



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“OBTENCIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE CARBONO PARA LA
REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS CONTAMINADAS”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Ambiental

Autor:
Mena Pástor Johny Adrián

Tutora:
Ruiz Depablos Joseline Luisa, M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Noviembre 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Johny Adrián Mena Pástor, con cédula de ciudadanía No. 0503572133, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Obtención de microestructuras de carbono para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas”, siendo la Magister Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 09 de noviembre del 2022

Johny Adrián Mena Pástor
Estudiante
CC: 0503572133

Prof. Joseline Luisa Depablos, M.Sc.
Docente Tutora
CC: 1758739062

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MENA PÁSTOR JOHNY ADRIÁN**, identificado con cédula de ciudadanía **0503572133** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora Subrogante, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Obtención de microestructuras de carbono para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2018 - marzo 2019

Finalización de la carrera: abril 2022 – septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo. - 03 de junio del 2022

Tutor: Magister Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Obtención de microestructuras de carbono para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 09 días del mes de noviembre del 2022.

Johny Adrián Mena Pástor
EL CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema,
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“OBTENCIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE CARBONO PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS CONTAMINADAS”, de Mena Pástor Johny Adrián de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 09 de noviembre del 2022

Prof. Joseline Luisa Ruiz Depablos, M.Sc.

DOCENTE TUTORA

CC: 1758739062

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Mena Pástor Johny Adrián, con el título del Proyecto de Investigación: “OBTENCIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE CARBONO PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS CONTAMINADAS”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 09 de noviembre del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.
CC: 0400689790

Lector 2
Ing. Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.
CC: 0501444582

Lector 3
Ing. Issac Eduardo Cajas Cayo, M.Sc.
CC: 0502205164

AGRADECIMIENTO

A mis padres Johny e Ivone que con tanto esfuerzo me ayudaron a cumplir uno de mis objetivos que ahora se hacen realidad, ya que siempre me guiaron y estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida. A mis hermanos Paulina y Jorge que con su apoyo y motivación me ayudaron a seguir adelante motivando para no quedarme atrás.

A la Magister Joseline Ruiz, que con su ayuda me supo guiar de la mejor manera en este último peldaño de mi carrera universitaria, por su apoyo su tiempo y dedicación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a sus docentes por brindarme su conocimiento Ing. Clavijo, Ing. Agreda, Ing. Andrade, en especial a la Ing. Celene Aguilera por su atención brindada en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental que con su ayuda no hubiera podido culminar esta investigación.

Johny Adrián Mena Pástor

DEDICATORIA

A mi amada hija Amelia que fue mi luz de superación en mi vida y el motivo de seguir avanzando cada día.

A mis amados padres Johny e Ivone por ser mi fuerza, mi escudo, mi alumbrar, y mi ejemplo a seguir de amor, paz, sabiduría y lealtad.

A mis hermanos Paulina y Jorge que han sido testigos de superación a mis sueños y objetivos de vida, finalmente a mis queridos abuelitos, Félix, Mary y Magdalena por ser mis consejeros y un apoyo incondicional.

Johny Mena Pástor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “OBTENCIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE CARBONO PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS CONTAMINADAS”

AUTOR: Mena Pástor Johny Adrián

RESUMEN

La contaminación del agua a nivel mundial por metales pesados puede derivarse de las actividades antropogénicas o de fuentes naturales. Por tanto, se hace necesario la implementación de nuevas alternativas para la remediación del recurso hídrico. El presente proyecto de investigación tiene por objetivo obtener microestructuras de carbono a partir de glucosa, urea y ácido acrílico para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas. Para ello, se sintetizaron estructuras de carbono a partir de distintos monómeros variando las condiciones de tiempo (16-48h) y temperatura (180-190°C), posteriormente las microestructuras obtenidas con mayor rendimiento, se caracterizaron por microscopía electrónica de barrido y finalmente se estudió su capacidad para remover cobre (II). Adicionalmente se realizó un análisis estadístico completamente al azar. Como resultado de la síntesis hidrotérmica se obtuvieron diferentes microestructuras de carbono con porcentajes de rendimiento para glucosa a 180° por 24h glucosa de 98,90%R, seguido por glucosa + urea a 180° por 24h glucosa + urea con 19,66%R, glucosa + urea + ácido acrílico a 180° por 24h glucosa + urea + ácido acrílico con 9,91%R. El análisis de las micrografías obtenidas de las 6 muestras analizadas mostró diferentes morfologías y tamaños de partículas, en el caso de las muestras de glucosa, son esféricas con tamaños entre 2-20 μm , en el caso de GU tienen forma irregular tipo fragmento y finalmente las muestras de glucosa + urea + ácido acrílico tiene forma irregular tipo fragmento, pero estos se encuentran en capas. Para la remoción de metales pesados se utilizó una concentración de sulfato de cobre (II) a 30 ppm la cual fueron mezcladas con las microestructuras de carbono, agitándolas por 3 horas y estabilizando su pH, para luego ser filtradas y analizadas en el espectrofotómetro. La muestra que obtuvo mayor capacidad de remoción fue G con 45,86%R, seguida por glucosa + urea + ácido acrílico 28,54%R y finalmente la muestra de glucosa + urea con 13,20%R de remoción. Con estos resultados obtenidos podemos afirmar que, si es posible remover metales pesados del agua mediante microestructuras de carbono a partir de glucosa, urea y ácido acrílico, este método innovador aportará a futuras investigaciones sobre la presencia de metales pesados en aguas contaminadas.

Palabras clave: Recursos hídricos, remediación, SEM, síntesis hidrotérmica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "OBTAINING CARBON MICROSTRUCTURES FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS IN POLLUTED WATERS".

AUTHOR: Mena Pástor Johny Adrián

ABSTRACT

Worldwide water contamination by heavy metals can derive from anthropogenic activities or from natural sources. Therefore, it is necessary to implement new alternatives for the remediation of water resources. The present research project aims to obtain carbon microstructures from glucose, urea and acrylic acid for the removal of heavy metals in contaminated water. For this purpose, carbon structures were synthesized from different monomers varying the conditions of time (16-48h) and temperature (180-190°C), then the microstructures obtained with higher yield were characterized by scanning electron microscopy and finally their ability to remove copper (II) was studied. Additionally, a completely randomized statistical analysis was performed. As a result of the hydrothermal synthesis different carbon microstructures were obtained with yield percentages for glucose at 180° for 24h glucose of 98.90%R, followed by glucose + urea at 180° for 24h glucose + urea with 19.66%R, glucose + urea + acrylic acid at 180° for 24h glucose + urea + acrylic acid with 9.91%R. The analysis of the micrographs obtained from the 6 samples analyzed showed different morphologies and particle sizes, in the case of the glucose samples, they are spherical with sizes between 2-20 pm, in the case of GU they have an irregular fragment type shape and finally the glucose + urea + acrylic acid samples have an irregular fragment type shape, but these are in layers. For the removal of heavy metals, a concentration of copper (II) sulfate at 30 ppm was used, which was mixed with the carbon microstructures, stirred for 3 hours and stabilized at pH, and then filtered and analyzed in the spectrophotometer. The sample that obtained the highest removal capacity was G with 45.86%R, followed by glucose + urea + acrylic acid 28.54%R and finally the glucose + urea sample with 13.20%R removal. With these results we can affirm that, if it is possible to remove heavy metals from water by means of carbon microstructures from glucose, urea and acrylic acid, this innovative method will contribute to future research on the presence of heavy metals in contaminated water.

KEYWORDS: Water resources, Remediation, SEM, Hydrothermal synthesis

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	2
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo general.....	4
5.2. Objetivo específico.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA TÉCNICA.....	7
7.1. El Agua un recurso indispensable.....	7
7.2. Contaminación del Agua.....	7
7.3. Contaminación De Agua Superficiales.....	8
7.4. Metales Pesados.....	8
7.4.1. Contaminación de agua por metales pesados.....	8
7.5. Origen de metales pesados en los sistemas acuáticos.....	9
7.5.1. Origen Natural.....	9
7.5.2. Origen Antrópico.....	10

7.5.3.	Origen Industrial	10
7.5.4.	Origen doméstico y urbano	10
7.6.	Cobre	11
7.6.1.	Contaminación del cobre en el recurso hídrico	12
7.6.2.	Efecto de cobre en los seres vivos	14
7.7.	Efectos en el Medio Ambiente	14
7.8.	Tecnologías de tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados .15	
7.8.1.	Técnicas convencionales	15
7.8.2.	Técnicas no convencionales.....	22
8.	MARCO LEGAL	26
9.	HIPÓTESIS.....	30
10.	VALORACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS	31
11.	METODOLOGÍA.....	32
11.1.	Tipo y Método.....	32
11.2	Técnica.....	33
11.2.1.	Instrumentos de comprobación.....	33
11.2.2.	Materiales, Equipos y Reactivos	33
11.2.3.	Obtención de estructuras de carbono vía síntesis Hidrotermal	34
12.	CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CARBONO UTILIZANDO MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM)	36
13.	PRUEBAS DE REMOCIÓN DE COBRE	37
14.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
14.1.	Microestructuras sintetizadas de carbono por el método hidrotérmico	38
14.2.	Diseño experimental	40
14.3.	Caracterización de microestructuras de carbono (SEM).....	43
14.4.	Concentración y remoción de cobre por las microestructuras de carbono .47	
15.	IMPACTO (SOCIAL, TECNOLÓGICO, AMBIENTAL).....	49

15.1.	Social.....	49
15.2.	Tecnológico.....	49
15.3.	Ambiental.....	49
16.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
16.1.	Conclusiones.....	49
16.2.	Recomendaciones.....	50
17.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
18.	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficiarios de Proyecto.....	3
Tabla 2.	Actividades de sistema de tarea.....	5
Tabla 3.	Fuentes de Contaminación por Metales Pesados.....	11
Tabla 4.	Especies de Cobre en Aguas Naturales.....	13
Tabla 5.	Marco Legal.....	26
Tabla 6.	Límites máximos permisibles.....	28
Tabla 7.	Materiales.....	34
Tabla 8.	Síntesis Hidrotermal.....	35
Tabla 9.	Porcentaje de rendimiento de la síntesis hidrotérmica.....	39
Tabla 10.	Diseño estadístico Anova (Tukey) variable tiempo.....	41
Tabla 11.	41
Tabla 12.	Diseño estadístico Anova (Tukey) variable rendimiento.....	42
Tabla 13.	Diseño estadístico Anova (Tukey).....	43
Tabla 14.	Micrografías (microscopio electrónico de barrido).....	45
Tabla 15.	Concentración inicial y final del cobre (II) en la solución.....	47
Tabla 16.	Anova de un factor y comparaciones múltiples de muestras sintetizadas...54	
Tabla 17.	Cálculos de concentraciones.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Filtración por membrana	16
Figura 2. Proceso de Osmosis Inversa	16
Figura 3. Proceso de Electrodiálisis	17
Figura 4. Proceso de Ultrafiltración	18
Figura 5. Proceso de Nanofiltración.....	19
Figura 6. Proceso de Intercambio de Iónico.....	19
Figura 7. Proceso de Carbón Activado	20
Figura 8. Proceso de Coagulación y Floculación	21
Figura 9. Proceso de Flotación.....	22
Figura 10. Proceso de fitorremediación.....	23
Figura 11. Proceso de Síntesis Hidrotermal.....	24
Figura 12. Obtención de microestructuras de carbono vía síntesis hidrotermal.....	35
Figura 13. Porcentaje de eficiencia de remoción.....	48
Figura 14. Microestructuras de carbono sintetizadas.....	56
Figura 15. Microscopio electrónico de barrido (SEM)	57
Figura 16. Curva de calibraciones 600, 650, 700, 750 nm.....	57
Figura 17. Blancos 30 ppm.....	59
Figura 18. Agitación y espectrofotometría de las microestructuras con cobre	59
Figura 19. pH de muestras agitadas.....	61
Figura 20. Concentraciones de cobre (II) en la solución y remoción de metales	62

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Obtención de microestructuras de carbono para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas”.

Lugar de ejecución:

Centro de Experimentación Académica Salache (CEASA).

Institución, unidad académica y carrera que auspicia:

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Lic. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Msc.

Estudiante: Johny Adrián Mena Pástor

LECTOR 1: Ing. José Agreda, M.Sc.

LECTOR 2: Lcdo. Patricio Clavijo, Ph.D

LECTOR 3: Ing. Eduardo Cajas, M.Sc.

Área de conocimiento:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el Desarrollo Humano y Social.

Sub-línea de Investigación de la carrera:

Manejo y Conservación del Recurso Hídrico.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente la contaminación por el vertimiento de aguas con metales pesados es un grave problema que incide sobre las fuentes hídricas afectando los ecosistemas y los suelos. Según Pazmiño, (2010) menciona que, en varios países de América Latina, la presencia de metales pesados en el ambiente se debe a factores geológicos naturales, o a actividades antropogénicas como minería y fundición de metales a procesos electrolíticos empleados en la producción de metales de alta calidad.

Por consiguiente, el presente estudio se desarrolla con el objetivo obtener microestructuras de carbono a partir de glucosa, ácido acrílico y urea para la remoción de metales pesados de aguas contaminadas. Los resultados representan un aporte para el desarrollo de estrategias que actualmente no se ha tomado en cuenta y permitirá fomentar diferentes formas de remediación de metales pesados en el agua a través de microestructuras de carbono, logrando orientar hacia un futuro sostenible.

Esta investigación, permite guiar nuevos estudios que busquen determinar, analizar y evaluar la calidad de los recursos hídricos contaminados por metales pesados en el ambiente, de igual manera que impulsen a optar estrategias y técnicas para un mejor control de contaminación del agua ya sea provocada naturalmente o por distintas actividades antropogénicas, ayudando de manera directa al buen vivir de la sociedad.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La implementación de tecnologías modernas es una de las herramientas que puede ser aprovechadas para un desarrollo sostenible y sustentable a la conservación de los ecosistemas.

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación beneficiarán de forma directa a la comunidad universitaria y los alumnos de la carrera de Ingeniería Ambiental, brindando un enfoque académico e investigativo.

Tabla 1. *Beneficiarios de Proyecto*

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Universitaria Técnica de Cotopaxi		Cantón Latacunga
Población total	8.500 personas	170489 Hbts.

Nota: Datos tomados de la Secretaría general de la UTC, Fuente: (UTC, INEC 2021)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los recursos naturales se han ido degradando a un ritmo acelerado a lo largo de los años, por lo que hoy en día es difícil considerar un país que no esté inmerso en este problema. Para Chunga & García, (2018) una de las principales fuentes de contaminación del agua es el vertido de aguas residuales no tratadas o insuficientemente tratadas y otro tipo de compuestos asociados a actividades industriales y prácticas agrícolas inadecuadas (p.30).

De igual manera Caviedes Rubio et al., (2015) menciona que, la contaminación por metales pesados, son otros de los componentes más graves ya que son afectados directamente a los recursos hídricos, al suelo, a los sedimentos, al aire, a la vegetación y la salud humana. Los metales pesados generalmente no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables.

Por otro lado, en el caso de Ecuador existen problemas de contaminación por metales pesados, el mercurio, cobre, plomo y niquel son unos de los principales contaminantes en los recursos hídricos que sobrepasan 100 veces los límites máximos permisibles en ríos afluentes del Río Napo, los cuales se encontraban aledaños a minas de oro, de mismo modo, los rellenos sanitarios revelaron mayor concentración de metales según la investigación de la revista de Ciencias Ambientales (Orbe Tania, 2020). En el río Cuchipamba ubicado en la provincia de Morona Santiago se analizó la presencia de metales pesados en donde las actividades productivas, económicas y turísticas afectan directamente a este recurso hídrico con una

concentración de 0.0012 mg/l de plomo y cobre, teniendo en cuenta que el límite permisible es de 0.0002 mg/l.(Brito & Méndez, 2022). En la actualidad en la Provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga se encuentra ríos contaminados como el cutuchi y el pumacunchi, que son contaminados por empresas industriales y mineras. No tienen algún tratamiento antes de ser vertidos al río, uno de los contaminantes que mayor impacto causa es el mercurio y plomo, el cual es altamente contaminante y son considerados probablemente cancerígenos. (Toapanta & Sumba, 2019)

En este sentido, la afectación de estos metales pesados como el cobre, plomo y mercurio son unos de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos, es aquí donde surge el interés por desarrollar la presente investigación sobre la obtención de microestructuras de carbono a partir de glucosa, ácido acrílico y urea para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas y solventar los problemas ambientales que generan estos compuestos químicos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Obtener microestructuras de carbono a partir de glucosa, ácido acrílico y urea para la remoción de metales pesados de aguas contaminadas

5.2. Objetivo específico

- Sintetizar microestructuras de carbono por el método hidrotérmico a partir de la glucosa, urea, ácido acrílico.
- Caracterizar las microestructuras de carbono mediante microscopía electrónica de barrido.
- Evaluar la capacidad de las microestructuras de carbono obtenidas en la remoción de cobre (II).

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA

Tabla 2. *Actividades de sistema de tarea*

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
O.1.- Sintetizar microestructuras de carbono por el método hidrotérmico a partir de la glucosa, urea y ácido acrílico.	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de reactivos. • Adquisición de autoclaves. 	<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de 50 ml se mezcló cada uno de los monómeros hasta diluirlos, se los colocó en los autoclaves los cuales fueron trasladados a la estufa a una temperatura de 180°C y 190°C a un tiempo de 16,24 y 48 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Microestructuras de carbono a partir de glucosa, urea, ácido acrílico. • Porcentaje de rendimiento.
O.2.- Caracterizar las microestructuras de carbono mediante microscopia electrónica de barrido.	<ul style="list-style-type: none"> • Traslado de muestras para el análisis en el microscopio electrónico de barrido en la Universidad Técnica de Ambato 	<ul style="list-style-type: none"> • Se colocó 0.050 gramos de cada muestra en el portaobjetos. • Las muestras utilizadas para su observación, fueron las muestras obtenidas a través de la síntesis hidrotérmica y las muestras expuestas al cobre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Micrografías de las microestructuras de carbono.
O.3.- Evaluar la capacidad de las microestructuras de	<ul style="list-style-type: none"> • Control de las condiciones de pH. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las microestructuras de carbono creadas, se las agitó por 3 horas controlando su 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de calibración.

<p>carbono obtenidas en la remoción de cobre (II).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de curva de calibración. • Preparación de CuSo4(30 ppm) • Realización del porcentaje de remoción de cobre (II) 	<p>pH cada hora, con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se prepararon concentraciones de sulfato de cobre (II) de 100-80-60-40-20 ppm) a partir de una solución madre de 500 ppm, posteriormente se registró los valores obtenidos a través del espectrofotómetro para obtener la curva de calibración en el software Excel. • En un vaso de precipitación de 50 ml se colocó 0.100 gramos de cada microestructura de carbono obtenido a través de la síntesis hidrotermal y se adicionó 50 ml de solución de sulfato de cobre (II) con una concentración de 30 ppm, el cual no contenía amoniaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de remoción
--	--	---	--

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. El Agua un recurso indispensable

Según Belaire Cervantes & Fantassi, (2017) señala que, el agua es un recurso bastante valorado y apreciado por cada una de las comunidades gracias a motivos culturales y económicos. Sin embargo, no obstante, hace muy poco, que se ha vuelto a crear conciencia de que es un recurso limitado y, por consiguiente, bastante fundamental de gestionar.

Además, se cuantificó que menos del 1% del agua dulce, que representa el 2% del agua total del planeta, es aprovechable para el ser humano. Unesco, (1998) Sus características las hacen aptas para el consumo humano, y, por tanto, se decidió implementar normativas aplicables en materia de agua lo que ha dado lugar a la limitación tanto de vertidos industriales como de procesos agrícolas en los lagos, ríos y arroyos.

7.2. Contaminación del Agua

La contaminación del agua puede ser clasificada por su naturaleza o por origen. Dentro del origen de la contaminación, se distinguen distintas fuentes naturales como, el aporte de sales a un lago por arrastre desde un yacimiento sedimentario salino o debido a la escorrentía superficial, y distintas fuentes artificiales como, el vertido de aguas residuales en un río. Rivera, (2018)

También, se puede clasificar por el tipo de contaminación. Es de tipo físico, por ejemplo, cuando se produce un vertido de agua a 35 grados centígrados en un sistema natural, donde la temperatura no supera los 20 grados centígrados. Es de tipo químico, como, por ejemplo, la contaminación de aguas subterráneas por aporte de fertilizantes inorgánicos a los cultivos agrícolas. Y, por último, se puede clasificar de manera biológica cuando se produce una contaminación del agua por microorganismo patógenos. Rivera, (2018)

7.3. Contaminación De Agua Superficiales

La contaminación de aguas superficiales es fácilmente detectable por el color y el olor. Sin embargo, las aguas subterráneas pueden estar contaminándose y no darnos cuenta, hasta que la contaminación se encuentre bastante amplia en el acuífero y aparezca con las aguas que afloran a la superficie. Paztuña, (2019)

Los elementos contaminantes, al infiltrarse en el terreno, pueden dispersarse a lo ancho de una gran superficie, lo que provoca que un foco de contaminación pueda acabar alcanzando al acuífero o a los acuíferos que puedan existir en una amplia zona. Y viceversa: puede ser muy difícil el rastreo hasta su origen de un elemento contaminador.

7.4. Metales Pesados

- **Definición**

Según Caviedes Rubio et al., (2015) menciona que los metales pesados se definen a los elementos químicos cuya densidad es mayor a 4,5 g/ml, aparecen de forma natural y en bajas concentraciones en el ambiente, estos pueden servir como nutrientes esenciales para los seres vivos mientras que otros metales pesados son esenciales para seres humanos, plantas, animales, pero cuando se encuentran en límites de concentración superiores pueden ser tóxicos para los seres vivos.

7.4.1. Contaminación de agua por metales pesados

La contaminación por metales pesados puede llegar a influir a toda clase de ecosistemas acuáticos gracias a su permanencia en el medio natural tras el vertido. El transporte de estas sustancias por medio del agua y su carácter recalcitrante, provoca que se logren arrastrar, alcanzando cualquier ecosistema acuático. La existencia de dichos metales pesados en el agua va a condicionar su uso. Guadalupe & Hernández, (2015)

Cabe recalcar que la existencia de metales pesados en recursos hídricos y suelos se convierte en uno de los inconvenientes del medio ambiente más graves del presente siglo, pues

cada vez es más creciente el número de ocupaciones industriales que implican a dichos recursos en su proceso. Así las aguas residuales que generan las actividades industriales y domésticas también aumentan, de las cuales sólo el 5% son tratadas para purificarlas y reciclarlas. Datos reportados por las Naciones Unidas muestran que una de cada cinco personas en el mundo no tiene acceso al agua potable, mientras que alrededor de 2400 millones carecen de condiciones adecuadas de salubridad. Blanco Flores et al., (2018)

Uno de los muchos casos por contaminación de aguas por metales pesados como plomo, mercurio y cobre, en países subdesarrollados se da en Ecuador, entre uno de ellos tenemos la cuenca del río Cutuchi esta cuenca es vulnerable a la contaminación, ya que a lo largo de su tramo existen industrias y asentamientos que descargan aguas negras, aguas grises, vertidos industriales, domésticos y urbanos, es por ello que (MAE & Gutiérrez, 2019) afirma que los principales problemas de la cuenca de estudio son el déficit hídrico, la alarmante contaminación por metales pesados como el cromo.

7.5. Origen de metales pesados en los sistemas acuáticos

De acuerdo con Domenichi, (2011) menciona que, en los sistemas acuáticos la contaminación se crea, bien por la existencia de compuestos o recursos que comúnmente no estarían sin la acción del ser humano, o por un incremento o bajón de la concentración común de las sustancias ya existentes gracias a la acción humana.

7.5.1. Origen Natural

El contenido en elementos metálicos de un suelo independiente de interferencias humanas, es dependiente en primera instancia de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que componen el mismo. Álvarez et al., (2008) Una alta concentración de metales puede ser en determinados casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual.

7.5.2. Origen Antrópico

Según Mora Bueno et al., (2012) menciona que, la contaminación por origen antropogénico es la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado.

Por otro lado, los principales orígenes antropogénicos de metales pesados pueden ser agrupados de acuerdo a las principales actividades económicas que se realizan en las poblaciones locales que dependen e inciden directamente en la salud del río: agropecuario (agrícola, ganadero, acuícola), industriales (extracción forestal, bancos de materiales) y doméstico. Actualmente las fuentes antrópicas de metales pesados en el ambiente incluyen a los desechos de la industria metalúrgica, química, minera, industrias relacionadas con la fabricación de baterías y producción de fertilizantes entre otras. Lara Viveros et al., (2015)

7.5.3. Origen Industrial

Una de las principales fuentes de metales pesados en los sistemas acuáticos son las aguas residuales procedentes de las industrias que utilizan los cauces fluviales como vertederos. A menudo estos vertidos no son gestionados, no se someten a procesos de depuración o su tratamiento es inadecuado. Ríos et al., (2017)

De igual forma ITSEMAP, (2017) señala que los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y ser orgánicos e inorgánicos por su naturaleza química.

7.5.4. Origen doméstico y urbano

Según Reyes et al., (2016) argumenta que las aguas residuales de las localidades son las portadoras de los metales pesados de procedencia del origen doméstico. Los vertidos domésticos transportan una extensa gama de metales contenidos en las excreciones humanas, en los restos de los alimentos, en las aguas de lavado.

Si bien es cierto que, las emanaciones gaseosas de los automóviles, no sólo afectan a las ciudades, sino que también lo hacen a las zonas limítrofes de autopistas y carreteras. Los metales así originados incluyen al Cd, Cu, Ni, Pb y Zn siendo el Pb el más abundante proveniente de la combustión de la gasolina y el Zn debido al desgaste de los neumáticos López & Ruiz, (2018). Estos metales contenidos en las partículas de los humos de combustión y las originadas por el desgaste de neumáticos, pueden llegar a alcanzar los sistemas acuáticos de dos maneras: directamente (precipitación de partículas, por la lluvia) e indirectamente por la lixiviación de los terrenos (calles, carreteras y zonas adyacentes donde previamente se produjo la deposición) debido a la escorrentía superficial de las aguas de tormenta y de los riesgos de las ciudades.

A continuación, en la **tabla 3**, se describe algunos de los metales pesados que pueden contaminar por las distintas fuentes de origen.

Tabla 3. Fuentes de Contaminación por Metales Pesados

Origen	Sb	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
Baterías eléctricas		*	*				*	*	
Curtidos Metálicos				*	*				
Eléctrica y electrónica		*	*	*			*	*	*
Farmacéuticas		*		*	*				*
Fertilizantes		*	*	*	*	*	*	*	*
Minería	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pesticida		*		*	*	*		*	*
Plásticos	*		*						*
Textiles	*			*	*				*

Nota: Dentro de este cuadro se representa las fuentes de origen de la contaminación por metales pesados **Fuente:** Covarrubias y J. J. Peña Cabrales

7.6. COBRE

De acuerdo con el (Gobierno de España,2016) señala que el cobre en un metal pesado no ferroso que tiene una densidad de $8,96 \text{ g/cm}^3$ a 20°C y una masa atómica de 63,546

g/mol^{-1} . Además, se encuentra mayormente en forma de compuestos minerales, extrayéndose generalmente en forma de sulfuros. Este elemento químico es un compuesto traza elemental para la salud humana, pero elevadas concentraciones de éste pueden producir daños en los seres humanos. En el medio ambiente, se puede encontrar cobre derivado de actividades humanas y procesos industriales, dando lugar a su acumulación tanto en animales como en plantas.

Algunos de los efectos producidos en la salud humana por parte del cobre son:

- Al hígado y riñones
- Gripe conocida como, la gripe del metal
- Dolor de cabeza y estómago
- Mareos, vómitos y diarreas

Algunas de las aplicaciones del cobre son, su uso en equipos eléctricos, así como en la construcción, pinturas, instrumentos musicales. Por otro lado, el sulfato de cobre es uno de los primeros compuestos utilizados en pesticidas y las sales de cobre tienen efectos alguicidas y fungicidas. (Lenntech, 2017).

7.6.1. Contaminación del cobre en el recurso hídrico

- **Cobre en aguas naturales**

Muchos factores y procesos influyen en la presencia de Cobre en aguas. Entre los factores importantes están dureza y alcalinidad del agua, fuerza iónica, pH y potencial redox. Entre los procesos que pueden influenciar el destino del Cobre en el sistema acuático están: formación de complejos con ligandos inorgánicos y orgánicos; sorción en óxidos metálicos, arcillas y material orgánico particulado; bioacumulación e interacción entre sedimento y agua.

La especiación química del cobre en aguas, es muy compleja **Tabla 4** primeramente, se puede diferenciar entre fracción soluble e insoluble. La fracción insoluble incluye coloides de cobre inorgánico y cobre adsorbido en otros coloides o materias suspendidas. La fracción soluble es mucho más relevante con respecto a la fracción biodisponible y consiste en iones de

cobre hidratados (fácilmente disponibles) y una variedad de complejos orgánicos e inorgánicos. La concentración de equilibrio de muchos de estos complejos podría ser calculada si se conocieran las constantes de estabilidad y concentraciones de los ligandos. Las concentraciones de estos ligandos son a menudo desconocidas y las constantes de estabilidad y los complejos metal-ligandos son dependientes del pH. (Sancha, 2010).

En ambientes acuáticos naturales el Cobre se presentará, principalmente, como Cobre (II). De esta especie divalente, sólo una pequeña fracción se presentará como “libre” (Cu^{++}), la mayor parte estará adsorbida en partículas suspendidas o formando complejos con diversos ligandos. Entre los ligandos de mayor importancia están los hidróxidos y carbonatos, también amonio, cloruros y sulfatos, todos ellos de común ocurrencia en aguas naturales. En el caso de orgánicos, los principales ligandos son los ácidos húmicos y fúlvicos que constituyen la materia orgánica natural del agua. Por este motivo, casi todo el Cobre en aguas naturales estará formando complejos los que pueden ser adsorbidos por una variedad de óxidos metálicos hidratados (Fe, Al, Mn). (Sancha, 2010)

Tabla 4. *Especies de Cobre en Aguas Naturales*

Ión Libre	Cu^{2+}
Complejos Inorgánicos	$\text{CuOH}, \text{Cu OH}_2, \text{CuCO}_3$
Complejos Orgánicos	Cu
Adsorbido en Coloides	$\text{Cu}^{2+} / \text{COD} / \text{Fe}(\text{OH})_3$
Particulado	$\text{Cu_arcilla}, \text{Cu_mineral}$

Nota: La especiación química del cobre **Fuente:** (Sancha 2010)

- **Contaminación por cobre en los recursos hídricos del Ecuador**

La minería es una de las actividades más importantes en el Ecuador, contribuye al país, pero a su vez causa daños ambientales, siendo víctimas directos el agua y la tierra. Los recursos hídricos en el Ecuador se ven afectados directamente por la minería, estas industrias mineras para producir una tonelada de cobre son necesario miles de litros de agua generando impactos

ambientales luego de las operaciones mineras y cierre de las mismas, desechando sin previo tratamiento directamente a los ríos o afluentes.(Sacher, 2018)

- **Cobre en aguas de consumo**

De manera similar (Sancha & Lira,2015) señala que además de tener origen natural, el Cobre se podría introducir al agua de consumo durante su distribución, por lixiviación/corrosión desde las tuberías o grifería. La lixiviación dependerá de numerosos factores entre los cuales algunos se relacionan, directamente, con la calidad físico-química del agua como es el caso de:

- pH, fuerza iónica, temperatura
- Concentración de iones inorgánicos con los cuales el Cobre puede formar complejos inorgánicos y las constantes de estabilidad de estos complejos.
- Formación de complejos orgánicos de Cobre (con ácidos húmicos)
- Solubilidad del material pasivado (malaquita, cuprita)

7.6.2. Efecto de cobre en los seres vivos

La peligrosidad de los metales pesados radica en que no tienen la posibilidad de ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse lo que significa que se acumulan en los seres vivos alcanzando concentraciones más grandes que la que alcanzan en los alimentos o en el medioambiente, y que estas concentraciones incrementan mientras ascendemos en la cadena trófica, ocasionando efectos tóxicos de bastante diverso carácter. (Gobierno de España,2016).

7.7. Efectos en el Medio Ambiente

Tienen efectos nocivos para el medio ambiente, la contaminación de metales pesados puede ser irreversible en algunos casos, especialmente en el agua que es un recurso hídrico muy importante para la vida, puede afectar directamente a la salud de los seres vivos causando daños colaterales, a su vez se ve afectado al suelo que es un factor indispensable para la

supervivencia ya que ahí se desarrolla actividades agrícolas, ganaderas, entre otras causando degradación del suelo. (Romero & Eróstegui, 2014).

Una de las principales contaminaciones por metales pesados se encuentra en el recurso hídrico ya que se utiliza para cualquier actividad agrónoma y se basan en la cadena alimenticia, los estudios e investigaciones presentan un interés muy alto y se ve obligado a la necesidad de prevenir la contaminación en aguas de uso agrónomo para lograr un mejor consumo humano, sea en el origen vegetal y animal. (Bose & Chakraborty, 1957)

7.8. Tecnologías de tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados

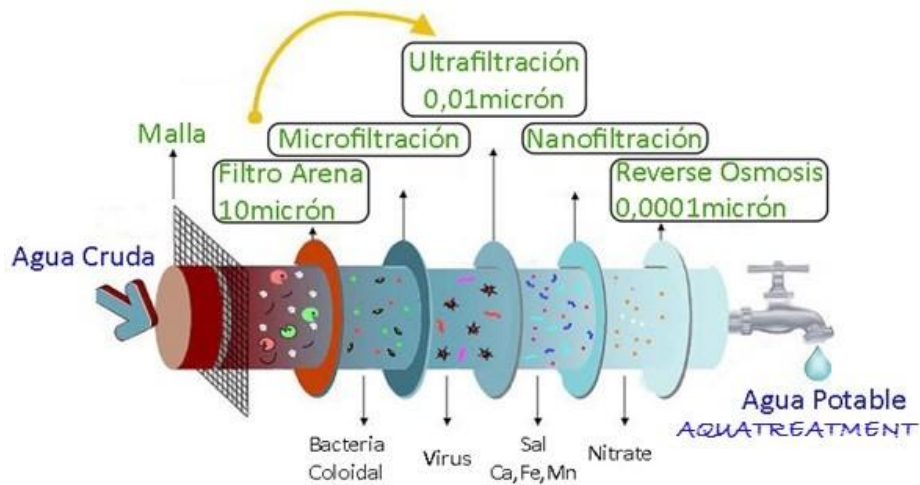
Para eliminar los metales pesados del agua, principalmente se emplean métodos físico-químicos, estos son los que producen cambios en la calidad del agua mediante aplicación de fuerzas físicas o reacciones químicas. (Salazar & Romaní, 2019).

7.8.1. Técnicas convencionales

- **Filtración por Membrana**

En la *Fig.1* se observa el método de filtración, es muy eficiente, de fácil operación, poco espacio y generan lodos con metales pesados. Es empleado en procesos para aguas residuales, aguas industriales y tratamientos de agua potable. La filtración por membrana se clasifica por sus características como material de la membrana, permeabilidad, carga de superficie, peso molecular, solubilidad de soluto y solvente, entre otras. Existe el proceso de separación de membrana que se utiliza para la recuperación de sales metálicas en residuos que fueron utilizados para procesos como el reciclaje de aceites, explotación de hidrocarburos, producción de alimentos. (Caviedes Rubio et al., 2015)

Figura 1. Proceso de Filtración por membrana



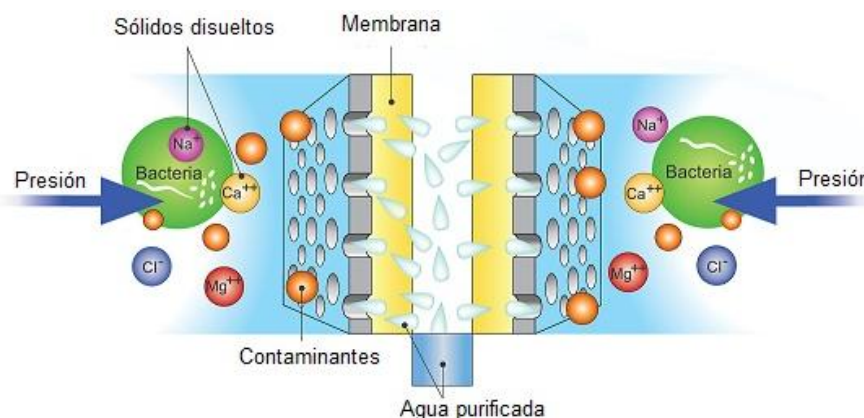
Nota: Procesos para aguas residuales, aguas industriales y tratamientos de agua potable

Fuente: asesorías/filtración-por-membrana

- **Osmosis Inversa**

Este proceso de filtración por medio de una membrana para la separación por difusión de tamizado tiene la capacidad de elegir elementos de 0.0001mm, lo que tiene un amplio nivel de capacidades de tratamiento ver (**Fig.2**). Sin embargo, el principal problema de la osmosis inversa es la interrupción de membranas, ya que las moléculas del soluto o metales pueden quedarse atrapadas y así reducir su permeabilidad, provocando flujos inferiores. (Caviedes Rubio et al., 2015)

Figura 2. Proceso de Osmosis Inversa

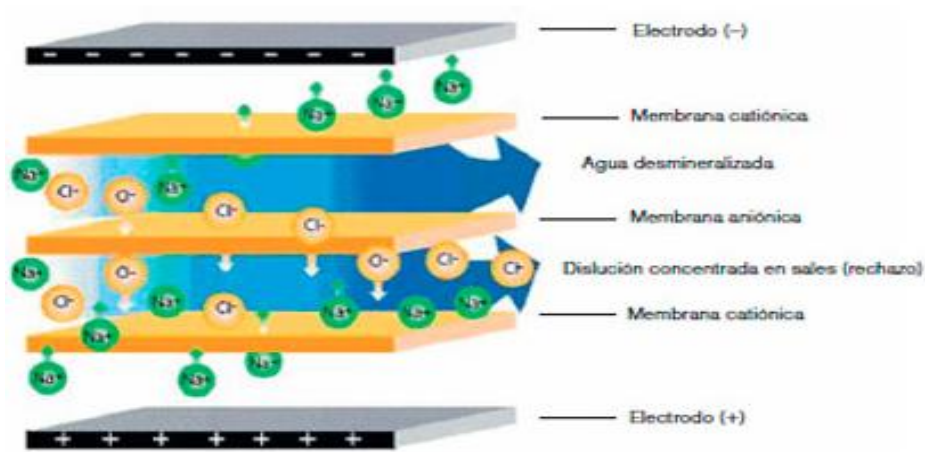


Nota: Procesos de filtración de la osmosis inversa. **Fuente:** syrus.es/como-funciona-la-osmosis-inversa

- **Electrodiálisis**

Es una tecnología de membrana, que tiene una fuerza constante bajo el dominio de un campo eléctrico, que ayuda a la extracción de sustancias ionizadas y metales pesados a través de un intercambio iónico (**Fig.3**) Este proceso de separación se lo ejecuta a través de equipos de filtración conformados por compartimentos finos de electrodos que generan el campo magnético y hacen realidad el movimiento de iones. Este método une ventajas de selectividad y una baja utilización de reactivos y es menor a la de la osmosis inversa. (López García, 2005).

Figura 3. *Proceso de Electrodiálisis*

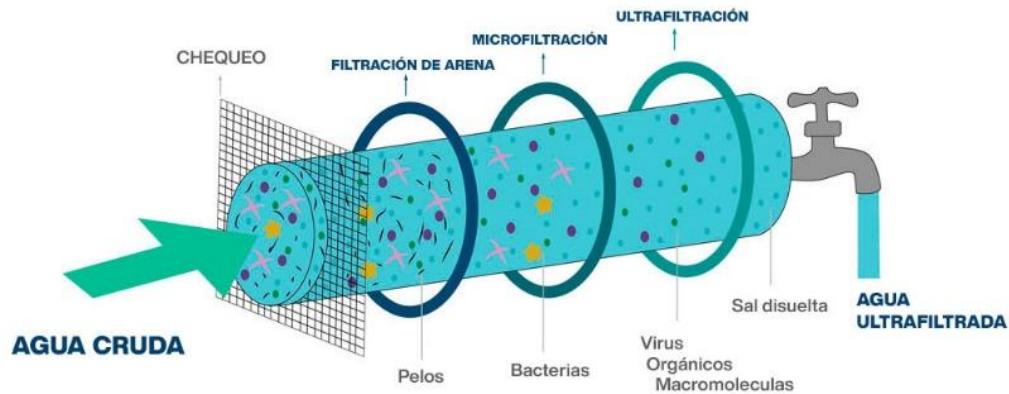


Fuente: Procesos de filtración por comportamientos

- **Ultrafiltración**

En la (**Fig.4**) se observa que esta operación es usada para la disolución de polímeros, remoción de metales pesados y almidones de diferentes pesos moleculares, en este método se halla un límite de peso molecular que son bloqueadas en 90% por la membrana la regla existente en este proceso es que la masa molecular debe deducir un factor de 10 para una separación. Mientras que las moléculas bloqueadas se le llaman como concentrado. Las moléculas ingresadas por la membrana tienen una fuerza de presión hidrostática y se lo llama filtrado o permeado. (Solís et al., 2017)

Figura 4. *Proceso de Ultrafiltración*



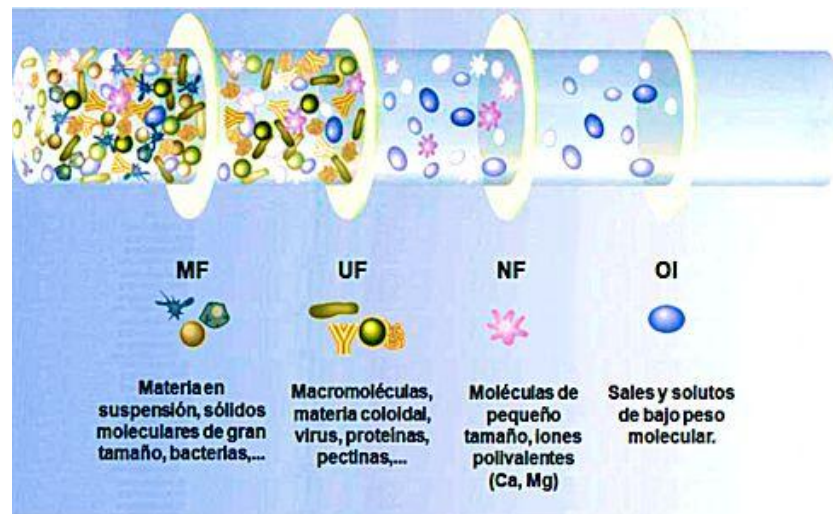
Nota: Procesos de filtración usada la disolución de polímeros y almidones

Fuente: stratus.cl/planta-de-ultrafiltración

- **Nanofiltración**

Este método permite la destitución de una capa delgada polimérica sobre un soporte de ultrafiltración. (*Fig.5*) Para la preparación la capa de soporte se adhiere a una solución que incluye monómeros reactivados, esta reacción forma otra capa densa sobre el soporte de membrana, la virtud de este método es que la creación de estas capas son muy resistentes a la difusión de reactantes, comúnmente las membranas de nanofiltración tienen una carga negativa superficial lo que genera rechazo de los aniones como son sulfatos y fosfatos, estas cargas superficiales necesitan de polímeros orgánicos ya que contienen grupos funcionales y atribuye la actividad eléctrica que es determinado por su potencial. Es una tecnología innovadora que aplicada en el agua potable para la remoción de metales pesados. (Pérez et al., 2016)

Figura 5. *Proceso de Nanofiltración*



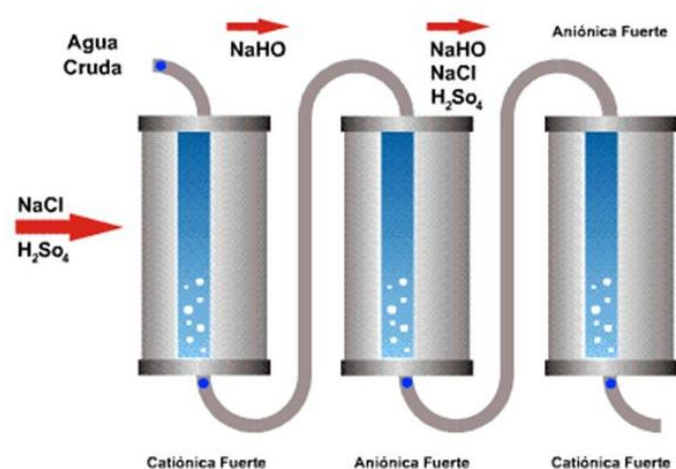
Nota: Procesos de Nano filtración

Fuente: <https://www.bluegold.es>

- **Intercambio Iónico**

En la (Fig.6) se observa el proceso de intercambio iónico en el cual los iones se transportan a una matriz sólida, liberando diferentes tipos de iones, pero de la misma carga. El intercambio es un desarrollo de separación en donde los iones transportados no se puedan rectificar químicamente, una ventaja de este proceso es la recuperación del metal, menos volumen de lodos y especificaciones de descargas estrictas. (Caviedes Rubio et al., 2015)

Figura 6. *Proceso de Intercambio de Iónico*



Nota: Procesos de intercambio de ión

Fuente: tratamiento-de-agua-por-intercambio-iónico

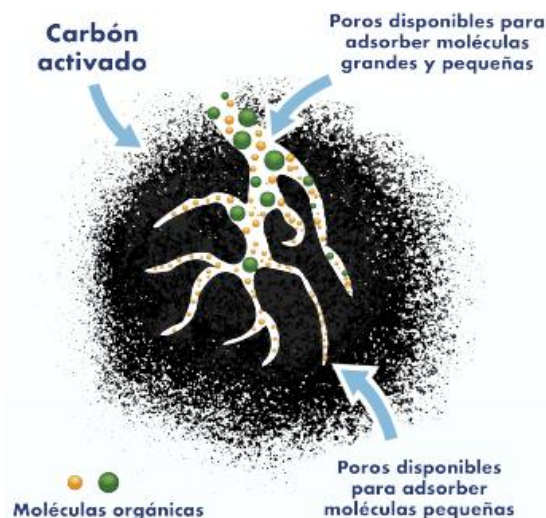
- **Adsorción**

Esta tecnología presenta un alto rango y variedad de remoción en contaminantes, alta capacidad, movilidad selectiva de adsorbentes rápidos y potenciales, de las cuales también dependen su desempeño potencial. El carbón activado como Zeolitas, desechos lignocelulósicos, perlas de sílice, entre otros son adsorbentes principalmente en procesos de modificaciones químicas, metales pesados, radioactividad, que generan las industrias. (Caviedes Rubio et al., 2015)

- **Carbón activado**

En la (*Fig.7*) se puede visualizar la activación de este carbón se lo hace a altas temperaturas por un cierto tiempo, el carbón activado expone un alto grado de porosidad, contiene una superficie interna y presenta grupos químicos superficiales, estas atribuciones son responsables de su adsorción, el carbón activado es muy versátil ya que el tamaño de las estructuras es controlado para la purificación de líquidos y gases, como ejemplo la eliminación de compuestos orgánicos de aguas y remoción de metales pesados. Los grupos químicos de carbones activados ejecutan a las partículas de solución y generan cargas eléctricas que influye su proceso de adsorción. (Bañón, 2019)

Figura 7. *Proceso de Carbón Activado*



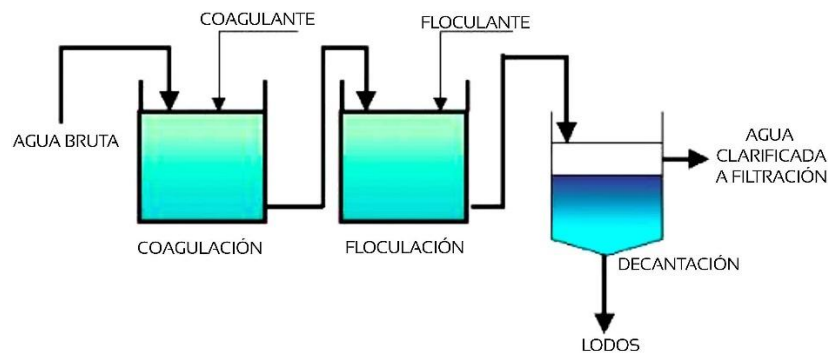
Nota: Procesos de carbón activado

Fuente: ultraadsorb.es/profesional-sanitario.php

- **Coagulación y Floculación**

El método de coagulación y floculación (**Fig. 8**) consiste en agregar agua contaminada en distintos aditivos químicos para ayudar a la descontaminación, sedimentación de material coloidal o metales pesados que se encuentra en el agua e incrementar la velocidad de sedimentación de flóculos formados, la eliminación de estos se lo ejecuta mediante el aumento de compuestos químicos que son los coagulantes que desestabilizan los coloides en el agua que están cargados eléctricamente y exponen una capa eléctrica que les da estabilidad al sistema. (Cabrera et al., 2009)

Figura 8. *Proceso de Coagulación y Floculación*

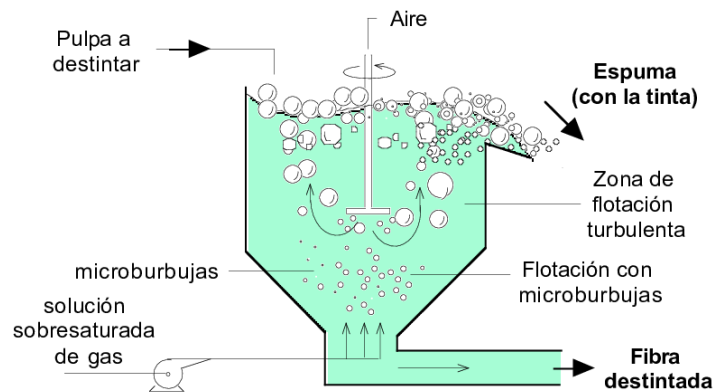


Nota: Procesos de coagulación y floculación

Fuente: tecnologías-de-abastecimiento-de-agua

- **Flotación**

El método de flotación (**Fig.9**) es utilizado para la separación de partículas sólidas como metales que están presente en líquidos por medio de burbujas pequeñas de gases o dispersos en el agua, estas partículas se adhieren a las burbujas como lodo liquido de manera que el agua y otros constituyentes sean separados. Por tal motivo la desvinculación no depende de la dimensión y densidad de partículas si no de propiedades superficiales que permiten la adhesión de las burbujas a la estructura de partículas. Este método tiene un proceso de clarificación en aguas especialmente de tuberías de agua potable y la eficiencia de este método dependerá mucho el tratamiento pre realizado. (Cano, 2013)

Figura 9. Proceso de Flotación

Nota: Procesos de flotación

Fuente: flotación-el-tipo-convencional

7.8.2. Técnicas no convencionales

- **Biopolímeros**

Son capaces de eliminar un gran conjunto de contaminantes suspendidos en el agua, como metales pesados con la característica que excluye o elimina pocas cantidades de sólidos disueltos estos pueden ser orgánico e inorgánicos, son capaces de disminuir las concentraciones de iones metálicos de transición, son disponibles suficientemente y ambientalmente seguros. A un biopolímero se lo puede hallar en la naturaleza especialmente en el almidón ya que es un polímero natural, los biopolímeros también se lo practica en el método de floculación y coagulación. (Rea, 2021)

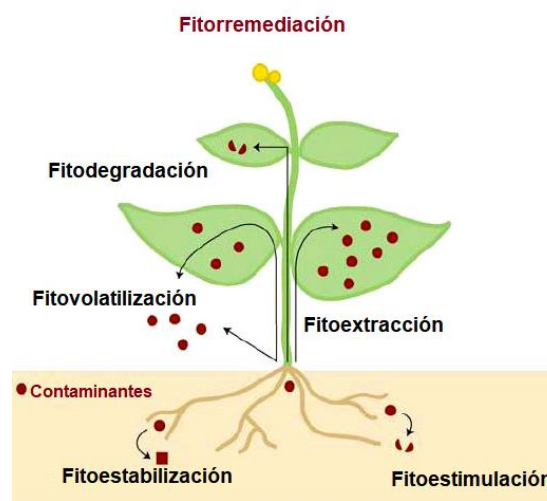
- **Hidrogeles**

Son polímeros hidrófilos calificados al aumentar los volúmenes por su expansión que tiene en el agua. Los hidrogeles tienen diferentes aplicabilidades y características, se clasifican en hidrogeles químicos que son enlaces covalentes e hidrogeles físicos que tienen diferentes interacciones como enlaces de hidrogeno, interacciones iónicas. Ellos son utilizados en la descontaminación y purificación de agua por metales pesados. (Martínez, 2016)

- **Fitorremediación**

(Delgadillo et al., 2011) señala que este método es utilizado con plantas, para reducir, transformar, degradar, remover metales pesados, en la tierra existen varias especies de plantas que se han ocupado para este método, algunas de estos especímenes tienen características de acumular metales pesados, es una tecnología eficiente y rentable ya que se hace efectiva por manipulación genética, lo que mejora el desarrollo de remediación. Ver (*Fig.10*)

Figura 10. Proceso de fitorremediación



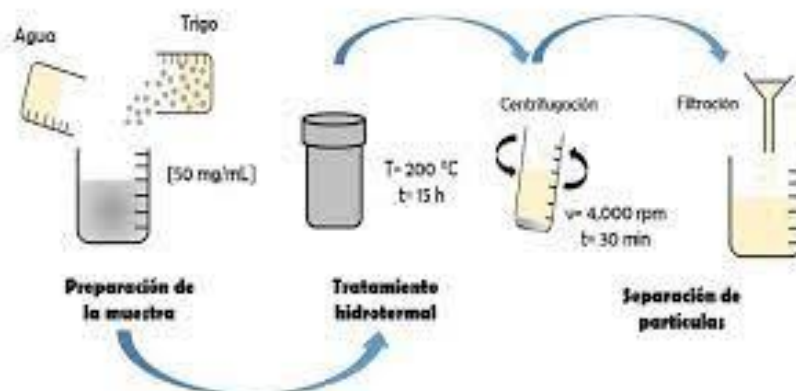
Nota: Procesos de fitorremediación

Fuente: avatarenergia.com

- **Síntesis Hidrotermal**

Este método incluye una cadena de procesos y reacciones químicas que da lugar a una síntesis de material absorbente. (*Fig.11*) Este proceso se lleva a cabo por las diferentes reacciones con variación de temperatura y tiempo. En forma general se define a una reacción heterogénea en presencia de solventes y disolventes para disolver y cristalizar materiales. (Barrera Molina, 2020).

Figura 11. *Proceso de Síntesis Hidrotermal*



Nota: método incluye una cadena de procesos y reacciones químicas

Fuente: <https://repository.uaeh.edu>

- **Ácido Acrílico**

Es una composición orgánica, inoloro e incoloro, el ácido acrílico es carboxílico insaturado su fórmula química es $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$. Este compuesto es soluble en el agua, su estructura química es muy reactiva, su evaporación es a 140°C a presión atmosférica. El ácido acrílico puede ser inflamable a partir de 49°C , por lo que puede ser un riesgo en la salud y durante su manipulación ya que es corrosivo. Es muy dañino para el medio ambiente especialmente el vertido de este compuesto es a través de aguas residuales, y a su vez causa un riesgo para los suelos. Biológicamente algunas algas producen este compuesto. (Cardona & Lora, 2020)

- **Glucosa**

Es un monosacárido su fórmula química es $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ es hexosa quiere decir que presenta 6 átomos de carbono, se encuentra en el grupo carbonilo, al comienzo de su aparición se llamó Dextrosa, es una fuente de energía y utilizan especialmente las células, es un compuesto que se encuentra en la naturaleza. La glucosa en polvo se consigue a partir del almidón de cereales de la hidrólisis enzimática que es una reacción química con una sustancia que produce un desequilibrio con el agua modificando su pH según menciona (Paredes et al., 2020).

- **Carbón Hidrotérmico**

Según (Soulé et al., 2017) menciona que se obtiene a partir de biomásas, que son causantes de una síntesis hidrotérmica de baja temperatura dando una alternativa y actuando como un carbón activado que ayuda a la remoción de contaminantes y tiene características como la carga eléctrica superficial y una elevada porosidad

- **Cristalización**

Según (Barrera Molina, 2020) afirma que, este procedimiento es el siguiente al carbón sintetizado, es la sección principal del método de síntesis hidrotermal y la etapa final. La cristalización se logra con un reactor cerrado que soporta altas temperaturas, existen periodos de cristalización de los cuales son: periodo de inducción, cristalización rápida, y disminución de velocidad.

- **Filtración al vacío**

(Solís et al., 2017) menciona que, es el proceso de separación de partículas de un líquido. La eficacia del filtrado al vacío se crea en un espacio generado por depresión, este método de filtrado es utilizado cuando el líquido es muy denso o a su vez el precipitado es muy compacto

- **Ley de Beer**

Es un método matemático y se utiliza para verificar de qué modo la materia o muestra absorbe la luz, a medida que la luz atraviesa al cuerpo a analizar es absorbida en cualquier volumen, esta luz incide y declina significativamente a medida que va atravesando el cuerpo. Las variables de la ley de Beer son, la transmitancia, coeficiente molar de extinción, concentración molar del absorbente y el recorrido.(Lambert, 1852)

8. Marco Legal

En base a la pirámide de Kelsen se establecieron normativas legales donde hace mención sobre la gestión del recurso hídrico y el cuidado de los ecosistemas (flora y fauna).

Tabla 5. Marco Legal

Marco legal	
CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	
Última modificación: 01-ago.-2018	
Estado: Reformado	
Art. 12	El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.
Art. 14	Derecho de la población a un buen vivir
Art. 15	Uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto
Art. 32	Derecho a la salud vinculada: al derecho al agua, la seguridad social, los ambientes sanos
Art. 71	Derecho a la naturaleza y respeto integral a su existencia y mantenimiento
Art. 72	Derecho a la restauración de la naturaleza
Art. 389	El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad
Art. 395	Reconoce los principios ambientales: Modelo de Desarrollo Sustentable, aplicación de las políticas de gestión ambiental y, la participación activa y permanente de los ciudadanos
Art. 409	Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión
Art. 413	El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua
CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA) Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017 Estado: Vigente	
Art. 38 Numeral 5	Mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas.

Art. 61 Las servidumbres ecológicas obligatorias son las franjas de protección ribereña de los cuerpos de agua, así como las laderas escarpadas naturales.

Art. 191 Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo: Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

**CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL Registro Oficial
Suplemento 303 de 19- oct.-2010 Última modificación: 31-dic.-2019 Estado:
Reformado**

Art. 140 Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionan de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los 29 planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

**LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO
DEL AGUA Registro Oficial N° 305 -- miércoles 6 de agosto de 2014.**

Art. 8 La Agencia de Regulación y Control del Agua ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua

Art. 41 Funciones de las Juntas Administradoras de Agua Potable. - Corresponde a las Juntas Administradoras de Agua Potable:

c) Participar con la Secretaría del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable evitando su contaminación;

Art. 49 Funciones de las Juntas de Riego

g) Colaborar con la Secretaría del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento de agua del sistema de riego evitando su contaminación

Art. 66 Zonas de Restricción: Literal (a) La protección de las aguas subterráneas que se encuentren en el acuífero a efectos de evitar su posible contaminación

Art. 69 La Secretaría del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, emitirán los lineamientos para la elaboración de un programa de sostenibilidad de la fuente de agua, la ausencia de cumplimiento de un programa de sostenibilidad de la fuente de agua por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados será considerada como infracción administrativa

ACUERDO MINISTERIAL 061

**REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN
SECUNDARIA**

Art. 209 De la calidad del agua: La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas,

vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I

Art. 210 Prohibición: b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;

Art. 211 Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. - La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro.

ACUERDO MINISTERIAL 097 A

3.1 El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se basa en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad, según principios que se indican en el presente documento

3.3 Para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el sujeto de control entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollar del plan de manejo ambiental, en el que incluyen el tratamiento de su efluente previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales.

Fuente: Ecuador y sus leyes.

La norma del AM 097 A anexo 1 establece las cargas máximas permisibles para lograr el cumplimiento de los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminadas futuras. Por otro lado, en condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la **tabla 6** de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua.

Tabla 6. Límites máximos permisibles

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límites máximo permisible
Aceite y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	AL	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0

Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Clorotormo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,00
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	200
Color real	Color real	Unidad de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímicas de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fosforo total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Selenio	Se		6-9
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	SO_4^{-2}	mg/l	1600
Sulfatos	S^{-2}	mg/l	100
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metálico	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: (Normativa Ecuatoriana)

9. HIPÓTESIS

- **Hi.** El tiempo si incide en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Ho.** El tiempo no incide en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Hi.** La temperatura si incide en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Ho.** La temperatura no incide en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Hi.** Los monómeros si inciden en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Ho.** Los monómeros no inciden en el porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono obtenidas
- **Variable Dependiente.** Temperatura, tiempo.
- **Variable Dependiente.** niveles de remoción
- **Variable Dependiente.** Porcentaje de concentración de cobre
- **Variable Independiente.** Los niveles de contaminación con metal pesado

10. VALORACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O

HIPOTESIS

Después que se realizó la investigación se procedió a establecer la validación de las hipótesis mismas que se encontraban establecidas sobre la obtención de microestructuras de carbono para remover metales pesados en aguas contaminadas, obteniéndose datos verificables gracias al programa estadístico SPSS_21, en el cual se realizó las interacciones entre el tiempo, temperatura y rendimiento de las muestras sintetizadas. En tal virtud se pudo determinar que:

Hi: El porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono dependen de las condiciones de Temperatura, tiempo y el tipo de monómeros empleados para su conformación, siendo estos los que permiten establecer procesos expansión en la estructura polimérica, permitiendo encapsular mayores concentraciones de Cobre existentes en las muestras analizadas.

Hi: El porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono dependen de la temperatura ya que los mayores rendimientos se obtuvieron a 190°C, por ende, la muestra con mayor rendimiento fue la de glucosa 98,90%R, seguida por glucosa y urea con 19,66%R y por último glucosa, urea y ácido acrílico con 9,91%R.

El porcentaje de rendimiento de las microestructuras de carbono sintetizadas dependen del factor tiempo, la síntesis hidrotérmica se la realizó a 16 y 24 horas en cual las muestras que alcanzaron el mejor rendimiento fueron las muestras sintetizadas a 24 horas.

Hi: Los monómeros que fueron glucosa, ácido acrílico y urea también inciden en el rendimiento de las microestructuras de carbono cada uno de estos monómeros tienen características particulares que al mezclarse unos con otros crean grupos carboxílicos, que ayudan a la excitación de la materia creada, teniendo en cuenta que dependen de las variables tiempo y temperatura.

11.METODOLOGÍA

11.1. TIPO Y MÉTODO

El presente estudio fue llevado a cabo por medio de una investigación experimental, ya que se analizó el efecto de las variables durante el estudio del mismo. Se implantó un diseño experimental completamente al azar para plantear nuestra hipótesis nula.

- **Tipo experimental**

Según (Barrantes, 2016) la investigación experimental es utilizada e integrada para un número de actividades metodológicas y técnicas, para extraer información y datos necesarios para el tema a investigar, y se presenta mediante la ejecución de un variable no comprobada en condiciones controladas, con el objetivo de describir la causa que incide o produce la situación. Esta investigación de tipo experimental se utilizó para controlar las variables y comportamientos de cada una de las microestructuras al ser expuestas a diferentes experimentos.

- **Enfoque Cuantitativo**

El método cuantitativo consiste en la reconstrucción del pasado de una manera objetiva y exacta, este método evalúa, sintetiza y verifica las muestras o evidencias para obtener conclusiones válidas por el investigador (Arturo et al., 2011). La implementación de este método se utilizó con el fin de diferenciar y reconocer el comportamiento de cada una de las variables de tiempo, temperatura estudiadas antes y después de estar en contacto con el cobre (II).

- **Método Deductivo**

(Héctor & Ruiz Aponte, 2017) Menciona que el método deductivo infiere las premisas generales estudiadas, y presenta conceptos, definiciones y afirmaciones de los cuales van generando conclusiones partiendo de los principios generales según sea el estudio. Este método

se utilizó para determinar los resultados de remoción de metales pesados por las microestructuras de carbono al ser expuestas con el cobre.

- **Diseño experimental (Diseño Completamente al Azar)**

Este diseño se utilizó para comparar la media de cada una de las muestras analizadas, tomando en cuenta si tendrán alguna característica similar entre ellas, para ellos se ocupará el software estadístico SPSS, el cual nos ayudará al cálculo de la efectividad de cada muestra realizada con los monómeros y se realizará las expresiones lógicas de hipótesis nula y alternativa. (Lara, 2020)

Para el estudio del diseño experimental DCA se tomó en cuenta los valores obtenidos del porcentaje de rendimiento a través de la síntesis hidrotérmica y el porcentaje de remoción de las microestructuras de carbono, realizando el análisis estadístico de comparaciones Tukey.

11.2 TÉCNICA

11.2.1. Instrumentos de comprobación

Software Estadístico IBM SPSS

El programa SPSS es un conjunto de herramientas para el análisis estadístico. Este software es utilizado para la realización de investigaciones, convirtiéndole en una de las herramientas más prácticas para el investigador. (Méndez et al., 2016)

11.2.2. Materiales, Equipos y Reactivos

A continuación, en la (*tabla 7*) se describen los materiales utilizados para el proyecto de investigación denominado Obtención de microestructuras de carbono para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

Tabla 7. Materiales

MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	
Instrumentos y equipos	Descripción y Volumen (ml)
Vaso de precipitación	50 - 80 - 100 ml
Balones aforados	50 ml
Papel filtro	Texturado
Balanza electrónica	Radwag AS220/X
Autoclaves de teflón	50 ml
Pipeta graduada	1 - 10 ml
Agitador magnético	Arec Velp
Estufa	Orbeco
Multiparámetro	HI 98194
Filtrador al vacío	200 ml
Microscopio electrónico de barrido	Tescan 4ta Generación
REACTIVOS	Descripción y Concentración
Glucosa	$C_6H_{12}O_6$
Urea	CH_4N_2O
Ácido acrílico	$C_3H_4O_2$
Hidróxido de sodio	$NaOH$
Solución de sulfato de cobre (II)	500-100-80-60-40-30-20 ppm
Solución de amoníaco	NH_3 5%

11.2.3. Obtención de estructuras de carbono vía síntesis Hidrotermal

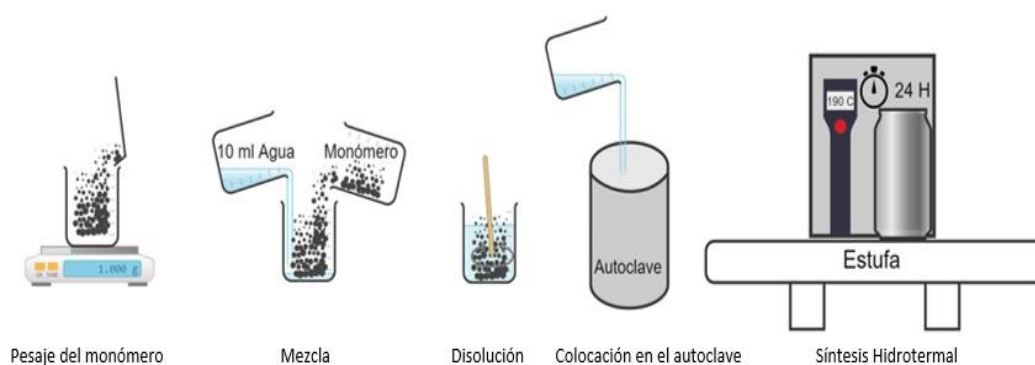
La obtención de microestructuras de carbono se ejecutó a partir de monómeros de glucosa, urea y ácido acrílico. Para ello se utilizó un vaso de precipitación de 50 ml en el cual se agregaron los reactivos en el siguiente orden : monómeros + 10 ml de agua, las cantidades ocupadas se detallan en la **tabla 8**, una vez disueltos se los colocó en los autoclaves de 50 ml que fueron destinados a la estufa por 16, 24, y 48 horas a una temperatura de 180 y 190°C (**fig12**), finalizado el tiempo, se filtró al vacío y se lavó varias veces el precipitado con agua y posteriormente se secaron por 24 horas a temperatura ambiente, y finalmente se determinó el porcentaje de rendimiento con la **ecuación 1**.

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento.

$$\%rendimiento = \frac{masa\ final * 100}{masa\ inicial}$$

Figura 12. Obtención de microestructuras de carbono vía síntesis hidrotermal

Not



Fuente: Mena Johnny 2022

Tabla 8. Síntesis Hidrotermal

Muestra	N° Reactor	Glucosa (g)	Agua (ml)	Urea (g)	Ácido acrílico (ml)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
Glucosa, Urea, Ácido acrílico (GUA)	1	1,0026	10	1,0021	1	190	24
	2	1,0015	10	1,0043	1	190	24
	3	1,0037	10	1,0012	1	190	24
	4	1,0026	10	1,0091	1	190	24
	5	1,0022	10	1,0016	1	190	24
	6	1,0034	10	1,0012	1	190	24
	7	1,0028	10	1,0001	1	190	24
	8	1,0040	10	1,001	1	190	24
	9	1,0010	10	1,0011	1	190	24
	10	1,0001	10	1,0027	1	190	24
	11	1,0016	10	1,0019	1	190	24
	12	1,0025	10	1,0034	1	190	24
Glucosa, Urea (GU)	13	1,0049	10	1,0066	0	190	24
	14	1,0037	10	1,0073	0	190	24
	15	1,0049	10	1,0052	0	190	24
	16	1,0008	10	1,0098	0	190	24
	17	1,0021	10	1,0016	0	190	24
	18	1,0023	10	1,0088	0	190	24
	19	1,0047	10	1,0075	0	190	24
	20	1,0039	10	1,0016	0	190	24
	21	1,0021	10	1,0036	0	190	24
	22	1,0004	10	1,0005	0	190	24

	23	1,0035	10	1,0028	0	190	24
	24	1,0006	10	1,0068	0	190	24
	25	1,0041	10	1,0034	0	190	24
	26	1,0017	10	1,0046	0	190	24
Urea (U)	27	0	10	1,0076	0	180	16
	28	0	10	1,0023	0	180	16
	29	0	10	1,0027	0	190	24
	30	0	10	1,0024	0	190	24
	31	0	10	1,0015	0	190	48
	32	0	10	1,0006	0	190	48
Glucosa, Ácido acrílico (GA)	33	1,0083	10	0	1	180	16
	34	1,0089	10	0	1	180	16
	35	1,0044	10	0	1	180	48
	36	1,0050	10	0	1	180	48
	37	1,0006	10	0	1	190	24
	38	1,0015	10	0	1	190	24
	39	1,0016	10	0	1	190	48
	40	1,0037	10	0	1	190	48
Glucosa (G)	41	1,0007	10	0	0	190	24
	42	1,0037	10	0	0	190	24
	43	1,0075	10	0	0	190	24
	44	1,0046	10	0	0	190	24
	45	1,0076	10	0	0	190	24
	46	1,0053	10	0	0	190	24

Fuente: Mena Johnny 2022

12. Caracterización de estructuras de carbono utilizando Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)

Para la caracterización morfológica de las microestructuras de carbono se escogieron los carbonos con mayor rendimiento que fueron: glucosa (G), glucosa y urea (GU), glucosa + urea y ácido acrílico (GUA), obtenidas a una temperatura de 190 °C a 24 horas. El microscopio ocupado para el análisis de morfología fue un microscopio electrónico de cuarta generación Vega Tescan, de la Universidad Técnica de Ambato de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, el cual se analizaron 6 muestras obteniendo 2 microfotografías de cada una para observar su morfología a una iluminación de 8kv y a una distancia de 1 mm y 100 micras (um).

13. Pruebas de remoción de cobre

- **Construcción de curva de calibración**

Para la construcción de la curva de calibración se prepararon patrones de sulfato de cobre (II) de 100, 80, 60, 40 y 20 ppm. a partir de una solución madre de 500 ppm, posteriormente se registraron los valores de absorbancia obtenidos a 600 nanómetros (nm) utilizando un espectrofotómetro UV visible marca Orbeco. Con los datos obtenidos y usando el software Excel se obtuvo la curva de calibración y el valor del coeficiente de correlación R. Cabe recalcar que para la preparación de patrones antes de aforar se los adiciono 5 ml de solución de amoniaco.

- **Técnica para la remoción de cobre por las microestructuras de carbono**

En un vaso de precipitación de 50 ml se colocó 0.100 gramos de cada microestructura de carbono obtenido a través de la síntesis hidrotermal y se adicionó 50 ml de solución de sulfato de cobre (II) con una concentración de 30 ppm, el cual no contenía amoniaco. Las mezclas fueron agitadas por tres horas, en cada hora de agitación se midió su pH, en caso de que el pH fuera mayora 5 se añadió ácido sulfúrico, y en caso de que el pH fuera menor a 4 se añadió hidróxido de sodio, para su ajuste respectivo.

Transcurrido el tiempo de agitación se procedió a filtrar, el filtrado se analizó con el espectrofotómetro UV visible marca Orbeco de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con los valores obtenidos y haciendo uso la ley de Beer se calculó la concentración de cobre en la muestra.

En el espectrofotómetro se analizó la absorbancia y transmitancia a 600 nanómetros de las tres muestras de carbono obtenidas. A continuación, se registraron los valores ocupando el software Excel en donde ocupamos la *ecuación 2*, para la concentración final de cobre en la solución se hizo uso de los datos obtenidos en la curva de calibración.

Ecuación 2. Obtención del valor X.

$$y = mx + b$$

$$x = \frac{y - b}{m}$$

En donde:

y = valor de absorbancia de la muestra.

b = punto de intersección

m = pendiente

x = concentración de cobre (II) en la solución

14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

14.1. MICROESTRUCTURAS SINTETIZADAS DE CARBONO POR EL MÉTODO HIDROTÉRMICO

En la *Tabla 9* se puede visualizar los resultados obtenidos a través de la síntesis hidrotérmica realizada con los monómeros, bajo diferentes condiciones de tiempo y temperatura. Los resultados obtenidos muestran el porcentaje de rendimiento de cada una de las muestras sintetizadas en donde las muestras de menor rendimiento fueron urea (U) con 0% de rendimiento, glucosa + ácido acrílico (GA) con 3.96% de rendimiento, por tal motivo estas muestras fueron descartadas para las pruebas de remoción de metales pesados.

Para la remoción de metales pesados se utilizó las tres muestras que tenían el mayor porcentaje de rendimiento en este caso se puede visualizar que fue glucosa (G) con un rendimiento de 98.90%, glucosa + urea (GU) con 19.66 % de rendimiento y finalmente glucosa + urea + ácido acrílico (GUA) con un porcentaje de rendimiento de 9.91 %.

Tabla 9. Porcentaje de rendimiento de la síntesis hidrotérmica.

Reactivo	N° Reactor	Urea		Temp. (°C)	Tiempo (h)	PESO INICIAL	PESO FINAL	% Rendimiento
		Glucosa (g)	(g)					
Glucosa, Urea, ácido acrílico (GUA)	1	1,0026	1,0021	190	24	2,0047	0,1987	9,91
	2	1,0015	1,0043	190	24	2,0058	0,1974	9,84
	3	1,0037	1,0012	190	24	2,0049	0,0954	4,76
	4	1,0026	1,0091	190	24	2,0117	0,1956	9,72
	5	1,0022	1,0016	190	24	2,0038	0,0962	4,80
	6	1,0034	1,0012	190	24	2,0046	0,1865	9,30
	7	1,0028	1,0001	190	24	2,0029	0,1768	8,83
	8	1,004	1,001	190	24	2,0050	0,1796	8,96
	9	1,001	1,0011	190	24	2,0021	0,1974	9,86
	10	1,0001	1,0027	190	24	2,0028	0,1461	7,29
	11	1,0016	1,0019	190	24	2,0035	0,1974	9,85
	12	1,0025	1,0034	190	24	2,0059	0,1761	8,78
Glucosa, urea (GU)	13	1,0049	1,0066	190	24	2,0115	0,3758	18,68
	14	1,0037	1,0073	190	24	2,0110	0,2784	13,84
	15	1,0049	1,0052	190	24	2,0101	0,3768	18,75
	16	1,0008	1,0098	190	24	2,0106	0,2795	13,90
	17	1,0021	1,0016	190	24	2,0037	0,3871	19,32
	18	1,0023	1,0088	190	24	2,0111	0,3671	18,25
	19	1,0047	1,0075	190	24	2,0122	0,2624	13,04
	20	1,0039	1,0016	190	24	2,0055	0,3943	19,66
	21	1,0021	1,0036	190	24	2,0057	0,3384	16,87
	22	1,0004	1,0005	190	24	2,0009	0,3916	19,57
	23	1,0035	1,0028	190	24	2,0063	0,2684	13,38
	24	1,0006	1,0068	190	24	2,0074	0,2686	13,38
	25	1,0041	1,0034	190	24	2,0075	0,3367	16,77
	26	1,0017	1,0046	190	24	2,0063	0,2987	14,89
Urea (U)	27	0	1,0076	180	16	1,0076	1,0076	0
	28	0	1,0023	180	16	1,0023	1,0023	0
	29	0	1,0027	190	24	1,0027	1,0027	0
	30	0	1,0024	190	24	1,0024	1,0024	0
	31	0	1,0015	190	48	1,0015	1,0015	0
	32	0	1,0006	190	48	1,0006	1,0006	0
Glucosa, ácido acrílico (GA)	33	1,0083	0	180	16	1,0083	0,0323	3,20
	34	1,0089	0	180	16	1,0089	0,0245	2,43
	35	1,0044	0	180	48	1,0044	0,0362	3,60
	36	1,005	0	180	48	1,0050	0,0369	3,67
	37	1,0006	0	190	24	1,0006	0,0346	3,46
	38	1,0015	0	190	24	1,0015	0,0387	3,86
	39	1,0016	0	190	48	1,0016	0,0357	3,56
	40	1,0037	0	190	48	1,0037	0,0397	3,96
Glucosa (G)	41	1,0007	0	190	24	1,0007	0,9541	95,34
	42	1,0037	0	190	24	1,0037	0,9732	96,96
	43	1,0075	0	190	24	1,0075	0,9964	98,90
	44	1,0046	0	190	24	1,0046	0,9635	95,91
	45	1,0076	0	190	24	1,0076	0,9345	92,75
	46	1,0053	0	190	24	1,0053	0,9647	95,96

Fuente: Mena Johnny 2022

14.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos a través del software estadístico SPSS, se realizó las interacciones entre el porcentaje de rendimiento de las muestras sintetizadas y el porcentaje de remoción de metales pesados, tomando en cuenta las variables de tiempo, temperatura de cada una de ellas.

De acuerdo al análisis de varianza la variable de efectividad influye de forma directa e individual a cada una de las muestras obteniendo una significancia menor a 0,05 lo que ayuda a definir nuestra hipótesis nula alternativa que es remover metales pesados a partir de glucosa, urea y ácido acrílico.

Síntesis Hidrotérmica

En el *tabla 10* se observa el diseño estadístico, con la prueba HSD de tukey, en donde las muestras sintetizadas no tienen ninguna diferencia significativa en la variable de tiempo, ya que si la significancia fuera menor a 0.05, si tendrían diferencia entre grupos, de la misma manera en la *tabla 11* se visualiza la variable de temperatura en donde si hubo diferencias, en el primer subconjunto se encuentran las muestras de Glucosa + ácido acrílico (GA) y Urea (U) no tienen ninguna diferencia entre ellas, mientras en el subconjunto 2 se encuentran las muestras de glucosa + urea + ácido acrílico (GUA), glucosa + urea (GU) y glucosa (G) que si tienen una significancia respecto al subconjunto 1. En la *tabla 12 se* puede apreciar la variable de rendimiento de cada una de las muestras sintetizadas, las cuales, el diseño experimental arroja cinco subconjuntos, en el subconjunto uno se encuentra urea (U), seguida por glucosa y ácido acrílico (GA), en tercer subconjunto se encuentra la muestra de glucosa + urea + ácido acrílico (GUA), ocupando en cuarto subconjunto la muestra sintetizada de glucosa + urea (GU) y finalmente en el quinto subconjunto la muestra de mayor promedio glucosa (G), esto quiere decir que la variable de rendimiento a comparación de la variable de tiempo y temperatura si presenta diferencias en cada muestra.

Tabla 10. *Diseño estadístico (Tukey) variable tiempo.*

Tiempo		
HSD de Tukey		
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
GUA	12	2,00
GU	14	2,00
U	6	2,00
G	6	2,00
GA	8	2,25
Sig.		,831
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,155.		
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.		

Fuente: Software estadístico SPSS,2021

Tabla 11.

Diseño estadístico (Tukey) variable temperatura.

Temperatura			
HSD de Tukey			
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
GA	8	1,50	
U	6	1,67	1,67
GUA	12		2,00
GU	14		2,00
G	6		2,00
Sig.		,762	,147
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,155.			
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.			

Fuente: Software estadístico SPSS,2021

Tabla 12. *Diseño estadístico (Tukey) variable rendimiento.*

Rendimiento						
HSD de Tukey						
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
U	0	0				
GA	8		3,4675			
GUA	12			8,4917		
GU	14				16,4500	
G	6					95,9700
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,155.						
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.						

Fuente: Software estadístico SPSS,2021

Análisis estadístico para la remoción de cobre

Se realizó en análisis estadístico con la prueba de HSD de tukey para la remoción de cobre, las muestras ocupadas para este análisis estadístico son las de mayor porcentaje de remoción, en la tabla 13 se observa la media de cada una de las muestras ocupadas, los resultados arrojados nos da un solo subconjunto ya que tienen las mismas características pero diferente porcentaje de remoción, como mayor porcentaje de remoción esta la muestra de glucosa (G-Cu), en segundo lugar la muestra de glucosa + ácido acrílico (GA-Cu) y finalmente la muestra de glucosa + urea (GU-Cu), el cual afirmamos nuestra hipótesis planteada en el método experimental, que la glucosa es la muestra que remueve de mejor manera los metales pesados del agua.

Tabla 13. Diseño estadístico (Tukey) Eficiencia de remoción de muestras ocupadas para la remoción de metales pesados.

Porcentaje de remoción		
HSD de Tukey		
Microestructuras de carbono	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
GU-Cu	2	13,1950
GUA-Cu	2	28,5350
G-Cu	2	45,8600
Sig.		,161
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.		

Fuente: Software estadístico SPSS,2021

14.3. CARACTERIZACIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE CARBONO

(SEM)

Para la caracterización de microestructuras de carbono en el microscopio electrónico de barrido (SEM) se eligieron 6 muestras las cuales; 3 sintetizadas y de mayor porcentaje de rendimiento y las últimas muestras expuestas al cobre que obtuvieron la mayor eficiencia de remoción. En la **tabla 14** se puede observar las micrografías obtenidas a través del microscopio, se debe tomar en cuenta que las imágenes son obtenidas en escalas de grises para resaltar las características de cada una de ellas y se tomaron a una distancia de 1 mm, 20 μ m y de 100 μ m.

Las micrografías de la muestra (GUA; GUA-Cu1; GU; GU-Cu1; G; G-Cu1) se caracterizan por tener una forma irregular y de diferentes tamaños menores a 1 mm, en donde la muestra (GUA; GU; G), son las muestras sintetizadas que obtuvieron un haz de luz o de

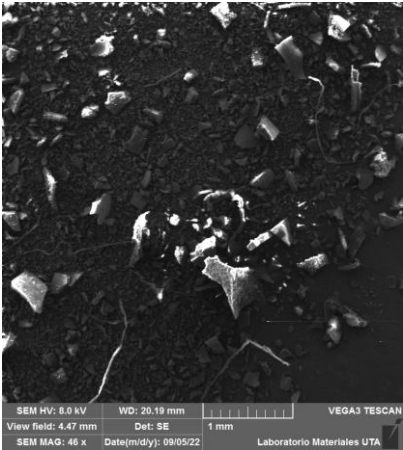
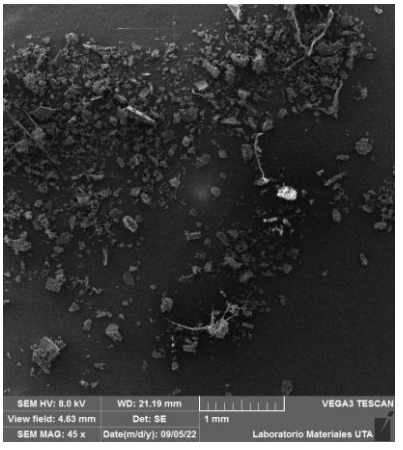
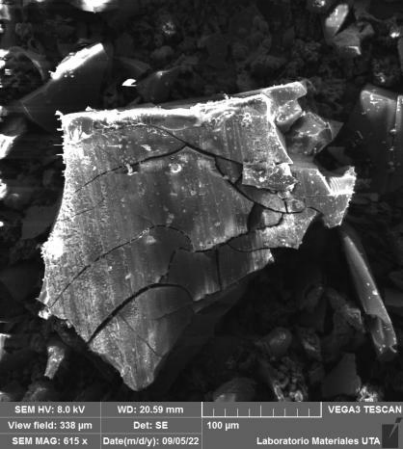
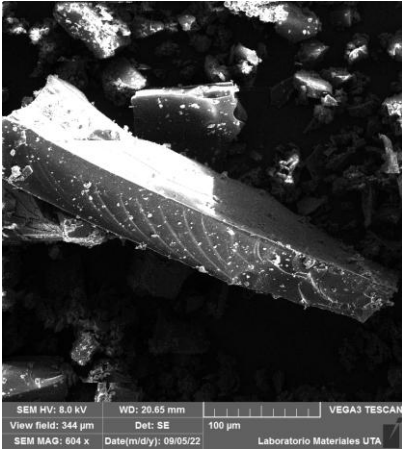
electrones mayor a la de la muestra (GUA-Cu1; GU-Cu1; G-Cu1) que son las muestras agitadas con cobre.

Las muestras observadas a una distancia de 100 micras (um) que fueron las micrografías (GUA2; GUA-CU2) se puede visualizar que tienen una forma característica como apilamiento de hojas y paralelo a la superficie dando una textura y forma más ligera. La diferencia entre la muestra (GUA2) es que tiene un rasgo fragmentado e irregular, mientras que la muestra (GUA-CU2) es más rígida y en la parte detrás de la micrografía se observan estructuras casi esféricas mucho menor a 100 um.

La muestra (GU2 – GU2F) observadas a una distancia de 100 um, tienen forma irregular pero muy rígida y son mayores a 100 um; en la superficie de la imagen (GU2) obtiene una forma particular a base de racimos de forma agujerada y esféricos menores a 100 um.

Las micrografías (G; G-Cu1) observadas a una distancia de 1 mm tienen una característica especial, ya que se observan como racimos de diferentes tamaños y formas menores a 1 mm, mientras que la morfología de la micrografía (G2) observada una distancia de 20 um se encuentran formas cuasi - esféricas con diámetros e intervalos menores a 20 um y en mayor cantidad por partículas menores a 5 um. En la morfología de la imagen (G-Cu2) se visualiza formas esféricas que fueron observadas a 100 um siendo estas cuasi – uniformes y menores a 10 um.

Tabla 14. Micrografías (microscopio electrónico de barrido)

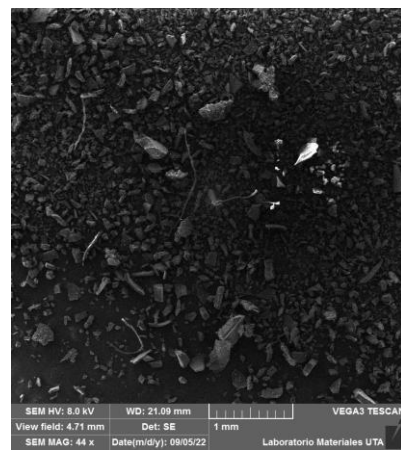
Microestructuras de carbono sintetizadas	Microestructuras de carbono agitadas con cobre
A) Glucosa + Urea + Acido acrílico	
<p>(GUA) Micrografía a 1 mm</p> 	<p>(GUA-Cu1) Micrografía a 1 mm</p> 
<p>(GUA2) Micrografía a 100 µm</p> 	<p>(GUA-Cu2) Micrografía a 100 µm</p> 

B) Glucosa + Urea

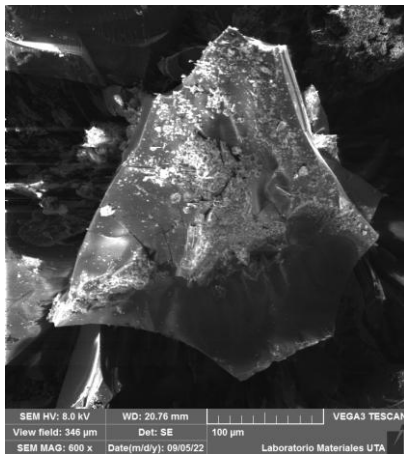
(GU) Micrografía a 1 mm



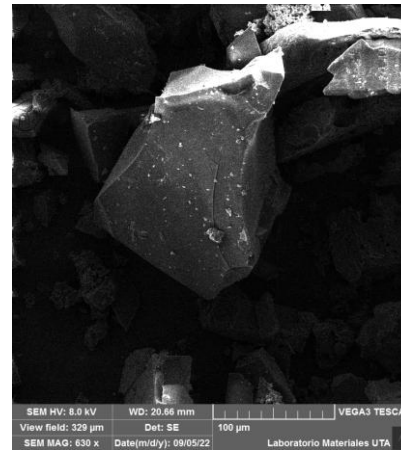
(GU-Cu1) Micrografía a 1 mm



(GU2) Micrografía a 100 μm

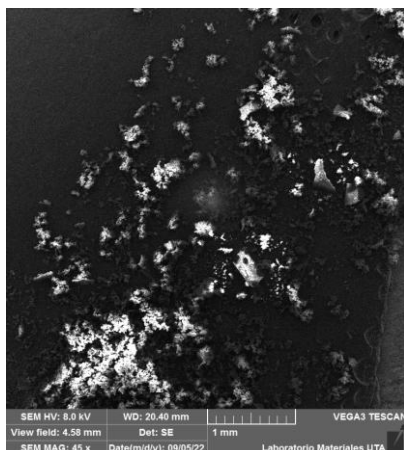


(GU-Cu2) Micrografía a 100 μm

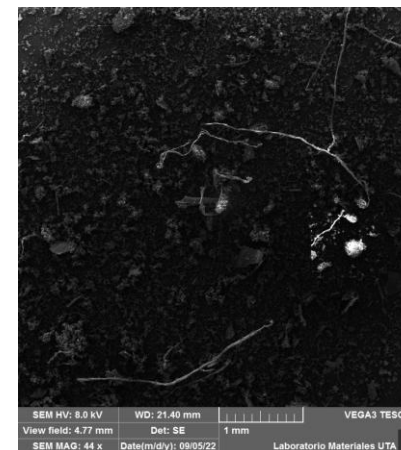


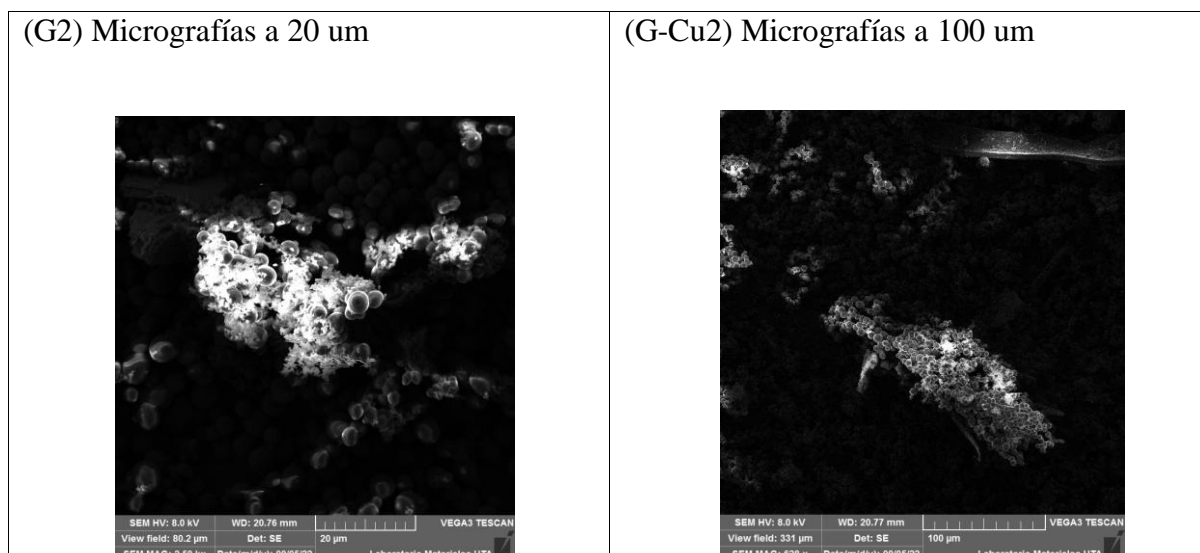
C) Glucosa

(G) Micrografía a 1 mm



(G-Cu1) Micrografía a 1 mm





Fuente: Microscopio electrónico de barrido (SEM)

14.4. CONCENTRACIÓN Y REMOCIÓN DE COBRE POR LAS MICROESTRUCTURAS DE CARBONO

- **Concentración de cobre en la solución**

En la *tabla 15* se puede observar la concentración de cobre en la solución, luego de ser agitadas por 3 horas en donde; la muestra que tuvo mayor concentración de cobre fue la de glucosa + urea (GU), con un 26.04% de concentración, seguida por la muestra de glucosa + urea + ácido acrílico (GUA) con un 21.44% y finalmente la muestra de glucosa con 16,24, en la muestra de glucosa y agua, obteniendo así la concentración de cobre en cada una de las muestras sintetizadas.

Tabla 15. *Concentración inicial y final del cobre (II) en la solución.*

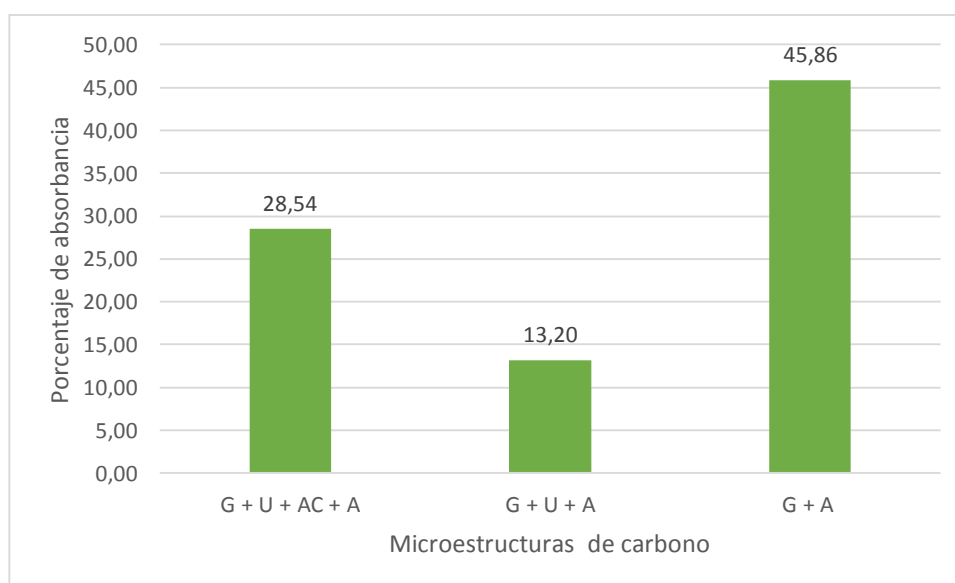
Código	Concentración inicial (ppm) Cu (II)	Concentración final Cu (II)
GU	30	26,04
GUA	30	21,44
G	30	16,24

Fuente: Mena Johny 2022

- **Porcentaje de eficiencia de remoción por las microestructuras de carbono**

En la **Fig.14** se puede observar la eficiencia de remoción del cobre (II) por las microestructuras de carbono, en dónde; la muestra de mayor capacidad de remoción fue de glucosa (G) con un 45.86 % en la remoción de cobre, seguida por las microestructuras de carbono de glucosa + urea + ácido acrílico (GUA) con 28.53% de remoción. Finalmente, con 13.20% la de glucosa urea (GU). Un estudio realizado por (Julioe, 2017), sobre la capacidad que tiene micelio (hongo) para la remoción de cobre en aguas residuales, obtuvo unos resultados similares removiendo hasta un 40 % , estos altos índices de absorbancia fue gracias a que este hongo tiene material bio absorbente, está investigación se la realizado por un medio de cultivo, mientras en nuestro proyecto de tesis se realizó mediante una síntesis hidrotermal ejecutada por monómeros, estos resultados de remoción se dieron gracias a factores muy importantes que fue el pH al mezclarse las microestructuras con el cobre (II) y la acidez superficial de las microestructuras de carbono.

Figura 13. *Porcentaje de eficiencia de remoción*



Fuente: Mena Johny 2022

15. IMPACTO (SOCIAL, TECNOLÓGICO, AMBIENTAL)

15.1. SOCIAL

La contaminación de metales pesados en el agua es muy dañina para la salud de las personas y animales que la consumen, por lo tanto, los resultados y los métodos de esta investigación será un aporte a la sociedad, para poder mitigar y elaborar medidas cautelares que ayuden a la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

15.2. TECNOLÓGICO

La metodología y técnica de síntesis hidrotérmica aplicada en esta investigación es innovadora, teniendo resultados válidos que ayudan a la remoción de metales pesados en aguas contaminadas, ayudando de manera práctica a futuras investigaciones.

15.3. AMBIENTAL

Hoy en día la calidad de agua se ve afectada por las actividades antropogénicas que son causadas por el ser humano, con los resultados obtenidos a través de esta investigación ayudara de forma sostenible al recurso hídrico, removiendo metales pesados existentes en aguas contaminadas, las cuales son de uso agrícola, y domestico afectando a la salud humana.

16. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

16.1. Conclusiones

- Por medio de una síntesis hidrotérmica se logró sintetizar microestructuras de carbono a partir de glucosa, urea y ácido acrílico. Los resultados obtenidos evidencian que el mayor rendimiento en la síntesis fue de glucosa(G) con 98,90% seguido por glucosa y urea (GU) con 19,66%, el tercero fue la muestra sintetizada de glucosa + urea + acido acrílico (GUA) con 9,91%, estas muestras mencionadas fueron ocupadas para la prueba de remoción de metales pesados en aguas contaminadas, mientras que el rendimiento más bajo fue glucosa + acido acrílico (GA) con 3,96%, y urea con 0% de rendimiento,

concluyendo que estas muestras que obtuvieron el rendimiento más bajo no son aptas para lograr sintetizar microestructuras de carbono eficientes para la remoción de metales pesados.

- Se caracterizó las microestructuras de carbono mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) el cual se obtuvo micrografías de cada una de las muestras sintetizadas y expuestas con el cobre(II), mediante los resultados se pudo verificar que las muestras sintetizadas eran más expuestas a la luz de 8kv del microscopio, mientras las muestras expuestas con el cobre (II) tenían una mayor rigidez en su estructura, todas las muestras analizadas mediante el microscopio tenían características peculiares que los caracterizaban de las otras, esto nos ayuda a concluir que las muestras al estar expuesta con el cobre (II) adquieren diferentes características según sea el monómero ocupado.
- Se evaluó la capacidad de las microestructuras de carbono obtenidas en la remoción de cobre (II), la muestra más eficiente al remover el cobre fue la de glucosa (G) removiendo un 45,86 % seguida por la muestra de glucosa + urea + ácido acrílico (GUA) removiendo un 28,54% del cobre (II) en la solución y finalmente con 13,20 % de remoción la muestra de glucosa +urea (GU).

16.2. Recomendaciones

- Para la síntesis hidrotérmica se recomienda ocupar dos o más autoclaves para su preparación, ya que ayudará aumentar muestras para el respetivo análisis.
- Se recomienda utilizar un Buffer al momento de medir el pH de cada una de las muestras, este ayudara de mejor manera a la estabilización del pH evitando cambios bruscos del mismo.

- En el microscopio electrónico de barrido, se recomienda realizar un análisis EDX a las muestras obtenidas, este ayudara a verificar y calcular de mejor manera la concentración de cobre II en cada una de las muestras analizadas.
- Analizar mediante FT-IR las microestructuras de carbono, este análisis lograra evidenciar los grupos carboxílicos presentes en cada una de las muestras.
- Se recomienda experimentar con otros metales pesados y comparar la remoción con las microestructuras de carbono, abrevando la reacción al ser expuestas al metal a ocupar.

17. BIBLIOGRAFÍA

- Arturo, C., Álvarez, M., & Surcolombiana, U. (2011). *CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guía didáctica CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guía didáctica*.
- Bañón, H. (2019). *En Carbón Activado Para La Eliminación De Cromo Hexavalente En Disolución Acuosa*.
- Barrantes, C. (2016). El diseño de investigación experimental. *El, I I I Investigación, Diseño D E*, 41–56. http://histologia.ugr.es/pdf/Metodologia_III.pdf
- Barrera Molina, J. C. (2020). *Escuela politécnica nacional*. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21387/1/CD_10876.pdf
- Bose, S. K., & Chakraborty, U. C. (1957). Resolutions Adopted at the General Session of the VIII All India Pediatric Conference at Vellore on the 21st December, 1956. *The Indian Journal of Pediatrics*, 24(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Brito, M., & Méndez, P. (2022). *Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba , Morona Santiago Evaluation of contamination by heavy metals in the Cuchipamba River , Morona Santiago Avaliação da contaminação por metais pesados no rio Cuchipamba , Morona Santiago*. 7(7), 1987–2013. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL " DESEMBARCO DEL GRANMA " A ESCALA DE Introducción. *Tecnología Química, XXIX, núm*, 64–73.

- Cano, C. (2013). Evaluación de un tratamiento de floculación- flotación para el agua residual generada en el procesamiento de subproductos avícolas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Cardona, S., & Lora, J. (2020). *Diseño de un proceso de producción de ácido acrílico , vía acroleína.*
- Caviedes Rubio, D. I., Muñoz Calderón, R. A., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- Héctor, A., & Ruiz Aponte, D. (2017). El método deductivo-inferencial y su eficacia en el aprendizaje de la matemática de los estudiantes del primer año de secundaria de la I.E. “José María Arguedas” San Roque – Surco – 2014. *Universidad César Vallejo*, 126. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8381/Mandamiento_OAH-Ruiz_AD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Julioe, R. (2017). DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE COBRE EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA GALVÁNICA A TRAVÉS DE LA ACCIÓN DEL MICELIO *Pleurotus sajorcaju*. *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE COBRE EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA GALVÁNICA A TRAVÉS DE LA ACCIÓN DEL MICELIO Pleurotus Sajorcaju.*, 13(3), 1576–1580.
- Lambert, J. H. (1852). *Ley de bouguer-lambert-beer.*
- Lara, P. A. . (2020). *Diseño Estadístico Experimentos.* 25–39. http://scholar.google.com/scholar?q=Diseño Estadístico Experimentos&btnG=&hl=en&num=20&as_sdt=0%2C22 VN - readcube.com
- López García, U. M. (2005). *Aplicación de la electrodiálisis a la eliminación de nitrato en agua.* 169. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/157/1/Aplicación de la electrodiálisis en agua..pdf>
- Martínez, M. (2016). *Desarrollo y aplicaciones de hidrogeles para la aministración y liberación modificada de fármacos.* <https://core.ac.uk/download/pdf/75989612.pdf>
- Méndez, S., Romo, A., Cuevas, R., & Sampieri, H. (2016). *Manual introductorio al SPSS*

- Statistics Standard Edition* 22. 1–55.
https://www.fibao.es/media/uploads/manual_de_spss_universidad_de_celaya.pdf
- Orbe Tania. (2020). *Hallan metales pesados en ríos amazónicos de Ecuador*.
<https://www.scidev.net/america-latina/news/hallan-metales-pesados-en-rios-amazonicos-de-ecuador/>
- Paredes, R., Yates, B., Zúluga, F., & Insuasty, B. (2020). INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA. In *Introducción a la Química Orgánica: Volumen 2*.
- Perez, S., Miranda, S. A., S.W. Lin-Ho, J. Alvarez-Sánchez, J.C. Perez-Reyes, K.A., Corrales-Lopez, & J.B. Morales-Cuevas. (2016). MEMBRANAS DE NANOFILTRACION, PREPARADAS VÍA POLIMERIZACIÓN EN INTERFASE, DOPADAS CON NANOPARTÍCULAS DE ZnO: EFECTO EN SU DESEMPEÑO. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(1665–2738), 961–975.
<http://www.redalyc.org/pdf/620/62048168025.pdf>
- Rea, A. D. (2021). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. In *Tesis*.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Romero, K., & Eróstegui, C. (2014). Heavy Metal Contamination. *Heavy Metal Contamination of Water and Soil*, 51–51. <https://doi.org/10.1201/b16566-4>
- Sacher, W. (2018). Revisión crítica parcial del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Mirador de la empresa Ecuacorriente, Ecuador. *Acción Ecológica*, 26.
<https://bit.ly/3svpHdO>
- Solís, C., Vélez, C., & Ramírez, J. (2017). Tecnología de membranas: Ultrafiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 22(22), 26–36. <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v11n22/1909-8367-ecei-11-22-00026.pdf>
- Soulé, Z., Fernández, Montes, Suárez, Torres, & Tascón. (2017). *Síntesis y caracterización de nanocompuestos montmorillonita- carbones hidrotérmicos y su aplicación en la sorción de pesticidas*.
- Toapanta, V., & Sumba, D. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con vetiver (Vetiveria zizanioides) como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y plomo en agua procedente del río Cutuchi*.

18. ANEXOS

Anexo1. Anova de un factor y comparaciones múltiples de muestras sintetizadas

ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Inter-grupos	,413	4	,103	,446	,775
	Intra-grupos	9,500	41	,232		
	Total	9,913	45			
Temperatura	Inter-grupos	1,884	4	,471	5,793	,001
	Intra-grupos	3,333	41	,081		
	Total	5,217	45			
Rendimiento	Inter-grupos	40975,570	4	10243,893	2812,129	,000
	Intra-grupos	149,353	41	3,643		
	Total	41124,923	45			

Fuente: Software estadístico SPSS,2021

Comparaciones múltiples

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Tiempo	GUA	GU	,000	,189	1,000	-,54	,54
		U	,000	,241	1,000	-,69	,69
		GA	-,250	,220	,786	-,88	,38
		G	,000	,241	1,000	-,69	,69
	GU	GUA	,000	,189	1,000	-,54	,54
		U	,000	,235	1,000	-,67	,67
		GA	-,250	,213	,767	-,86	,36
		G	,000	,235	1,000	-,67	,67
	U	GUA	,000	,241	1,000	-,69	,69
		GU	,000	,235	1,000	-,67	,67
		GA	-,250	,260	,871	-,99	,49
		G	,000	,278	1,000	-,79	,79
	GA	GUA	,250	,220	,786	-,38	,88
		GU	,250	,213	,767	-,36	,86
		U	,250	,260	,871	-,49	,99
		G	,250	,260	,871	-,49	,99
	G	GUA	,000	,241	1,000	-,69	,69
		GU	,000	,235	1,000	-,67	,67
		U	,000	,278	1,000	-,79	,79

Temperatura	GUA	GA	-,250	,260	,871	-,99	,49
		GU	,000	,112	1,000	-,32	,32
		U	,333	,143	,154	-,07	,74
		GA	,500*	,130	,004	,13	,87
		G	,000	,143	1,000	-,41	,41
		GUA	,000	,112	1,000	-,32	,32
	GU	U	,333	,139	,137	-,06	,73
		GA	,500*	,126	,003	,14	,86
		G	,000	,139	1,000	-,40	,40
		GUA	-,333	,143	,154	-,74	,07
		GU	-,333	,139	,137	-,73	,06
		GA	,167	,154	,815	-,27	,61
	U	G	-,333	,165	,273	-,80	,14
		GUA	-,500*	,130	,004	-,87	-,13
		GU	-,500*	,126	,003	-,86	-,14
		U	-,167	,154	,815	-,61	,27
		G	-,500*	,154	,019	-,94	-,06
		GUA	,000	,143	1,000	-,41	,41
	GA	GU	,000	,139	1,000	-,40	,40
		U	,333	,165	,273	-,14	,80
		GA	,500*	,154	,019	,06	,94
		GU	-7,95833*	,75084	,000	-10,1004	-5,8163
		U	8,49167*	,95430	,000	5,7692	11,2142
		GA	5,02417*	,87115	,000	2,5389	7,5095
Rendimiento	GUA	G	-87,47833*	,95430	,000	-90,2008	-84,7558
		GUA	7,95833*	,75084	,000	5,8163	10,1004
		U	16,45000*	,93130	,000	13,7931	19,1069
		GA	12,98250*	,84590	,000	10,5693	15,3957
	GU	G	-79,52000*	,93130	,000	-82,1769	-76,8631
		GUA	-8,49167*	,95430	,000	-11,2142	-5,7692
		GU	-16,45000*	,93130	,000	-19,1069	-13,7931
		GA	-3,46750*	1,03076	,014	-6,4081	-,5269
	U	G	-95,97000*	1,10193	,000	-99,1137	-92,8263
		GUA	-5,02417*	,87115	,000	-7,5095	-2,5389
		GU	-12,98250*	,84590	,000	-15,3957	-10,5693
		U	3,46750*	1,03076	,014	,5269	6,4081
GA	G	-92,50250*	1,03076	,000	-95,4431	-89,5619	
	GUA	87,47833*	,95430	,000	84,7558	90,2008	
	GU	79,52000*	,93130	,000	76,8631	82,1769	
	U	95,97000*	1,10193	,000	92,8263	99,1137	
G	GA	92,50250*	1,03076	,000	89,5619	95,4431	

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

Fuente: Software estadístico SPSS, 2021

Anexo 2. Microestructuras de carbono sintetizadas de glucosa, urea y ácido acrílico



Glucosa (G)



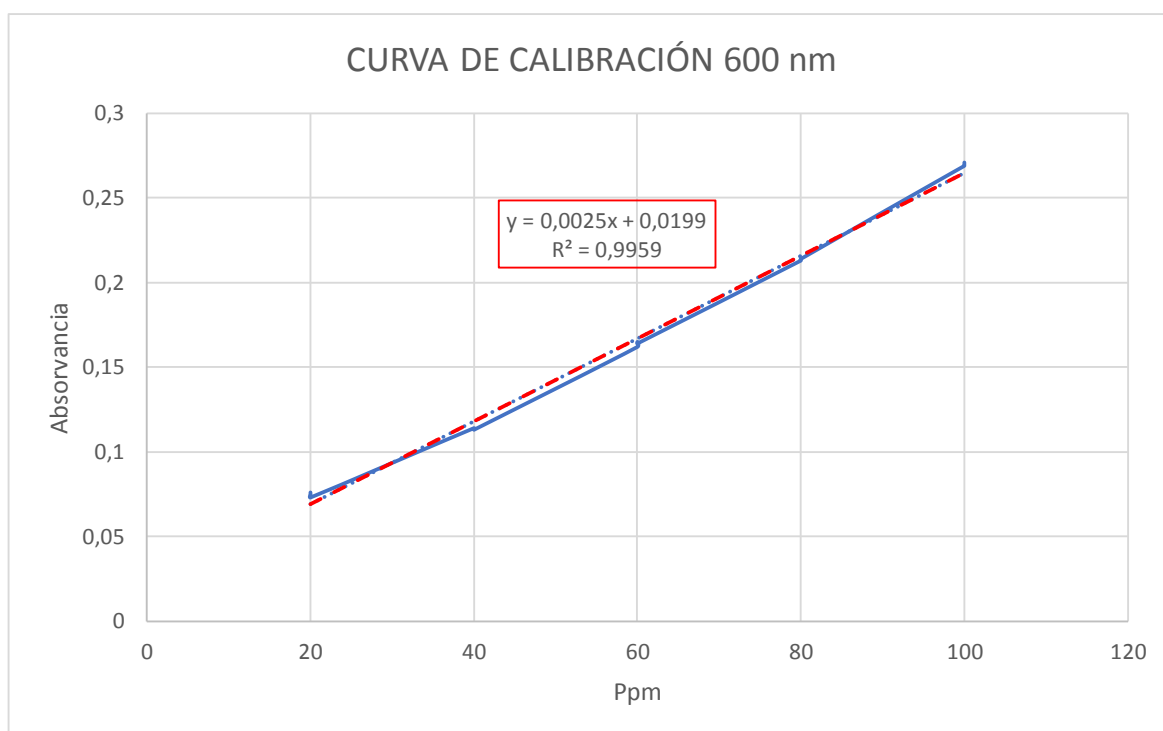
Glucosa + urea (GU)



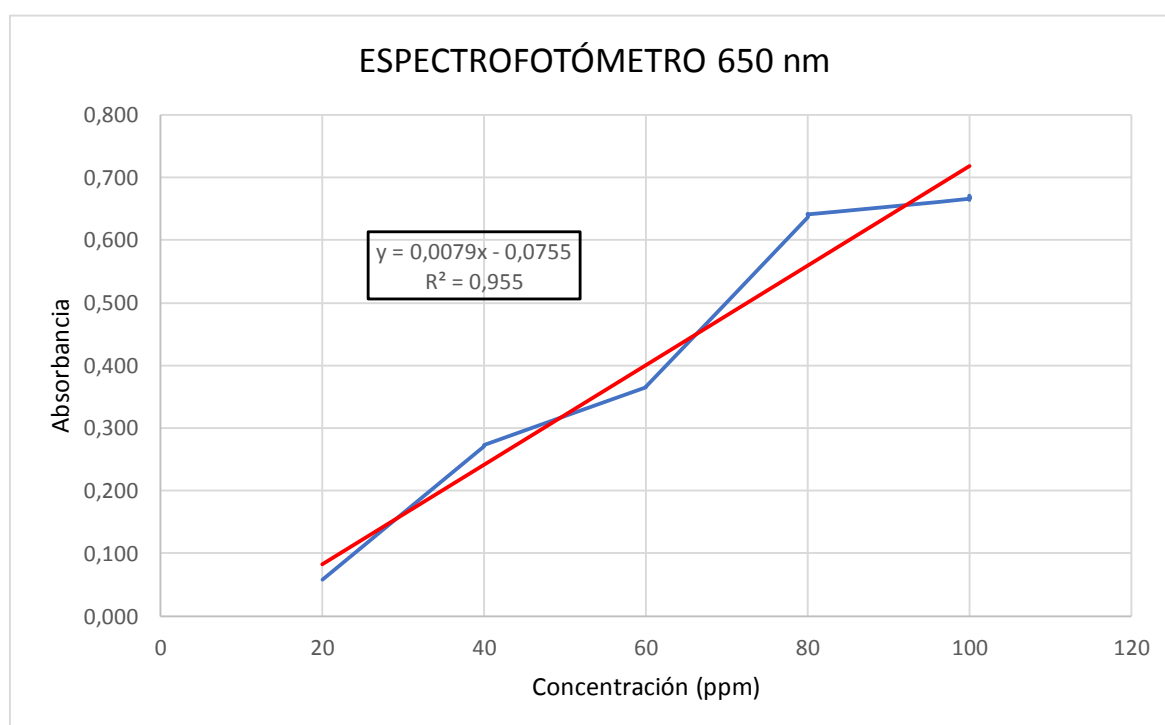
Glucosa + ácido acrílico (GA)

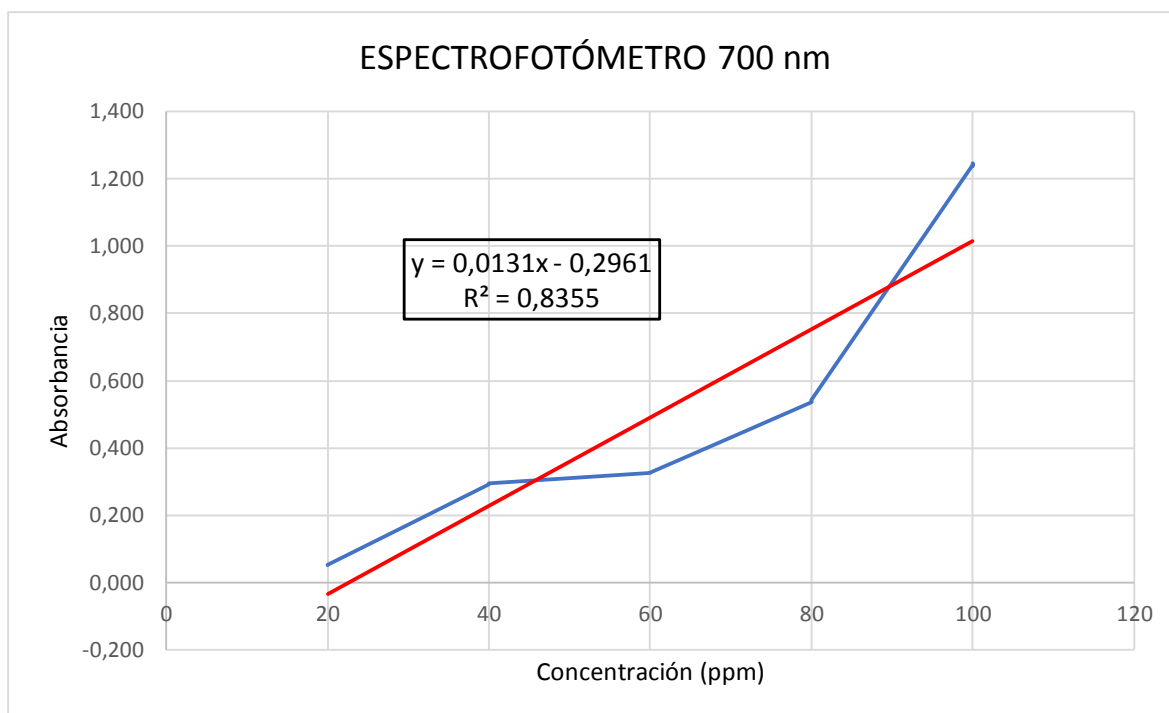


Glucosa+ urea + ácido acrílico (GUA)

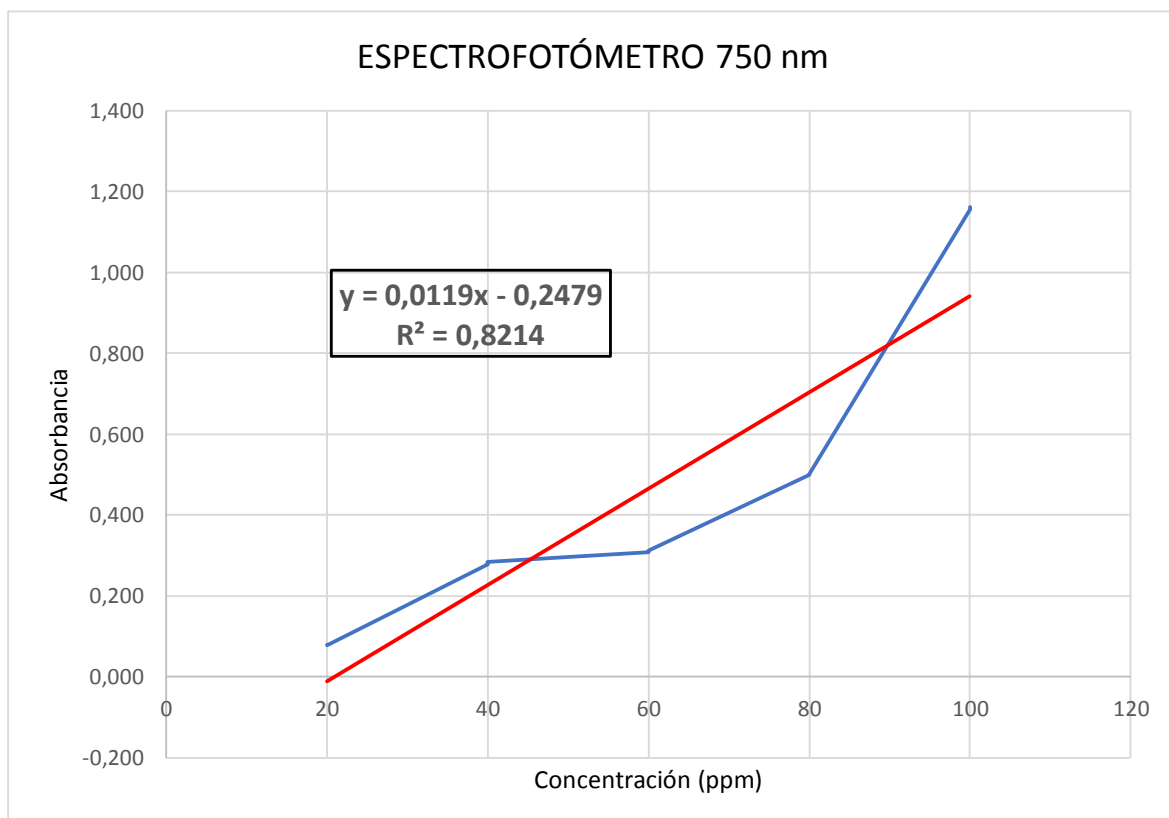
Anexo 3. Curva de calibraciones 600, 650, 700, 750 nm

Fuente: Mena Johnny 2022

Anexo 4. Curva de calibraciones 600, 650, 700, 750 nm

Anexo 5. Curva de calibraciones 600, 650, 700, 750 nm

Fuente: Mena Johnny 2022

Anexo 6. Curva de calibraciones 600, 650, 700, 750 nm

Anexo 7. Blancos 30 ppm

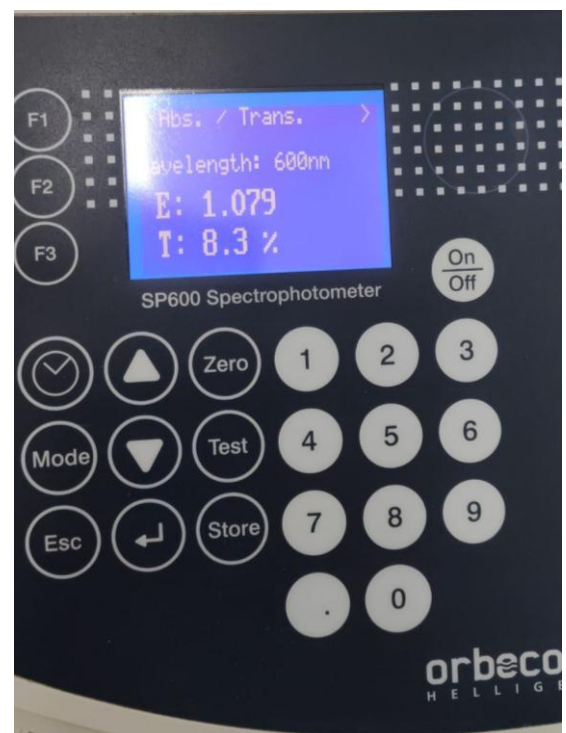


Fuente: Mena Johny 2022

Anexo 8. Agitación y espectrofotometría de las microestructuras expuestas con cobre



Agitación



Espectrofotometría

Fuente: Mena Johny 2022

Anexo 9. Cálculos de concentraciones

Partes por millón (ppm)	Ecuación
100 ppm	$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$ $V1 = \frac{100 \text{ ppm} \cdot 0.08 \text{ L}}{500 \text{ ppm}}$ $V1 = 0.016 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 16 \text{ ml} + 5 \text{ ml de solución de amoniacó.}$
80 ppm	$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$ $V1 = \frac{80 \text{ ppm} \cdot 0.08 \text{ L}}{500 \text{ ppm}}$ $V1 = 0.0128 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 12.8 \text{ ml} + 5 \text{ ml de solución de amoniacó.}$
60 ppm	$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$ $V1 = \frac{60 \text{ ppm} \cdot 0.08 \text{ L}}{500 \text{ ppm}}$ $V1 = 0.0096 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 9.6 \text{ ml} + 5 \text{ ml de solución de amoniacó.}$
40 ppm	$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$ $V1 = \frac{40 \text{ ppm} \cdot 0.08 \text{ L}}{500 \text{ ppm}}$ $V1 = 0.0064 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 6.4 \text{ ml} + 5 \text{ ml de solución de amoniacó.}$
20 ppm	$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$ $V1 = \frac{20 \text{ ppm} \cdot 0.08 \text{ L}}{500 \text{ ppm}}$ $V1 = 0.0032 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 3 \text{ ml} + 5 \text{ ml de solución de amoniacó.}$
BLANCO	$BLANCO = 5 \text{ ml de solución de amoniacó} + 75 \text{ ml de agua.}$

Fuente: Mena Johny 2022

Anexo 10. *pH de muestras agitadas.*

pH				
MUESTRA DE GLUCOSA + AGUA				
#Muestra	pH1	pH2	pH3	pH final
1	5,12	5,10	4,96	4,37
2	5,32	5,28	4,84	4,85
3	5,63	5,12	4,87	4,76
MUESTRA DE GLUCOSA + UREA + AGUA				
#Muestra	pH1	pH2	pH3	pH final
1	5,13	4,82	4,85	4,37
2	5,27	4,60	4,73	4,85
3	5,05	4,38	4,94	4,76
MUESTRA DE GLUCOSA + UREA + ÁCIDO ACRÍLICO + AGUA				
#Muestra	pH1	pH2	pH3	pH final
1	4,32	4,61	4,70	4,90
2	4,54	4,52	4,54	4,92
3	4,26	4,53	4,59	4,74

Fuente: Mena Johnny 2022

Anexo II. Concentraciones de cobre (II) en la solución y remoción de metales pesados

X=y - 0,0199 / 0,0025											
GLUCOSA + AGUA				GLUCOSA + UREA + AGUA				GLUCOSA + UREA + ÁCIDO ACRILICO + AGUA			
MUESTRA #1				MUESTRA #1				MUESTRA #1			
Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia		
0,136	73	X1 =	46,44	0,052	88,7	X1 =	12,84 57,2	0,071	84,9	X1 =	20,44 31,866667
0,135	73,3	X2 =	46,04	0,054	88,4	X2 =	13,64 54,533333	0,070	85,10	X2 =	20,04 33,2
0,136	73,2	X3 =	46,44	0,055	88,1	X3 =	14,04 53,2	0,070	85,10	X3 =	20,04 33,2
MUESTRA #2				MUESTRA #2				MUESTRA #2			
Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia		
0,051	89	X1 =	12,44 58,533	0,089	81,4	X1 =	27,64 7,8666667	0,078	83,5	X1 =	23,24 22,533333
0,051	89	X2 =	12,44 58,533	0,090	81,4	X2 =	28,04 6,5333333	0,077	83,7	X2 =	22,84 23,866667
0,050	89,2	X3 =	12,04 59,867	0,091	81,1	X3 =	28,44 5,2	0,077	83,7	X3 =	22,84 23,866667
MUESTRA #3				MUESTRA #3				MUESTRA #3			
Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia			Absorvancia	Transmitancia		
0,072	84,6	X1 =	20,84 30,533	0,082	82,8	X1 =	24,84 17,2	0,048	89,5	X1 =	11,24 62,533333
0,071	84,7	X2 =	20,44 31,867	0,081	83	X2 =	24,44 18,533333	0,048	89,5	X2 =	11,24 62,533333
0,072	84,6	X3 =	20,84 30,533	0,081	82,9	X3 =	24,44 18,533333	0,049	89,4	X3 =	11,64 61,2
						32,48					
CONCENTRACIÓN DE COBRE EN LA SOLUCIÓN				CONCENTRACIÓN INICIAL - CONCENTRACIÓN FINAL / CONCENTRACIÓN INICIAL *100							

Fuente: Mena Johny 2022

Anexo 12. Aval del Traductor