	0,157	0,157	0,157	9	20	28	38	39	39	39
0,236	0,214	0,189	0,174	0,161	0,156	0,156	0,155	9	21	29	36	40	40	40
0,239	0,215	0,192	0,179	0,162	0,162	0,162	0,159	10	21	28	37	37	37	39
0,233	0,210	0,185	0,169	0,158	0,152	0,152	0,151	10	22	30	37	41	41	41
\bar{X}	0,234	0,209	0,188	0,170	0,158	0,153	0,152	11	21	30	37	40	40	41

Realizado por: MARTINEZ, Carolina, 2017.

Tabla 5-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,002g de biocompuesto duplicado.

Degradación con 0,002g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,238	0,215	0,192	0,172	0,163	0,158	0,158	0,158	10	20	31	36	39	39	39
0,233	0,205	0,186	0,167	0,148	0,142	0,140	0,140	12	21	32	43	47	48	48
0,235	0,208	0,188	0,170	0,158	0,154	0,153	0,153	11	21	31	38	40	41	41
0,231	0,208	0,183	0,160	0,155	0,150	0,150	0,150	10	22	35	38	41	41	41
0,239	0,217	0,194	0,175	0,165	0,159	0,158	0,158	9	20	30	35	39	40	40
0,237	0,211	0,192	0,172	0,162	0,157	0,157	0,156	11	20	30	36	39	39	40
0,233	0,210	0,187	0,169	0,153	0,149	0,149	0,149	10	21	30	40	43	43	43
0,234	0,209	0,189	0,171	0,156	0,151	0,150	0,150	11	20	30	39	42	42	42
0,238	0,214	0,193	0,174	0,162	0,157	0,156	0,156	10	20	30	37	40	40	40
0,230	0,207	0,180	0,161	0,152	0,145	0,143	0,143	10	23	34	39	44	45	45
0,233	0,207	0,185	0,168	0,155	0,150	0,150	0,150	11	22	31	39	42	42	42
0,237	0,211	0,191	0,173	0,160	0,156	0,155	0,155	11	20	30	37	40	41	41
\bar{X}	0,235	0,210	0,188	0,169	0,157	0,152	0,152	0,152	11	21	31	38	41	42

Realizado por: MARTINEZ, Carolina, 2017.

Los resultados de estas pruebas muestran que el porcentaje de degradación aumentó respecto a los análisis anteriores, pues al analizar ambas repeticiones se obtiene un valor de 41,5%, lo que reafirma que al aumentar la cantidad de biocompuesto mejora la reacción del sistema.

En las tablas 6-4 y 7-4 se presentan los resultados de degradación de azul de metileno al someterlo a radiación UV-visible junto con una cantidad alta de biocompuesto.

Tabla 6-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,008g de biocompuesto.

Degradación con 0,008g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,234	0,219	0,210	0,204	0,195	0,194	0,192	0,190	6	11	13	18	18	19	20
0,237	0,222	0,214	0,206	0,199	0,197	0,196	0,195	6	10	14	17	18	19	19
0,232	0,219	0,208	0,200	0,191	0,189	0,187	0,185	6	11	14	19	20	21	22
0,231	0,217	0,203	0,199	0,191	0,186	0,183	0,183	6	13	14	19	21	23	23
0,235	0,220	0,212	0,205	0,195	0,191	0,190	0,189	6	10	13	18	20	21	21
0,233	0,216	0,209	0,203	0,193	0,190	0,189	0,188	7	11	13	18	20	20	21
0,233	0,218	0,207	0,204	0,194	0,188	0,188	0,187	6	11	13	18	21	21	21
0,232	0,215	0,206	0,201	0,192	0,187	0,187	0,186	7	12	14	18	21	21	22
0,237	0,225	0,216	0,206	0,197	0,197	0,197	0,197	5	9	14	18	18	18	18
0,239	0,228	0,219	0,209	0,201	0,200	0,200	0,199	5	9	13	17	17	17	18
0,237	0,226	0,216	0,204	0,199	0,192	0,192	0,191	5	9	15	17	21	21	21
0,239	0,227	0,217	0,210	0,200	0,198	0,198	0,197	5	9	13	17	18	18	19
\bar{X}	0,235	0,221	0,211	0,204	0,196	0,192	0,191	6	10	14	18	20	20	20

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Tabla 7-4: Degradación de azul de metileno sometido a radiación UV-visible y 0,008g de biocompuesto duplicado.

Degradación con 0,008g biocompuesto (Absorbancia λ)								%	%	%	%	%	%	%
Inicial	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	deg a 20 min	deg a 40 min	deg a 60 min	deg a 80 min	deg a 100 min	deg a 120 min	deg a 140 min
0,236	0,221	0,212	0,205	0,197	0,193	0,192	0,192	6	10	14	18	20	20	20
0,239	0,228	0,219	0,211	0,203	0,199	0,199	0,198	5	9	12	16	18	18	18
0,230	0,215	0,203	0,200	0,186	0,183	0,183	0,183	7	12	14	21	22	22	22
0,235	0,223	0,212	0,203	0,195	0,191	0,190	0,190	5	10	14	18	20	21	21
0,232	0,216	0,208	0,200	0,189	0,185	0,183	0,183	7	11	14	20	22	23	23
0,238	0,229	0,216	0,209	0,201	0,198	0,197	0,197	4	9	13	17	18	19	19
0,237	0,226	0,213	0,206	0,198	0,195	0,193	0,193	5	10	14	18	19	20	20
0,233	0,218	0,210	0,199	0,191	0,189	0,188	0,188	6	10	15	19	20	21	21
0,236	0,227	0,213	0,205	0,197	0,195	0,193	0,193	4	10	14	18	19	20	20
0,238	0,228	0,217	0,208	0,200	0,197	0,197	0,197	4	9	13	17	19	19	19
0,235	0,221	0,211	0,201	0,193	0,191	0,190	0,190	6	10	15	19	20	21	21
0,236	0,223	0,215	0,207	0,196	0,194	0,194	0,194	6	9	13	18	19	19	19
\bar{X}	0,235	0,223	0,212	0,205	0,196	0,193	0,192	5	10	14	18	20	20	20

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

La degradación obtenida en estos análisis es mucho menor que en cualquiera de las anteriores, el 20% alcanzado puede deberse a que como se usó una cantidad alta de biocompuesto hubo mayor turbidez en cada muestra disminuyendo así el paso de la luz, por lo que el tratamiento se vio afectado.

La tabla 8-4 muestra la cinética de degradación del azul de metileno al ser tratado sin biocompuesto y con diferentes concentraciones del mismo, así como también se puede evidenciar en la gráfica 5-4.

Tabla 8-4: Degradación de azul de metileno

	Inicial	20min	40min	60min	80min	100min	120min	140min
Degradación sin biocompuesto (λ)	0,235	0,220	0,214	0,207	0,200	0,192	0,187	0,177
Degradación con 0,0005g biocompuesto (λ)	0,235	0,215	0,202	0,187	0,174	0,166	0,166	0,165
Degradación con 0,002g biocompuesto (λ)	0,234	0,210	0,188	0,170	0,158	0,153	0,152	0,152
Degradación con 0,008g biocompuesto (λ)	0,235	0,222	0,212	0,204	0,196	0,192	0,192	0,191

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

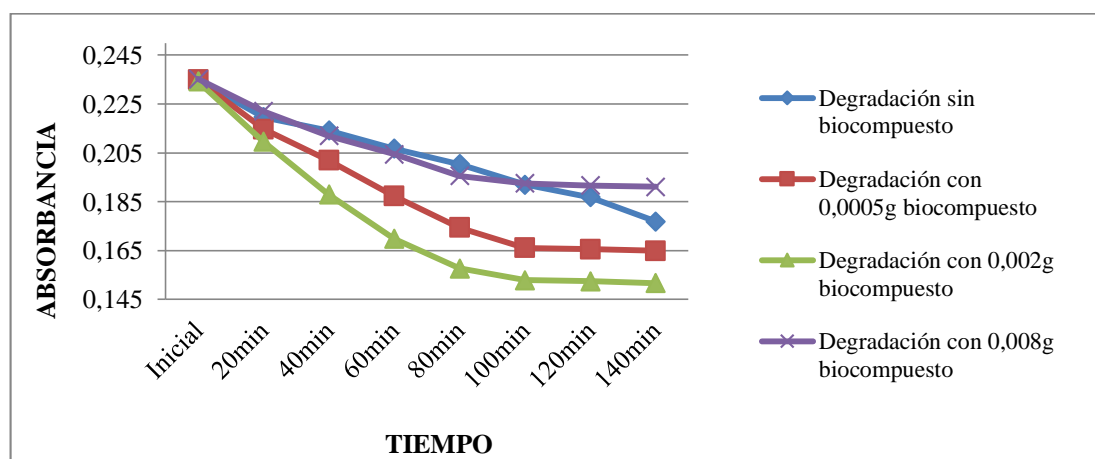


Gráfico 4-4: Degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

La tabla 9-4 muestra el resumen del porcentaje de degradación obtenido según el tipo de tratamiento, junto al gráfico 6-4

Tabla 9-4: Porcentaje de degradación de acuerdo al tipo de tratamiento utilizado

Porcentaje de Degradación			
Sin Biocompuesto	Con 0,0005g de biocompuesto	Con 0,002g de biocompuesto	Con 0,005g de biocompuesto
28	34	41,5	20

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

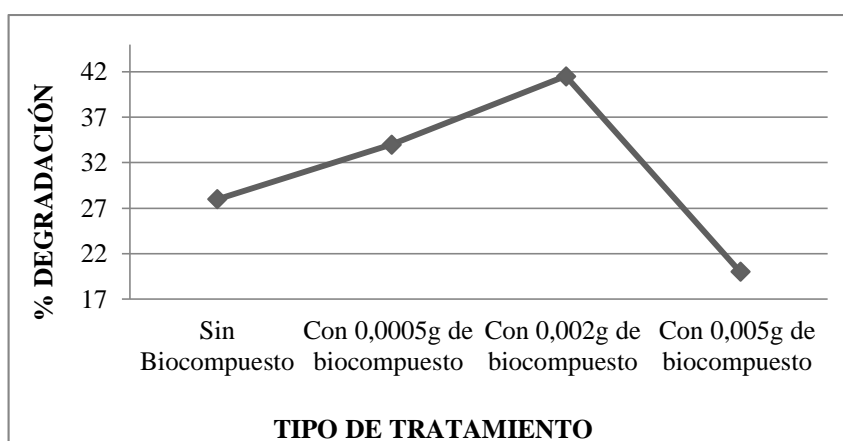


Gráfico 5-4: Porcentaje de degradación de acuerdo al tipo de tratamiento

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Como se puede observar en el gráfico 4-4 y 5-4, el tratamiento que dio mejor resultado en cuanto a degradación es en el que se usó radiación UV-visible con 0,002g de biocompuesto, que corresponde a la cantidad media de biocompuesto utilizado, también cabe recalcar que éste tipo de tratamiento es el basado en bibliografía (Kalaivani, 2016, p.6).

Los resultados obtenidos demuestran que el TiO_2 logró absorber los rayos UV provocando reacciones de oxidación y reducción, disminuyendo la concentración del azul de metileno, por otra parte el quitosano cumplió con la función de floculante, encapsulando el compuesto y precipitándolo para facilitar su tratamiento electroquímico.

A continuación se presenta el análisis estadístico de los datos obtenidos.

ANOVA de un factor

Conc_AM

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,094	3	,031	57,790	,000
Intra-grupos	,361	668	,001		
Total	,455	671			

Gráfico 6-4: ANOVA de la cantidad del biocompuesto y la concentración del AM.

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

H₀=No existe relación entre la cantidad de biocompuesto utilizado con la concentración de azul de metileno

H₁=Existe relación entre la cantidad de biocompuesto utilizado con la concentración de azul de metileno

El gráfico 6-4 muestra que el análisis de las variables presenta una significancia menor a 0.005, por lo que se desecha la hipótesis nula, lo que nos indica que la cantidad de biocompuesto utilizada influye en la degradación del azul de metileno, y en concordancia de lo que nos indicaban las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 podemos decir que al colocar una cantidad muy baja del mismo los efectos son bajos debido a que no se acelera la reacción, y por el contrario al colocar una cantidad muy elevada de biocompuesto, éste influye en el paso de la luz pues genera mayor turbidez, lo que impide que el tratamiento degrade de mejor manera el compuesto.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Conc_AM

HSD de Tukey

(I) Biocompuesto	(J) Biocompuesto	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Nulo	Bajo	,015188*	,002907	,000	,00770	,02267
	Medio	,026870*	,002907	,000	,01938	,03436
	Alto	-,001630	,002907	,944	-,00912	,00586
Bajo	Nulo	-,015188*	,002907	,000	-,02267	-,00770
	Medio	,011682*	,002374	,000	,00557	,01780
	Alto	-,016818*	,002374	,000	-,02293	-,01070
Medio	Nulo	-,026870*	,002907	,000	-,03436	-,01938
	Bajo	-,011682*	,002374	,000	-,01780	-,00557
	Alto	-,028500*	,002374	,000	-,03461	-,02239
Alto	Nulo	,001630	,002907	,944	-,00586	,00912
	Bajo	,016818*	,002374	,000	,01070	,02293
	Medio	,028500*	,002374	,000	,02239	,03461

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Gráfico 7-4: Prueba de Tukey cantidad del biocompuesto y concentración del AM.

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

H_0 =No existe diferencia en la degradación de azul de metileno de acuerdo al nivel de biocompuesto usado.

H_i = Existe diferencia en la degradación de azul de metileno de acuerdo al nivel de biocompuesto usado.

Al realizar la prueba de Tukey se puede observar claramente que la significancia entre la cantidad alta y nula de biocompuesto es mayor a 0.005, por lo que se acepta la hipótesis nula entre esta dos variables, es decir hay relación o similitud entre ambos, y como se desea enfocar en los mejores resultados debo descartarlos y enfocarme en los restantes.

Para conocer con exactitud qué cantidad de biocompuesto usado presenta mejores resultados en cuanto a la reducción de la concentración del azul de metileno se realiza un análisis del gráfico 7-4, en donde se observa claramente que se mantiene una concentración elevada de 26.51% al someter al AM a una concentración alta de biocompuesto, y por el contrario al aplicar una cantidad media del biocompuesto la concentración del AM se reduce a un 22.84%.

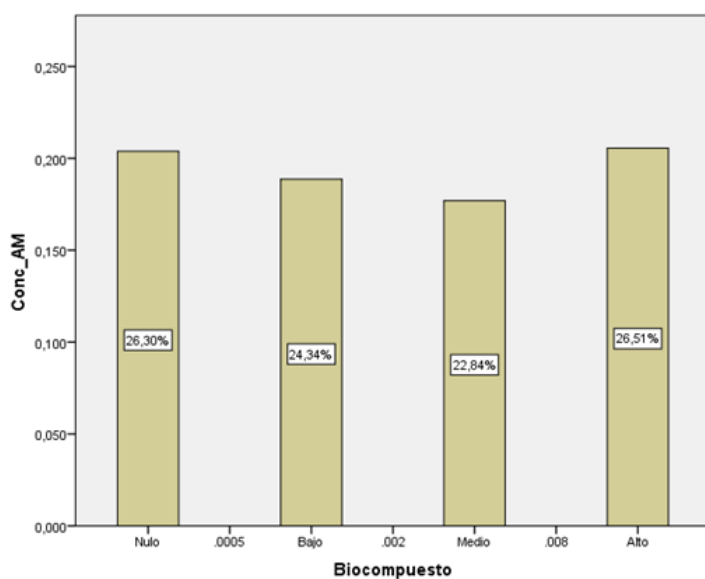


Gráfico 8-4: Cambio en la concentración del AM por la cantidad de biocompuesto usado

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

4.3. Degradación de HAP's

Para reducir el margen de error de los resultados obtenidos se realizó una medición inicial de la concentración de HAP's sin ser sometida a ningún tratamiento, luego por triplicado se analizó la muestra sometida al tratamiento elegido por 60 minutos, y posteriormente a los 120 minutos de igual manera por triplicado, en las tablas 10-4, 11-4 y 12-4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 10-4: Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento. (Parte 1)

TIEMPO (min)	PARÁMETRO									
	Naftaleno	% deg	Acenafteno	% deg	Fluoreno	% deg	Fenantreno	% deg	Antraceno	% deg
0	0,19	-	0,45	-	0,53	-	0,6	-	0,6	-
60	0,18	5,26	0,33	26,67	0,43	18,87	0,51	15	0,12	80
60	0,18	5,26	0,35	22,22	0,46	13,21	0,53	11,67	0,12	80
60	0,19	0	0,36	20	0,45	15,09	0,52	13,33	0,11	81,67
120	0,15	21,05	0,2	55,56	0,34	35,85	0,43	28,33	0,03	95
120	0,15	21,05	0,2	55,56	0,33	37,74	0,42	30	0,03	95
120	0,07	63,16	0,14	68,89	0,27	49,06	0,39	35	0,03	95

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Tabla 11-4: Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento. (Parte 2)

TIEMPO (min)	PARÁMETRO									
	Fluoranteno	% deg	Pireno	% deg	Benzo(a) Antraceno	% deg	Criseno	% deg	Benzo (b) Fluoranteno	% deg
0	0,62	-	0,62	-	0,57	-	0,57	-	0,5	-
60	0,57	8,06	0,54	12,9	0,44	22,81	0,57	0	0,49	2
60	0,57	8,06	0,54	12,9	0,43	24,56	0,55	3,51	0,5	0
60	0,57	8,06	0,54	12,9	0,42	26,32	0,54	5,26	0,49	2
120	0,49	20,97	0,43	30,65	0,28	50,88	0,51	10,53	0,49	2
120	0,5	19,35	0,44	29,03	0,29	49,12	0,52	8,77	0,5	0
120	0,49	20,97	0,43	30,65	0,27	52,63	0,52	8,77	0,49	2

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Tabla 12-4: Concentración y degradación de algunos HAP's a diferentes tiempos de tratamiento. (Parte 3)

TIEMPO (min)	PARÁMETRO									
	Benzo(k) Fluoranteno	% deg	Benzo(a) Pireno	% deg	Dibenzo(a,h) Antraceno	% deg	Benzo(g,h,i) Perileno	% deg	Indeno (1,2,3cd) Pireno	% deg
0	0,56	-	0,53	-	0,53	-	0,47	-	0,44	-
60	0,55	1,79	0,48	9,43	0,52	1,89	0,46	2,13	0,44	0
60	0,55	1,79	0,46	13,21	0,53	0,00	0,47	0,00	0,44	0
60	0,54	3,57	0,46	13,21	0,52	1,89	0,47	0,00	0,44	0
120	0,51	8,93	0,35	33,96	0,47	11,32	0,47	0,00	0,44	0
120	0,52	7,14	0,36	32,08	0,49	7,55	0,47	0,00	0,44	0
120	0,51	8,93	0,35	33,96	0,47	11,32	0,47	0,00	0,44	0

Realizado por: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Al analizar los porcentajes de degradación obtenidos, se puede observar que los mejores resultados fueron obtenidos a los 120 min del tratamiento; que el compuesto con mayor degradación fue el Antraceno presentando un 95% de reducción, seguido por el Acenafeno con el 60%, y el Benzo(a) Antraceno con el 51%. Por otro lado el Indeno (1,2,3-cd) Pireno y el Benzo(g,h,i) Perileno no presentaron reducción alguna de su concentración en el tratamiento.

Al realizar el análisis estadístico se obtuvo lo siguiente:

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Conc_HAPs

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,180 ^a	45	,048	208,169	,000
Intersección	14,730	1	14,730	63282,232	,000
Tiempo_Tratamiento	,287	2	,144	616,822	,000
HAPs	,994	15	,066	284,669	,000
Tiempo_Tratamiento * HAPs	,280	28	,010	42,922	,000
Error	,014	59	,000		
Total	20,885	105			
Total corregida	2,194	104			

a. R cuadrado = ,994 (R cuadrado corregida = ,989)

Gráfico 9-4: Prueba de efectos inter-sujetos entre HAP's y el tiempo de tratamiento

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

H_0 =No existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento.

H_1 = Existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento.

Al realizar la prueba de inter-sujetos se obtiene una significancia menor a 0.005, por lo que se desecha la hipótesis nula aceptando que existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento, pues la degradación obtenida a los 120 minutos en cada prueba es mucho mayor a la que se obtuvo a los 60 minutos.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Conc_HAPs

DHS de Tukey

(I)Tiempo Tratamiento	(J)Tiempo Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error tip.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T0	T1	,0758*	,00455	,000	,0648	,0867
	T2	,1500*	,00455	,000	,1391	,1609
T1	T0	-,0758*	,00455	,000	-,0867	-,0648
	T2	,0742*	,00322	,000	,0665	,0820
T2	T0	-,1500*	,00455	,000	-,1609	-,1391
	T1	-,0742*	,00322	,000	-,0820	-,0665

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

* I a diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Gráfico 10-4: Prueba de Tukey entre el tiempo de tratamiento y la concentración de HAP's

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

H_0 =No existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento.

H_i = Existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento.

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey nos da como resultado una significancia menor a 0.005, por lo tanto se desecha la hipótesis nula aceptando que existe diferencia en la degradación de azul de metileno respecto al tiempo de tratamiento, pues el T₂ presenta mejores resultados respecto al T₁.

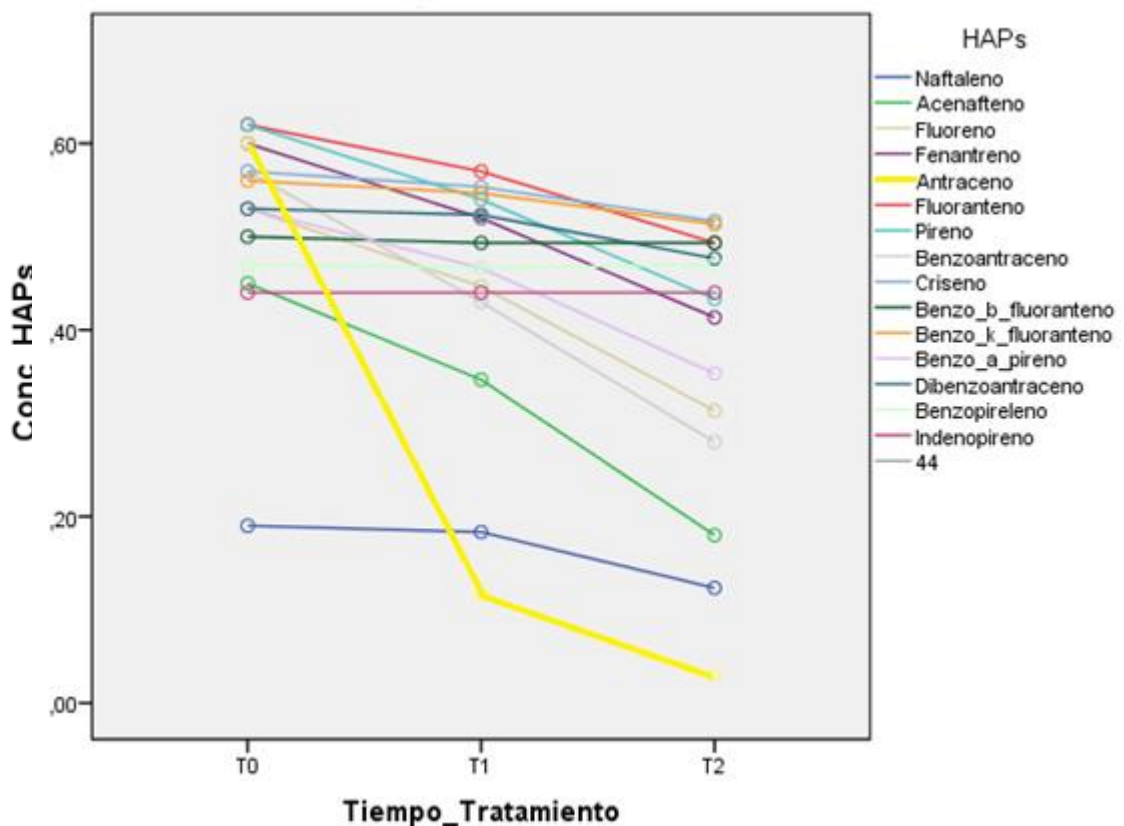


Gráfico 11-4: Medias marginales de la concentración de HAP's vs el tiempo de tratamiento

Fuente: MARTÍNEZ, Carolina, 2017.

Al analizar el gráfico 11-4, podemos observar claramente que el compuesto que presentó mayor degradación fue el Antraceno, seguido por el Acenafteno, y que por el contrario Indeno pireno y el Benzo pireleno no presentaron reducción de su concentración en el tratamiento, poniendo en concordancia lo obtenido en las tablas 10, 11 y 12, aunque a diferencia con los resultados obtenidos en las tablas, podemos apreciar simbólicamente la reducción por la gráfica obtenido y

no numéricamente. Además como se concluyó en gráficos anteriores, la mayor degradación presentada es en el T₂.

La variación entre las concentraciones de HAP's iniciales y las presentadas luego del tratamiento se determinó en el HPLC, por medio de una separación cromatográfica analizando la diferencia de los grupos funcionales presentes antes y después del mismo.

CONCLUSIONES

Se sintetizó el biocompuesto y se determinó que su aplicación combinada con procesos fotocatalíticos en HAP's presentó una sola degradación significativa del Antraceno, el resto de compuestos mostraron degradaciones bajas e incluso nulas.

El dióxido de titanio fue sintetizado por el método sol-gel y debido a la presencia de grupos funcionales como Ti-O, Ti-O-C, CH₃-(CH₂)₃-O se aseguró que se encuentra en fase anatasa.

Se preparó un biocompuesto a partir de dióxido de titanio y quitosano obteniendo un polvo blanco cerámico.

Las muestras de azul de metileno que fueron sometidas a radiación ultravioleta junto con 0,002g de biocompuesto presentaron una degradación máxima del 41.5%.

Por medio del análisis realizado por cromatografía líquida a muestras estándar de HAP's, se concluye que el método empleado no es el más eficiente, pues tiene resultados representativos en pocos compuestos y dados los recursos invertidos no resulta favorable su aplicación.

RECOMENDACIONES

Al ser una técnica no explorada en el país, se recomienda investigar su posible aplicación en diferentes compuestos orgánicos contaminantes.

Para su posible aplicación a mayor escala, se sugiere que se realice el tratamiento con muestras reales de agua contaminada con HAP's para conocer a profundidad los resultados bajo condiciones diferentes.

Se sugiere se continúe investigaciones posteriores acerca de diversas combinaciones para la creación del biocompuesto para conocer la eficacia de cada una.

BIBLIOGRAFÍA

1. ESTADOS UNIDOS. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR) *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*. Atlanta - Estados Unidos. 2016. p. 2-4-6. [En línea]

[Citado el: 18 de 06 de 2016.]

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html

2. PAÍS VASCO. ARROYAVE, Joan, et al. LaSallista de la Investigación. *Fotodegradación de las aguas residuales con pesticida Mertect en la industria bananera empleando Fotocatálisis con Dióxido de Titanio y Lámpara de Luz Ultravioleta*. Bilbao - País Vasco. 2007. p. 7. [Paper]

3. ECUADOR. ASAMBLEA CONSTITUYENTE. *Constitución de la República del Ecuador*. Quito - Ecuador. 2008. p. 29-30. [En línea].

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

4. ASECNCIO, Adrián y FUENTES, Anaís. Prezi. *Clasificación de los Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales*. Quito - Ecuador. 2013. p. 3-5. [En línea].

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<https://prezi.com/b7nwgqwsv8zr/clasificacion-de-los-metodos-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>.

5. MÉXICO. BAUTISTA, Miguel. LaSallista de la Investigación. *Degradación de Colorantes (Azul de Metileno) por Métodos Electroquímicos*. Veracruz - México. 2011. p. 17-18. [Paper].

6. ESCOBAR, Vladimir. *Fotocatalizadores, una alternativa para la degradación de contaminantes.* Cuautitlan - México. 2016. p. 2. [En línea]

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://www.cronica.com.mx/notas/2016/988450.html>

7. GOKEL, George, et al. *Química Orgánica Experimental.* 1a edición. Barcelona – España. 2007. P. 15-32-78-97-130). [Libro].

8. HARO, Robin. Monografías en Línea. *Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos de oxidación avanzada.* Quito - Ecuador. 2014. p. 1. [En línea]

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://www.monografias.com/trabajos99/tratamiento-aguas-residuales-procesos-oxidacion-avanzada/tratamiento-aguas-residuales-procesos-oxidacion-avanzada.shtml>

9. INDIA. KALAIVANI, Jayanthi, SUJA, SK. Science Direct. *TiO₂ (rutile) embedded inulin—A versatile bio-nanocomposite for photocatalytic degradation of methylene blue.* Tamilnadu - India. 2016. p. 1-4-12. [Paper]

10. COLOMBIA. MEDINA, Braulio, et. al. *Caracterización de TiO₂, fase anatasa.* Medellín - Colombia. 2012. p. 18 [Paper].

11. ECUADOR. NETO, Christian, et al. *Aplicación del Quitosano como Promotor de Floculación para Disminuir la Carga Contaminante.* Cuenca - Ecuador. 2011. p. 20. [Paper].

12. COLOMBIA. OCHOA, Yasser, et al. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Antioquia. *Síntesis de TiO₂, fase anatasa, por el método sol-gel: estudio del efecto de la presencia de AcacH en el sistema.* Medellín - Colombia. 2010. p. 31. [Paper].

13. PAZ Y MIÑO, César. Ecuador Universitario. *Situación de la ciencia ecuatoriana: Problemática, desafíos y futuro.* Quito - Ecuador. 2011 p. 1. [En línea].

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://ecuadoruniversitario.com/noticias-universitarias/situacion-de-la-ciencia-ecuatoriana-problematika-desafios-y-futuro/>

14. VENEZUELA. PETIT, Karla, et al. QuímicaViva. *Biodegradación de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) por hongos aislados de aguas contaminadas con petróleo, podredumbre blanca, y acíbar de Aloe vera*. Coro - Venezuela. 2013. p. 1. [Paper].

15. QUARSHIE, Robert, et al. Technology Overview. *Biocomposites*. Texas - Estados Unidos. 2015. p. 2. [En línea].

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://netcomposites.com/media/1211/biocomposites-guide.pdf>

16. ESTADOS UNIDOS. SABRY, Raad, et al. CrossMark. *Synthesis and photocatalytic activity of TiO₂ nanoparticles*. New York - Estados Unidos. 2016. p. 1. [Paper].

17. ESTADOS UNIDOS. SAKKA, Sumi. Science and Technology. *The Current State of Sol-Gel Technology*. New York - Estados Unidos. pág. 13. [Paper].

18. MÉXICO. SOLÍS, Segura, et al. Dirección de Vinculación Investigación - Sociedad. *Principios Básicos de Contaminación Ambiental*. Ciudad de México - México. 2003. p.13. [Libro].

19. VÁSQUEZ, Mario. Métodos electroquímicos de tratamiento de contaminantes. *Fotocatálisis Heterogénea*. Guayaquil - Ecuador. 2015. p.3. [En línea]

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/ocw/mod/page/view.php?id=287>.

20. VILLAMARÍN, Katherine y VILLAMARÍN, Jackie. *Degradación de Fenoles presentes en las descargas de aguas residuales de la Refinería de Shushufindi mediante fotodegradación utilizando Óxido de Titanio adherido electroquímicamente para su descontaminación*. Riobamba - Ecuador. 2017. p.13-21-28-31. [Tesis]

21. VIVES, Ingrid. Apuntes de Ciencia y Tecnología. *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y la Salud Humana*. Bellaterra – España. 2001. p. 46-48-52. [En línea]

[Citado el: 22 de 02 de 2017.]

<http://www.higieneocupacional.com.br/download/hidrocarburos-vives.pdf>

ANEXOS

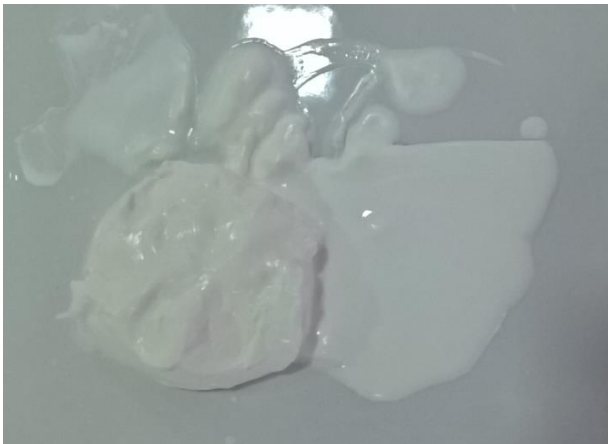
ANEXO A: Elaboración de TiO_2 en fase anatasa por el método sol-gel.



Fotografía 1: Adición de reactivos y agitación



Fotografía 2: Decantación de la muestra



Fotografía 3: Gel formado



Fotografía 4: Secado de la muestra



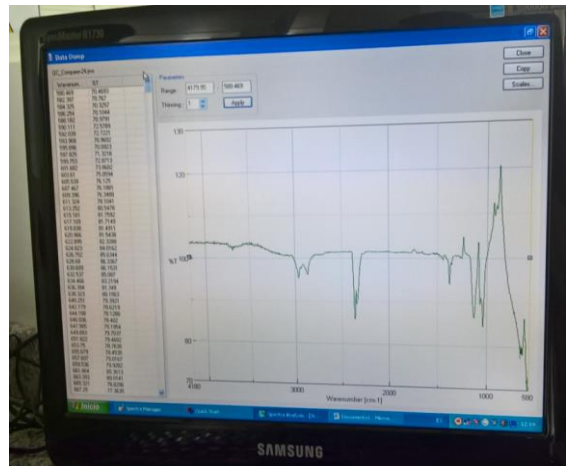
Fotografía 5: Obtención TiO_2



Fotografía 6: Obtención TiO_2



Fotografía 7: Análisis en el espectro IR



Fotografía 8: Análisis en el espectro IR

ANEXO B: Estudios Espectrales de Azul de Metileno



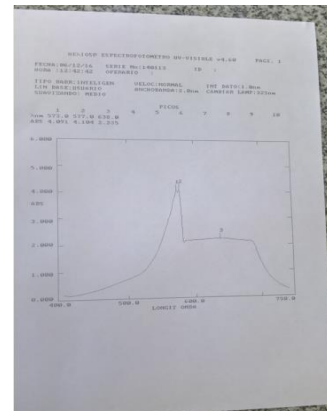
Fotografía 1: Preparación de la solución a diferentes concentraciones



Fotografía 2: Preparación de la solución a diferentes concentraciones



Fotografía 3: Lectura de la absorbancia de las muestras



Fotografía 4: Impresión de los resultados

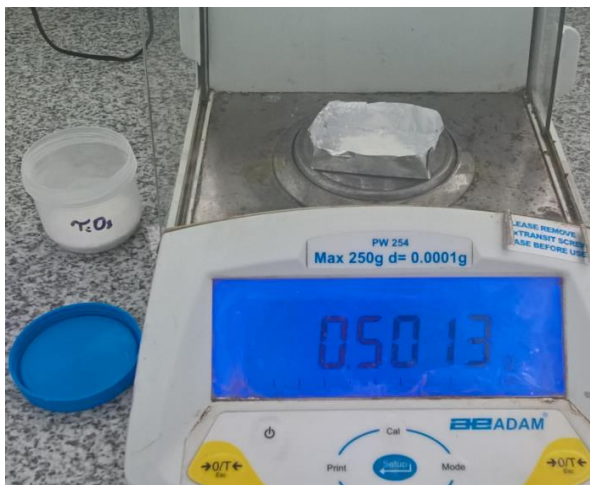
ANEXO C: Obtención del Biocompuesto



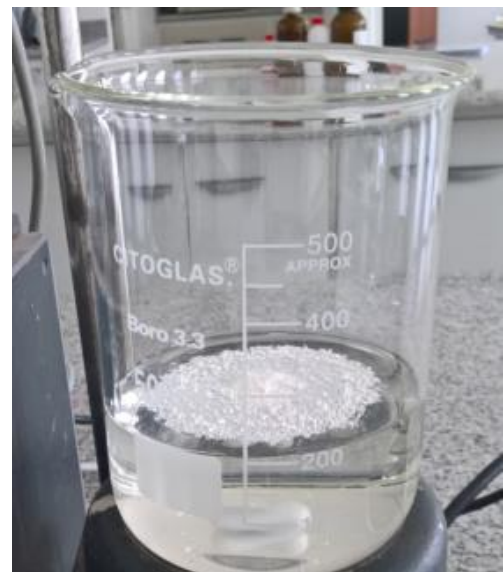
Fotografía 1: Dilución del quitosano



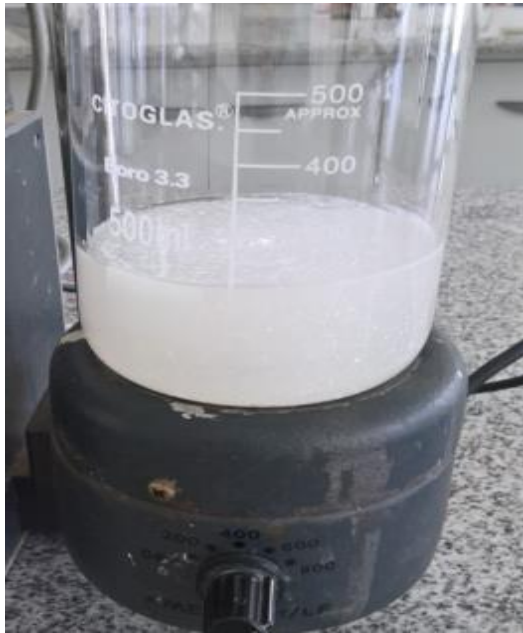
Fotografía 2: Pesaje de reactivos



Fotografía 3: Pesaje de reactivos



Fotografía 4: Mezcla del TiO_2 y quitosano



Fotografía 5: Mezcla de los compuestos



Fotografía 6: Baño de ultrasonido



Fotografía 7: Adición de etanol



Fotografía 8: Decantación de la muestra

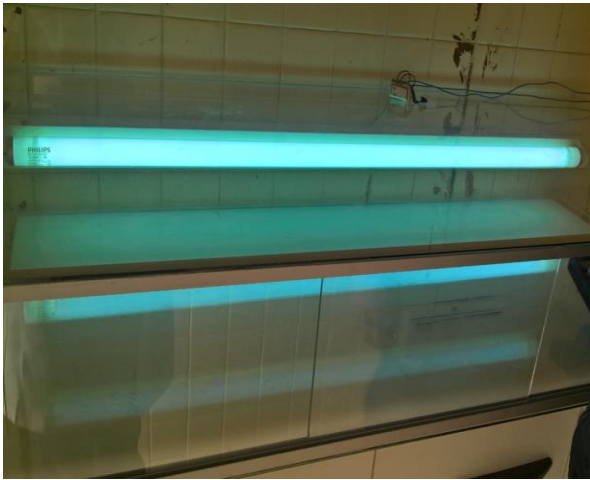


Fotografía 9: Biocompuesto



Fotografía 10: Biocompuesto obtenido

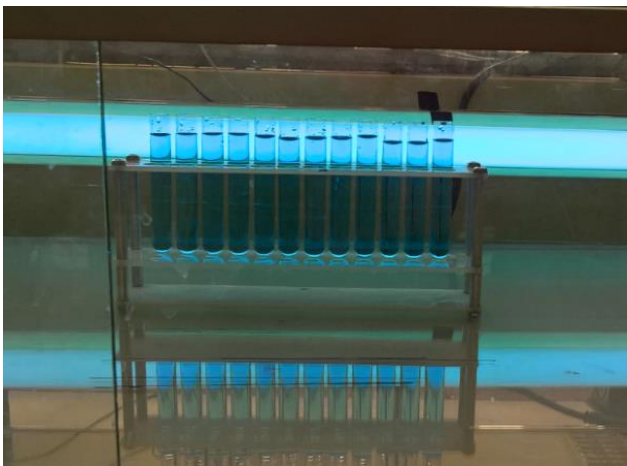
ANEXO D: Evaluación de la actividad fotocatalítica del biocompuesto



Fotografía 1: Radiación UV-B



Fotografía 2: Preparación de las muestras



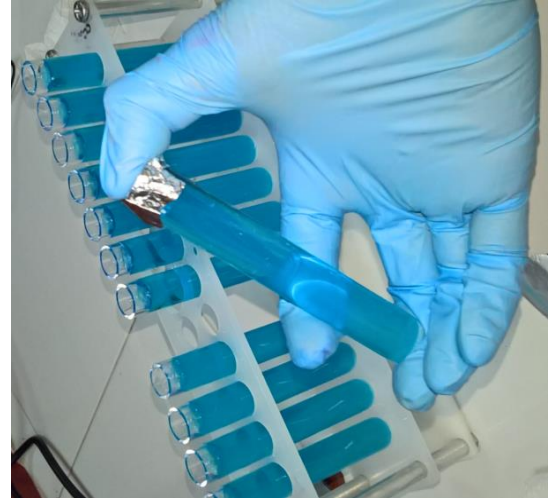
Fotografía 3: Tratamiento de las muestras



Fotografía 4: Pesaje del biocompuesto



Fotografía 5: Adición de biocompuesto y muestra



Fotografía 6: Agitación de las muestras



Fotografía 7: Lectura de la absorbancia de las muestras



Fotografía 8: Centrifugación de las muestras

ANEXO E: Análisis de la degradación de HAP's



Fotografía 1: Preparación de las muestra de HAP's



Fotografía 2: Adición del Biocompuesto



Fotografía 3: Radiación de luz UV-B



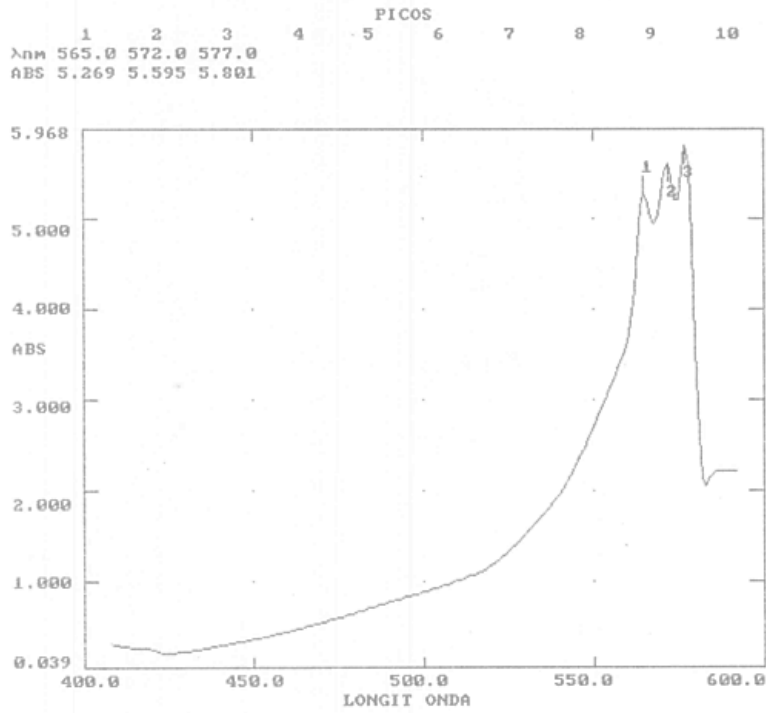
Fotografía 4: Identificación de las muestras e ingreso al laboratorio

ANEXO F: Análisis Espectrales del Azul de Metileno

HEXIOSP ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLE v4.60 PAGI. 1

FECHA:12/01/17 SERIE No:140113 ID :
 HORA :11:41:06 OPERARIO :

TIPO BARR:INTELIGEN VELOC:NORMAL INT DATO:1.0nm
 LIN BASE:USUARIO ANCHOBANDA:2.0nm CAMBIAR LAMP:325nm
 SUAVIZANDO: MEDIO



HEXIOSP ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLE v4.60 PAGI. 1

FECHA:12/01/17 SERIE No:140113 ID :
 HORA :11:46:32 OPERARIO :

SELEC. λ:SENCILLA ANCHOBANDA:2.0nm INTEGRACION:1s
 CAMBIAR LAMP:325nm TIEMP RETRASO:00:00
 LONG. ONDA:577.0nm

MUESTRA	ABS	MUESTRA	ABS
1	0.020		
2	0.062		
3	0.097		
4	0.166		
5	0.355		
6	0.304		

ANEXO G: Análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos de cada tipo

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>
--	---

INFORME DE ENSAYO No:

ST:

Nombre Peticionario:

Ata.

Dirección:

A-180-17

095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS

N.A.

Carolina Martínez

Duequea y 11 de Noviembre

Riobamba - Chimborazo

FECHA:

NUMERO DE MUESTRAS:

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

FECHA DE MUESTREO:

FECHA DE ANÁLISIS:

TIPO DE MUESTRA:

CÓDIGO CESTTA:

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

PUNTO DE MUESTREO:

ANÁLISIS SOLICITADO:

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

CONDICIONES AMBIENTALES:

21 de Marzo del 2017

1

2017/03/15 - 09:30

NA

2017/03/15 - 2017/03/21

Agua Residual

LAB-A-180-17

CO

NA

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo

Carolina Martínez

T máx.:25.0 °C, T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (µg)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,19	-
Acenftfeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,45	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,53	-
Perantfeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,60	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,60	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,62	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,62	-
Benzo (a)antfaco	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,57	-
Crifeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,57	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,50	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,56	-
Benzo (a) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,53	-
Dibenzo (a,h) antfaco	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,53	-
Benzo (g,h,i) pifeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO:
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
BOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3831181

Índice (1,2,3-ol) pirras	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
--------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra aceptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dra. Mónica Alvarado
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3813183

INFORME DE ENSAYO No:

ST:

Nombre Peticionario:

Ab.

Dirección:

A-181-17

095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS

N.A.

Carolina Martínez

Dargaca y 11 de Noviembre

Riobamba - Chimborazo

FECHA:

21 de Marzo del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2017/03/15 - 09:30

FECHA DE MUESTREO:

NA

FECHA DE ANÁLISIS:

2017/03/15 - 2017/03/21

TIPO DE MUESTRA:

Agua Residual

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A-181-17

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

IP1

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Carolina Martínez

CONDICIONES AMBIENTALES:

T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (M)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,18	-
Acenftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,33	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,43	-
Ferantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,51	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,12	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,37	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,54	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
Criseo	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,37	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,55	-
Benzo (a) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,48	-
Dibenzo (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Benzo (g,h,i) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,46	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**


Panameritana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 2633163

Índice (I,2,3-od) plomo	PIE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
-------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra recibida en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Mónica Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericano Sur Nal. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183

INFORME DE ENSAYO No:

ST:

Nombre Peticionario:

Ata:

Dirección:

A-182-17

095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS

N.A.

Carolina Martínez

Darigata y 11 de Noviembre

Riobamba - Chimborazo

FECHA:

21 de Marzo del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2017/03/15 - 09:30

FECHA DE MUESTREO:

NA

FECHA DE ANÁLISIS:

2017/03/15 - 2017/03/21

TIPO DE MUESTRA:

Agua Residual

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A-182-17

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

IP2

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Carolina Martínez

CONDICIONES AMBIENTALES:

T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (M)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,18	-
Acenafeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,35	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,46	-
Fenantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,53	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,12	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,57	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,54	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,43	-
Criseno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,55	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,50	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,55	-
Benzo (a) pirceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,46	-
Dibenzo (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,53	-
Benzo (g,h,i) pirceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

MC01-16

Página 1 de 2

Edición 0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 N. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
BOGOTÁ - ECUADOR
Teléfono: (03) 3612183

Indeno (1,2,3-cd) pino	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/l.	0,44	-
------------------------	--	-------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra recibida en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Miriam Alvarado
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 2913183

INFORME DE ENSAYO No:
ST:
Nombre Peticionario:
Ata:
Dirección:

A-183-17
095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS
N.A.
Carolina Martínez
Diques y II de Noviembre
Riobamba - Chimborazo

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

21 de Marzo del 2017
1
2017/03/15 - 09:30
NA
2017/03/15 - 2017/03/21
Agua Residual
LAB-A-183-17
IP3
NA
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo
Carolina Martínez
T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (M)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,19	-
Acenafeno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,36	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,45	-
Fenantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,11	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,57	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,54	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,42	-
Criseno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,54	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,54	-
Benzo (a) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,46	-
Dibenz (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Benzo (g,h,i) ptereno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
BOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183**

Inflato (1,2,3-cd) pirame	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
---------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 301110

INFORME DE ENSAYO No:
ST:
Nombre Peticionario:
Ata:
Dirección:

A-184-17
095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS
N.A.
Carolina Martínez
Durgas y 11 de Noviembre
Riobamba - Chimborazo

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

21 de Marzo del 2017
1
2017/03/15 - 09:30
NA
2017/03/15 - 2017/03/21
Agua Residual
LAB-A-184-17
2P1
NA
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo
Carolina Martínez
T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (®)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,15	-
Acenafteño	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,20	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,34	-
Fenantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,43	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,03	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,43	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,28	-
Criseño	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,51	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,51	-
Benzo (a) pirino	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,35	-
Dibenzo (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-
Benzo (g,h,i) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIORAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183**

Indeno (1,2,3-cd) p/retro	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
---------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio A. Nájera
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3912183

INFORME DE ENSAYO No:

ST:

Nombre Peticionario:

Ata:

Dirección:

A-185-17

095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS

N.A.

Carolina Martínez

Durazno y 11 de Noviembre

Riobamba - Chimborazo

FECHA:

21 de Marzo del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2017/03/15 - 09:30

FECHA DE MUESTREO:

NA

FECHA DE ANÁLISIS:

2017/03/15 - 2017/03/21

TIPO DE MUESTRA:

Agua Residual

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A-185-17

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

2P2

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Carolina Martínez

CONDICIONES AMBIENTALES:

T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (M)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,13	-
Acenfteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,20	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,33	-
Fenantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,42	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,03	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,50	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,29	-
Criseno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,50	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Benzo (a) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,36	-
Dibenz (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Benzo (g,h,i) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIORAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013333**

Indeno (1,2,3-cd) p/reno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
--------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3813183**

INFORME DE ENSAYO No:

A-186-17

ST:

095 - 17 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:

N.A.

Año:

Carolina Martínez

Dirección:

Duquesa y 11 de Noviembre
Riobamba - Chimborazo

FECHA:

21 de Marzo del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2017/03/15 - 09:30

FECHA DE MUESTREO:

NA

FECHA DE ANÁLISIS:

2017/03/15 - 2017/03/21

TIPO DE MUESTRA:

Agua Residual

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A-186-17

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

2P3

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos cada tipo

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Carolina Martínez

CONDICIONES AMBIENTALES:

T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (M)
Naftaleno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,07	-
Acenafiteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,14	-
Fluoreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,27	-
Fenantreno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,39	-
Antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,03	-
Fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,43	-
Benzo (a)antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,27	-
Criseno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,52	-
Benzo (b) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,49	-
Benzo (k) fluoranteno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,51	-
Benzo (a) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,35	-
Dibenzo (a,h) antraceno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-
Benzo (g,h,i) pirelino	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,47	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
BOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183

Indeno (1,2,3-od) pireno	PEE/CESTTA/08 Standard Method No 6440-B	mg/L	0,44	-
--------------------------	--	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Matricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

