

Información general			
Facultad: Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías			
Programa académico: Tecnología en manejo de recursos ambientales		Grupo(s) de investigación: Grupo de Investigación en Ecosistemas y Servicios Ambientales _GIECSA	
Nombre del semillero – Siglas Grupo Ambiental de Alternativas Sostenibles - GAMAS		Fecha creación: 02 del 2010	Logo 
		Campus: Bucaramanga	
Líneas de Investigación: Gestión integral de ecosistemas			
Áreas del saber *			
1. Agronomía veterinaria y afines		5. Ciencias sociales y humanas	
2. Bellas artes		6. Economía, administración, contaduría y afines	
3. Ciencias de la educación	X	7. Matemáticas y ciencias naturales	
4. Ciencias de la salud	X	8. Ingenierías, arquitectura, urbanismo y afines	

Al diligenciar este documento autorizo a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, ubicada en Calle de los estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas y con teléfono de contacto 6076917700, para que recolecte, almacene, use, circule y/o suprima mis datos personales. Lo anterior para dar cumplimiento a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información disponible en www.uts.edu.co, la cual declaro conocer y saber que en esta se especifican cuáles datos son sensibles. Así mismo, conozco que como titular me asisten los derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir mis datos y revocar la autorización. Igualmente declaro que poseo autorización, de los otros titulares de datos que suministro, para que UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER les dé tratamiento conforme a las finalidades consignadas en la Política.

Información del director del proyecto

Nombre: Cristhian Fernando Cagua Toledo	No. de identificación: 1098736547	Lugar de expedición: Bucaramanga
Nivel de formación Académica (Pregrado / Postgrado / Link de CvLAC): Biólogo / Magister en Biología / https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000073775		
Celular: 3168282235	Correo electrónico: cfcagua@correo.uts.edu.co	

Información de los autores

Nombre	No. de Identificación y lugar de expedición	Celular	Correo electrónico
Deccy Lorena Camacho Camacho	1005475245	3144187675	dlorenacamacho@uts.edu.co
Leany Gisela Orostegui Rodriguez	1005461920	3115208664	lgorostegui@uts.edu.co
Laura Nataly Jaimes Colmenares	1095788824	3144187675	lnatalyjaimes@uts.edu.co
Lizbeth Daniela Rincon Delgado	1101596508	3102786429	ldanielarincon@uts.edu.co
Karen Julieth Vera Rey	1099738620	3187085582	karenjvera@uts.edu.co

Proyecto

1. Título del proyecto: Plan piloto de biorremediación de las aguas de la quebrada “La Calavera” en el municipio de Floridablanca.	MODALIDAD DEL PROYECTO **				
	PA	PI	TI	RE	Otra. ¿Cuál?
			X		
2. Resumen del trabajo:					
<p>La contaminación del agua, causada por descargas industriales, aguas residuales urbanas, prácticas agrícolas y contaminación plástica, sigue siendo un problema ambiental crítico que afecta la salud humana, los ecosistemas acuáticos y la economía. Los contaminantes químicos, patógenos y nutrientes excesivos dañan la vida acuática, provocan enfermedades en los humanos y deterioran actividades económicas como la pesca y el turismo. Para combatir este problema, es crucial mejorar el tratamiento de aguas residuales, implementar regulaciones estrictas, aumentar la conciencia pública y adoptar tecnologías sostenibles. La quebrada La Calavera, ubicada en Floridablanca, Santander, enfrenta serios problemas de contaminación y deterioro ambiental. Los principales factores que contribuyen a su contaminación incluyen la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado, la acumulación de basura y residuos sólidos, y posiblemente la presencia de contaminantes industriales. Estos problemas no solo afectan la calidad del agua y la biodiversidad de la quebrada, sino que también representan un riesgo para la salud de las comunidades circundantes. A partir de esta problemática ambiental presentada actualmente dentro de la ciudad de Floridablanca nos planteamos el objetivo de Diseñar un plan piloto de biorremediación de las aguas de la quebrada “La Calavera” mediante la utilización de microalgas.</p> <p>Como metodología se buscó 3 fuentes de microalgas, aquellas que se encuentran en las aguas de la quebrada, una muestra de agua de una fuente hídrica en buen estado y un cultivo de microalgas purificado de <i>Chlorella sp.</i> Posteriormente se realizaron bioreactores para su cultivo y finalmente se pusieron a prueba como biorremediación ex situ de bioaumentación y bioestimulación. Se obtuvieron resultados favorables, ya que los bioreactores respondieron de forma positiva para el cultivo de las diferentes microalgas en condiciones de laboratorio. Así mismo se obtuvo un crecimiento óptimo en la reducción de la carga orgánica en las muestras de agua de la quebrada para cada una de las diferentes algas, sin embargo la más abundante y con mayor cantidad en la utilización de la biorremediación fue <i>Scenedesmus sp.</i> y <i>Cosmarium sp.</i>, siendo candidatos para realizar pruebas más directas.</p>					
3. Objetivo general y objetivos específicos:					
<p>General Diseñar un plan piloto de Biorremediación del recurso agua en la quebrada “La Calavera” mediante la utilización de microalgas</p> <p>Específicos Identificar las posibles especies de microalgas para realizar procesos de remoción de materia orgánica en la quebrada la calavera</p> <p>Realizar un biorreactor para el cultivo de algas de interés en procesos de biorremediación de contaminantes orgánicos en recurso agua dentro de la zona urbana en Floridablanca</p> <p>Elaborar un plan de biorremediación para el recursos agua de la quebrada la calavera mediante el cultivo y utilización de microalgas en laboratorio</p>					
4. Análisis de resultados.					
<p>Dentro de los resultados obtenidos en la investigación se encontró una baja cantidad de especies de microalgas en las aguas de la quebrada “La Calavera”, donde solo 2 de estas presentaron interés en los procesos de biorremediación. Estas microalgas que fue posible el cultivo en laboratorio y que mostraron resultados positivos en procesos de bioestimulación fueron las especies <i>Cosmarium sp</i> y <i>Chlamydomonas sp</i>, estas especies crecieron de forma significativa en un mes con proceso de agregación de nutrientes básicos (N-K-P), siendo unas candidatas ideales para los procesos de biorremediación in situ.</p> <p>Para el caso de <i>Chlorella sp</i> fue posible su cultivo en condiciones de laboratorio, sin embargo es difícil conseguir cepas puras de esta especie, pues en las tiendas especializadas siembre están presente cultivos mixtos de algas y es complicado su purificación. Sin embargo respondió positivamente en los bioreactores con presencia de CO₂, luz artificial y macronutrientes, pero su crecimiento se ve interrumpido por la acidificación del medio de cultivo que debe controlarse.</p> <p>Por último la muestra de agua tomada de una fuente hídrica con gran contenido de algas mostró una diversidad de 10 especies diferentes, desde algas unicelulares, gregarias y filamentosas, destacando la abundante presencia de algas <i>Cosmarium sp</i> y <i>Scenedesmus sp</i>, las cuales presentaron un crecimiento abundante y acelerado en las condiciones de laboratorio donde se</p>					

encontraba el biorreactor, siendo unos candidatos óptimos para su cultivo a gran escala en procesos de biorremediación de agua contaminadas.

En cuanto al biorreactor realizado para los ensayos de cultivo fue ejecutado en el laboratorio de Biología de la coordinación de ingeniera ambiental, en el 4 piso del edificio C. Allí debido a las condiciones de infraestructura se maneja una temperatura cálida dentro del laboratorio, asegurando así temperaturas superiores a las 25 °C y evitando limitaciones logísticas con la temperatura. El biorreactor fue diseñado en un Erlenmeyer de vidrio de 1L y 500ml, a los cuales se les agrego agua destilada y 10gr de suplementos nutricionales (N-K-P), así mismo se agregó 100ml de las muestras de agua con algas procedentes de las 3 fuentes diferentes (quebrada, cultivo especializado y fuente hídrica sana). Para asegurar la presencia de dióxido de carbono y luz para la realización de fotosíntesis y crecimiento de las colonias de algas se suministró de forma artificial luz en ellos espectros rojo y azul que tenía una duración de 12h al día, así mismo se introdujo aireadores eléctricos para mantener en constante movimiento las muestras. De esta manera se produjo de forma eficiente el cultivo de diversas especies de algas, haciendo énfasis en *Chlorella sp*, *Scenedesmus sp*, *Chlamydomonas sp*, y *Cosmarium sp*, destacando que las especies filamentosas no tuvieron éxito en el cultivo de laboratorio.

Según las pruebas de laboratorio realizadas se demostró que las especies mas optimas para el cultivo y posterior supervivencia en las aguas contaminadas de la quebrada “La Calavera” fue *Scenedesmus sp* y *Cosmarium sp*, siendo especies ya utilizadas dentro de procesos biotecnológicos y de biorremediación de aguas debido a su fácil cultivo y resultados positivos en retiro de cargas orgánicas de las fuentes hídricas. Así mismo se determinó que el proceso más eficiente de biorremediación es la utilización de bioaumentación y bioestimulación, ya que al utilizar los dos métodos combinados se obtiene mejores resultados por parte de la proliferación de las especies de algas. Por tal motivo se planteó la propuesta de realizar Biorremediación In situ, cultivando las algas en laboratorio y posteriormente añadirlas junto con nutrientes básicos para su proliferación en la fuente hídrica.

5. Conclusiones:

Según los ensayos de laboratorio, las microalgas mas eficientes para el cultivo y posterior reintroducción en procesos de biorremediación de materia orgánica fueron *Scenedesmus sp* y *Cosmarium sp* ya que presentaron un crecimiento más rápido que el resto de las candidatas y al mismo tiempo resistencia en los procesos de biorremediación, asegurando su supervivencia en las aguas contaminadas para la descomposición de contaminantes orgánicos. Por su parte algas filamentosas o coloniales no resultaron eficientes en proceso de cultivos en laboratorio, siendo mejor opción las especies unicelulares o en consorcios agregados.

EL modelo de biorreactor a pequeña escala realizado en laboratorio dio resultados positivos, en los cuales se introdujo macronutrientes (N-K-P), aireación y luz artificial por 12h, de esta manera se presentó un crecimiento exponencial de las microalgas introducidas allí en corto tiempo, llegando a una densidad del mas del 50% en 40 días. Se destaca la presencia de “películas” algales en la base y paredes de los frascos, donde se presenta una mayor densidad de algas y puede ser una opción mas eficiente pero costosa al momento de biorremediar fuentes hídricas.

El modelo más óptimo para el caso de estudio de la investigación, correspondiente a la descontaminación de materia orgánica de la quebrada “La Calavera” es el proceso de biorremediación combinado bioaumentacion y bioestimulacion in situ, cultivando algas en laboratorio y posteriormente agregándolas a diferentes sectores de la fuente hídrica para su recuperación.

6. Recomendaciones:

Para ampliar el trabajo investigativo se requiere explorar todos los tipos de contaminantes presentes en las aguas de la quebrada la calavera, con el fin de ampliar el proceso de biorremediación y de esta manera realizar una recuperación total de las aguas para este hábitat urbano.

Es necesario ampliar el espectro trabajado de biorremediación con experimentos de mayor tiempo para evaluar a largo plazo como es el comportamiento de las algas, de esta manera evitar una sobrepoblación y posible efectos secundarios sobre este ecosistema acuático.

Es importante realizar procesos de educación ambiental a los barrios que tienen influencia o limitan con la quebrada la calavera con el fin de informar la importancia de estas aguas para la ciudad y de esta manera generar alertas tempranas sobre posibles descargas ilegales de aguas contaminadas.

Para procesos de cultivos de las microalgas a gran escala es fundamental la utilización de la energía solar y eólica para evitar gastos en energía eléctrica para mantener bombas aireadoras y lámparas lumínicas, sin embargo esto depende del área, ubicación geográfica y época del año para obtener resultados positivos, pero aun así se pueden realizar ensayos con el fin de ser pioneros en biotecnología en el departamento de Santander.

7. Bibliografía:

Garbisu, C., Amézaga, I., & Alkorta, I. (2002). Biorremediación y ecología. *Ecosistemas*, 11(3).

Garzón, J. M., Rodríguez-Miranda, J. P., & Hernández-Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y salud*, 19(2), 309-318.

Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, J. A., Delgado-Rios, M., & Martínez-Martínez, A. (2019). Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones. *Biotecnía*, 21(1), 37-44.

Fernández, A. M. A., Arrieta, D. P., & Martínez, N. G. (2023). Biorremediación en Aguas Residuales Acuícolas: Una Revisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8538-8568.

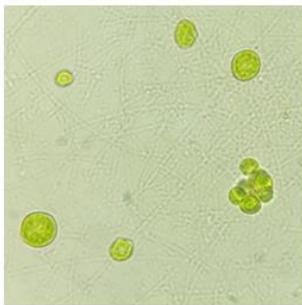
Flórez López, G. L. (2024). Potencial de un consorcio microbiano con predominio de microalgas MPMC en la biorremediación de aguas residuales de la PTAR de Nemocón, Cundinamarca.

Herrera, J. A. S., Malo, B. O. M., Arévalo, J. C. C., & Fernández, D. R. (2018). Evaluación a nivel laboratorio de la capacidad de remoción de materia orgánica de *Chlorella vulgaris* en las aguas residuales de la PTAR Salitre. *Revista Mutis*, 8(1), 34-42.

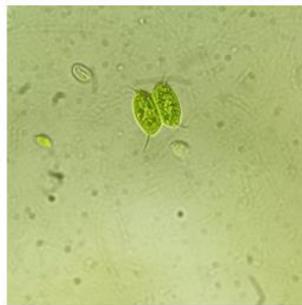
8. Anexos:



Toma de muestras agua quebrada “La Calavera”



Chlorera sp



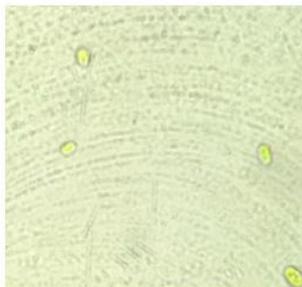
Scenedesmus sp



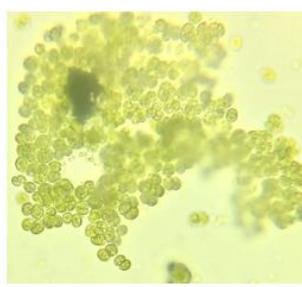
Closterium sp



Oedogonium sp



Chlamydomonas sp



Cosmarium sp



Pinnularia sp



Crucigenia sp

Prueba de Bioestimulación
15 días
30 días





Biorreactores para el cultivo de microalgas en laboratorio

* Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

** PA: Proyecto de Aula, PI: Proyecto integrador, TI: Trabajo de Investigación, RE: Recursos Educativos Digitales Abiertos (REDA)