



Vitalia

Revista Científica y Académica

Vitalia Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay

ISSN en línea: 3005-2610, Edición octubre-diciembre 2024, Volumen 4, Número 4

DOI: <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i4>

Alternativas de Fitorremediación de Humedales en la Zona Costera del Norte Chico en la Provincia de Huaura Departamento de Lima – Perú 2024

*Wetland Phytoremediation Alternatives In The Coastal Area Of
Norte Chico In The Province Of Huaura, Department Of Lima –
Peru 2024*

Juan Manuel Carlos Villarreal
Universidad San Pedro
Perú



<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i4.408>

Alternativas de Fitorremediación de Humedales en la Zona Costera del Norte Chico en la Provincia de Huaura Departamento de Lima – Perú 2024

Wetland Phytoremediation Alternatives In The Coastal Area Of Norte Chico In The Province Of Huaura, Department Of Lima – Peru 2024

Juan Manuel Carlos Villarreal

juanmanu_tigre1606@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0669-3325>

Lic. En educación - Especialidad Biología y Química
Mtr. Ciencias de la Educación - Mención Docencia Universitaria
Medalla de Honor CPDe
Universidad San Pedro
Perú

RESUMEN

En el norte del departamento de Lima - Perú, existen humedales a lo largo de la costa, los cuales representan ecosistemas muy importantes para la conservación de la biodiversidad, tanto por ser hábitat de muchas especies que desarrollan nichos ecológicos y sostienen redes tróficas importantes, como también por ser corredores cruciales en la trayectoria de una variedad de aves migratorias que van de América del Sur hacia América del Norte y viceversa. Estos maravillosos humedales pueden apreciarse a lo largo de nuestra costa peruana, pero fijamos la observación y estudios en la provincia de Huaura, precisamente en el centro poblado de Medio Mundo, en dos humedales del distrito de Vegueta, provincia de Huaura al norte del departamento de Lima en Perú. Así visitamos y medimos parámetros como turbidez, pH y oxígeno disuelto antes y después de aplicar en muestras de agua, tratamientos de fitorremediación a base de la semilla de durazno (*Prunus pérsica*), semilla de lúcuma (*Pouteria lúcuma*) y Carbón activado, aplicados en la laguna Totoritas y Eichhornia crassipes (Lirio acuático) y Phragmites australis (Carrizo común) aplicados en la laguna Albufera de Medio Mundo considerada un área de conservación regional (ACR). Factores como la acidificación de sus fuentes de filtración natural de agua por acción industrial en la zona, la expansión urbana y sus efectos antropogénicos como por ejemplo la actividad industrial avícola de la empresa Redondos S.A que está próxima a los humedales que son objeto de estudio en esta investigación, así como la filtración de salinidad por aumento del nivel del mar, son algunas de las causas del por qué estos ecosistemas sufren modificaciones en sus parámetros físico químicos y por ende afecta a la biodiversidad que se desarrolla en la laguna salobre de 7 km de largo, 206 hectáreas, y 67 hectáreas de pantanos y totorales, formada por filtraciones de origen marino y de la irrigación San Felipe, que dieron origen a un humedal extenso donde se identifican hábitats como: cuerpos de agua, totoral, gramadal, arenal, vega de ciperáceas, zona arbustiva, playas de limo / sarcocornia y litoral marino. Esta investigación tiene el propósito de analizar y proponer alternativas de tratamientos ecosostenibles de biorremediación de muestras de agua de ambas lagunas de estos humedales, a partir de insumos propios de nuestra región y que su aplicación representa una opción que pueda implementarse y emplearse para la recuperación y mejora de las condiciones físico químicas de estos hermosos humedales y así contribuir a la conservación de nuestra biodiversidad, así como a la sostenibilidad de recursos naturales empleados en las actividades económicas – productivas de la población de Medio Mundo quienes a través de la artesanía empleando el junco y la totora, elaboran diversos productos artesanales que son comercializados en la región y todo el país.

Palabras clave: Área de conservación; biodiversidad; laguna; humedal; albufera; ecosostenible; efecto antropogénico; fitorremediación; parámetro físico químico; oxígeno Disuelto; turbidez; pH

ABSTRACT

In the north of the department of Lima - Peru, there are wetlands along the coast, which represent very important ecosystems for the conservation of biodiversity, both for being the habitat of many species that develop ecological niches and support important food webs, such as also for being crucial corridors in the trajectory of a variety of migratory birds that go from South America to North America and vice versa. These wonderful wetlands can be seen along our Peruvian coast, but we set the observation and studies in the province of Huaura, precisely in the populated center of Medio Mundo, in two wetlands in the district of Vegueta, province of Huaura in the north of the department of Lima in Peru. Thus, we visited and measured parameters such as turbidity, pH and dissolved oxygen before and after applying phytoremediation treatments based on peach seed (*Prunus pérsica*), lucuma seed (*Pouteria lucuma*) and activated carbon to water samples, applied in the Totoritas lagoon and *Eichhornia crassipes* (Water lily) and *Phragmites australis* (Common reed) applied in the Albufera lagoon of Medio Mundo considered a regional conservation area (ACR). Factors such as the acidification of its natural water filtration sources due to industrial action in the area, urban expansion and its anthropogenic effects, such as the industrial poultry activity of the company Redondos S.A., which is close to the wetlands that are the object of study in This research, as well as the filtration of salinity due to rising sea levels, are some of the causes of why these ecosystems undergo modifications in their physical and chemical parameters and therefore affect the biodiversity that develops in the 7 km brackish lagoon. long, 206 hectares, and 67 hectares of swamps and reeds, formed by seepage of marine origin and San Felipe irrigation, which gave rise to an extensive wetland where habitats are identified such as: bodies of water, reeds, grassland, sandy area, sedge meadow, bushy area, silt/sarcocornia beaches and marine coastline. This research has the purpose of analyzing and proposing alternatives for eco-sustainable bioremediation treatments of water samples from both lagoons of these wetlands, based on inputs from our region and that its application represents an option that can be implemented and used for the recovery and improvement of the physical and chemical conditions of these beautiful wetlands and thus contribute to the conservation of our biodiversity, as well as the sustainability of natural resources used in activities economic – productive of the population of Medio Mundo who, through crafts using reeds and reeds, produce various artisanal products that are marketed in the region and throughout the country.

Keywords: Conservation area; biodiversity wetland; lagoon; eco-sustainable; anthropogenic effect; phytoremediation; physical chemical parameter; Dissolved oxygen; turbidity; pH

Cómo citar: Carlos Villarreal , J. M. (2024). Alternativas de Fitorremediación de Humedales en la Zona Costera del Norte Chico en la Provincia de Huaura Departamento de Lima – Perú 2024. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano* , 5(4). <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i4.408>

INTRODUCCIÓN

Los diversos humedales entre ellos ríos, lagos, marismas, manglares, arrecifes de coral y lagunas proporcionan son ecosistemas esenciales, así los humedales actúan como fuente y purifican el agua, nos protegen de inundaciones, sequías, brindan alimentos y recursos de producción a poblaciones como es el caso de Medio Mundo, donde la artesanía es una actividad económica importante y sostenible, ya que empleando adecuadamente el junco y la totora, elaboran y luego comercializan diversos productos artesanales que les generan ingresos para sus familias, así pues la importancia de estos humedales radica en que sostienen una rica biodiversidad, son fuente de recursos y son sumideros de CO₂ donde las plantas lo convierten en Carbono orgánico mediante el proceso de fotosíntesis, además de producir oxígeno para el ambiente.

Como parte de los efectos del cambio climático, el crecimiento de población y expansión urbana con sus diversos impactos antrópicos, la actividad industrial como el caso más impactante en la zona, producida por la empresa Redondos S.A dedicada a la avicultura a gran escala productiva y todos los residuos que genera estando muy próximo a la zona de los humedales, el aumento de la demanda de agua; la sostenibilidad de los humedales resulta hoy más crítico que nunca antes, pues precisamente los humedales ubicados en el centro poblado de Medio Mundo en el distrito de Vegueta de la provincia de Huaura en Lima Perú, no son ajenos a esta problemática y vienen sufriendo la alteración de los parámetros físico químicos del agua, que durante años antes sostenían una biodiversidad rica en especies nativas y endémicas, así como a especies migratorias especialmente aves que usan estos humedales como parte de su corredor biológico en su tránsito, entre estos podríamos poner de ejemplo a los vencejos y golondrinas que migran desde el hemisferio sur hasta el hemisferio norte.

Algunos de estos parámetros físico químicos medidos en esta investigación son el nivel de oxígeno disuelto, el pH y el grado de turbidez, que se registraron en ambas lagunas de estos humedales, tanto en la laguna Totoritas como en la laguna e la Albufera de Medio Mundo, antes del tratamiento, así como después del tratamiento de remediación a base de semilla de durazno (*Prunus pérsica*), semilla de lúcuma (*Pouteria lúcuma*) y Carbón activado

El nivel de efectividad de los grupos de tratamientos de remediación aplicados en ambas lagunas, fue bastante bueno, logrando así mejorar las condiciones de oxígeno disuelto, el grado de pH y disminuir el grado de turbidez, según los indicadores de sensores de medición aplicados en muestras de agua de la laguna Totoritas y la laguna Albufera de Medio Mundo, por lo cual después de analizar los resultados, sostenemos y presentamos una propuesta de alternativa viable y eficaz de tratamiento de remediación para estos bellos humedales de nuestra región, que podría ser empleado también en otros humedales del país y otras regiones del mundo.

Objetivo general

Demostrar la eficacia de tratamientos de Fitorremediación de humedales de las lagunas Albufera y Totoritas en el centro poblado de Medio Mundo, distrito de Vegueta provincia de Huaura en el departamento de Lima.

Objetivo Específico

Evaluar la eficacia de tratamientos de remediación para mejorar las condiciones de oxígeno disuelto y pH a base de *Eichhornia crassipes* (Lirio acuático) y *Phragmites australis* (Carrizo común), aplicados en muestras de agua de la laguna Albufera de Medio Mundo-

Evaluar la eficacia de tratamientos de remediación para mejorar las condiciones de turbidez y pH a base de la semilla de durazno (*Prunus pérsica*), semilla de lúcuma (*Pouteria lúcuma*) y Carbón activado, aplicados en muestras de agua de la laguna Totoritas de Medio Mundo-

METODOLOGÍA

Se desarrolló una metodología de tipo experimental utilizando 2 tipos de tratamientos con características fitorremediadores para ambas lagunas, precisando que los agentes remediadores fueron seleccionados de acuerdo a la problemática y tipos de agentes contaminantes o factores que causan la alteración del medio y parámetros físico químicos. Así presentaré los tratamientos para la laguna de la Albufera de Medio Mundo y para la laguna Totoritas ubicada también en Medio Mundo.

La laguna de la Albufera de Medio Mundo altura del Km. 177 de la carretera Panamericana Norte, ubicada en el centro poblado de Medio Mundo, distrito de Vegueta, es considerada como Área de Conservación Regional (ACR). En esta laguna se aplicaron plantas fitorremediadoras: *Eichhornia crassipes* y *Phragmites australis* en frecuencias de 10 repeticiones para reducir el margen de error, durante un periodo de exposición de 28 días, expuestas en el humedal, La investigación constó de las siguientes etapas: primero, la creación de los recipientes donde estarán las plantas (botellas plásticas), segundo, colocar la cantidad de 3.5 L en cada uno de los recipientes; por último, colocamos las plantas en cada uno de los recipientes. Donde se midieron el nivel de pH y OD inicial, por medio de un pH-metro y sensor de OD, considerando el grado de incertidumbre de ± 0.1 mg (OD) y ± 0.01 pH, recopilando niveles iniciales de 8.36 de pH y 3.5 de OD.

La laguna Totoritas se ubica en el KM 168 de la panamericana norte en Medio Mundo, distrito de Vegueta, Así de ella se extrajeron muestras que fueron sometidas a tratamientos de (*Prunus persica*, epispermo de *Pouteria lucuma* y Carbón activado en polvo), resaltando el hecho de que cada variable contuvo diferentes datos en la turbidez, cada una de las subvariables tuvo 10 repeticiones con la finalidad de ayudar a reducir el margen de error. Se recolectaron 40 muestras de 200 ml en la probeta, después se analizó la turbidez de las muestras. De igual

manera, se vertió en cada muestra 200 ml del agua de la laguna que se mezcló con el carbón activado, semilla de lúcumo (*Pouteria lucuma*) y semilla de durazno (*Prunus pérsica*) para evaluar su efectividad en la purificación de agua de la laguna; así se determinará el pH y la turbidez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tratamiento en la Laguna Albufera de Medio Mundo

Experimentación y obtención de datos

Procedimiento:

1. Recolección del agua: Se viajó al ACR Albufera de Medio Mundo para recolectar 70 a más litros de agua.
2. Medición inicial y separación: Medidas iniciales (pH y OD) del agua. Separamos en 20 recipientes de plástico dos grupos de experimentación (10 cada GE), cada muestra tendrá la cantidad de 3.5 litros.
3. Plantación: Se pesó en la balanza digital 50g de cada GE y se colocó las plantas acuáticas en los recipientes.
4. Tiempo: Se midió en un lapso de tiempo de 7 días por 28 días (4 semanas), para apreciar los primeros efectos de las variables.

Grupos experimentales de tratamiento:

Grupo de experimentación N.º 1: Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua/ Lirio acuático)

Grupo de experimentación N.º 2: Fitorremediación con *Phragmites australis* (Carrizo común)

Obtención y procesamiento de datos

Nivel de OD. (Oxígeno disuelto)

Tabla 1

Datos brutos de efectividad de tratamientos para mejorar las condiciones de OD.

Fitorremediación del agua de la laguna de Medio Mundo	Muestras en el agua	Niveles de oxígeno disuelto mg/L ($\pm$ 0.01 mg)			
	Semanas/fechas	S1	S2	S3	S4
Grupo de experimentación N.º 1: Fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua/ Lirio acuático)	Muestra 1	6.04	6.36	6.75	7.06
	Muestra 2	6.29	6.3	6.32	6.33
	Muestra 3	6.37	6.49	6.67	7.1
	Muestra 4	6.81	6.88	6.93	7.08
	Muestra 5	6.34	6.74	6.82	6.82
	Muestra 6	5.78	6.7	6.79	6.9
	Muestra 7	7.04	7.09	7.13	7.26
	Muestra 8	6.4	6.48	6.87	7.05
	Muestra 9	6.95	7.09	7.2	7.42
	Muestra 10	6.47	7.11	7.14	7.61
Grupo de experimentación N.º 2: Fitorremediación con <i>Phragmites australis</i> (Carrizo común)	Muestra 1	4.67	5.3	5.53	6.44
	Muestra 2	5.27	6.88	6.91	7.33
	Muestra 3	5.31	6.64	7.1	7.21
	Muestra 4	5.39	6.33	6.98	6.44
	Muestra 5	5.7	6.2	6.69	6.7

Muestra 6	4.7	6.12	6.62	7.22
Muestra 7	3.7	4.58	6.24	6.8
Muestra 8	4.86	6.2	6.42	7.03
Muestra 9	4.42	6.06	6.19	6.44
Muestra 10	5.27	6.53	6.62	6.92

Nivel de pH.

Tabla 2

Datos brutos de efectividad de tratamientos para mejorar las condiciones de pH.

Fitoremediación del agua de la Albufera de Medio Mundo	Muestras	Niveles de pH (± 0.01 mg)			
	en el agua				
	Semanas/fechas	S1	S2	S3	S4
	Muestra 1	8	7.4	7.11	6.89
Grupo de experimentación N.º 1:					
Fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua/ Lirio acuático)	Muestra 2	7.93	7.47	7.14	6.98
	Muestra 3	8.22	7.79	7.51	7.22
	Muestra 4	8.14	7.87	7.49	7.23
	Muestra 5	8.04	7.18	6.95	6.92
	Muestra 6	7.8	7.31	7.16	7.01
	Muestra 7	8.11	7.6	7.58	7.44
	Muestra 8	7.94	7.43	7.17	7
	Muestra 9	8.1	7.79	7.57	7.12
		8	7.57	7.25	7.09
	Muestra 10				

Grupo de experimentación N.º 2: Fitorremediación con <i>Phragmites australis</i> (Carrizo común)	Muestra 1	7.76	7.43	7.11	6.97
	Muestra 2	8.01	7.69	7.48	7.14
	Muestra 3	7.81	6.65	6.27	6.98
	Muestra 4	7.44	7.13	7	6.92
	Muestra 5	7.88	7.43	7.17	6.94
		7.72	7.49	7.12	6.96
	Muestra 6				
		7.71	7.53	7.28	6.99
	Muestra 7				
		7.85	7.47	7.25	6.98
	Muestra 8				
		7.84	7.49	7.13	6.99
	Muestra 9				
		7.71	7.45	7.12	6.96
	Muestra 10				

Tabla 3

Análisis de los datos de ambos Grupos Experimentales.

Grupos experimentales		Promedio		Desviación estándar	
		Oxígeno disuelto	pH	Oxígeno disuelto	pH
Grupo 1:	Semana 1	6.45	8.03	0.393	0.121
<i>Eichhornia</i>	Semana 2	6.72	7.54	0.311	0.225
<i>crassipes.</i>	Semana 3	6.86	7.30	0.262	0.225

	Semana 4	7.06	7.09	0.348	0.168
Grupo 2:	Semana 1	4.93	7.77	0.585	0.15
<i>Phragmites</i>	Semana 2	6.08	7.38	0.676	0.29
<i>australis.</i>	Semana 3	6.53	7.09	0.463	0.317
	Semana 4	6.85	6.98	0.344	0.0595

Tratamiento en la Laguna Totoritas

Experimentación y obtención de datos

Para el caso de la Laguna Totoritas, emplearemos el trabajo de experimentación en muestras, considerando los parámetros físico químicos de inicio y a los dos grupos de tratamiento establecidos, le insertaremos un grupo control al cual no se le agregará tratamiento a las muestras de agua de la laguna.

Grupos experimentales de tratamiento:

Grupo experimental N°0: Control (GC)

Grupo experimental N° 1: 750g de la semilla de durazno (*Prunus pérsica*) por cada 1000 mL. (G1)

Grupo experimental N° 2: 750 mg de semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) por cada 1000 mL. (G2)

Grupo experimental N° 3: 0.12 mg de carbón activado por cada 100 mL. (G3)

Obtención y procesamiento de datos

Tabla 4

Caracterización de los parámetros fisicoquímicos iniciales

Agua de la Laguna “Las Totoritas” de Medio Mundo		
	pH (± 2) NTU	Turbidez (± 2) NTU
1	7.34	171.1
2	7.34	171.0
3	7.34	169.8
4	7.34	170.9
5	7.34	171.0
6	7.34	171.2
7	7.34	171.5
8	7.34	171.3
9	7.34	171.3
10	7.34	171.1
Promedio	7.34	171.2
Desviación estándar	2.68	1.69

Tabla 5

Datos brutos de la efectividad de tratamientos de remediación contra la turbidez en la laguna “Las Totoritas”

MUESTRA DEL AGUA DE LA LAGUNA			
		Turbidez (± 2) NTU	Turbidez (± 2)
		inicial	NTU
			Final
Grupo experimental	Muestra 1	171.1	170.3
	Muestra 2	171.0	169.1
	Muestra 3	169.8	169.0
Nº0: Control (GC)			

	Muestra 4	170.9	168.4
	Muestra 5	171.0	167.9
	Muestra 6	171.2	166.2
	Muestra 7	171.5	168.8
	Muestra 8	171.3	168.2
	Muestra 9	171.3	165.3
	Muestra 10	171.1	167.9
	Muestra 1	171.2	32.70
	Muestra 2	171.2	29.80
Grupo experimental N°	Muestra 3	171.2	24.30
1: 750g de la semilla de	Muestra 4	171.2	18.40
durazno (<i>Prunus pérsica</i>)	Muestra 5	171.2	24.50
por cada 1000 mL. (G1)	Muestra 6	171.2	24.50
	Muestra 7	171.2	15.90
	Muestra 8	171.2	22.90
	Muestra 9	171.2	18.30
	Muestra 10	171.2	20.10
	Muestra 1	171.2	53.07
Grupo experimental N°	Muestra 2	171.2	55.67
2: 750 mg de semilla de	Muestra 3	171.2	51.90
lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)	Muestra 4	171.2	55.87
por cada 1000 mL. (G2)	Muestra 5	171.2	56.30
	Muestra 6	171.2	54.00
	Muestra 7	171.2	48.30
	Muestra 8	171.2	54.67
	Muestra 9	171.2	56.67
	Muestra 10	171.2	55.27
	Muestra 1	171.2	17.33

Grupo experimental N°	Muestra 2	171.2	11.83
3: 0.12 mg de carbón	Muestra 3	171.2	21.03
activado por cada 100	Muestra 4	171.2	20.90
mL. (G3)	Muestra 5	171.2	12.20
	Muestra 6	171.2	19.60
	Muestra 7	171.2	10.00
	Muestra 8	171.2	17.37
	Muestra 9	171.2	18.40
	Muestra 10	171.2	18.30

Tabla 6

Datos brutos de la efectividad de tratamiento para mejorar el pH en la laguna “Las Totoritas”.

		MUESTRA DEL AGUA DE LA LAGUNA	
		pH (± 2)	pH (± 2)
		inicial	Final
	Muestra 1	7.34	7.34
Grupo experimental	Muestra 2	7.34	7.34
N°0: Control (GC)	Muestra 3	7.34	7.34
	Muestra 4	7.34	7.34
	Muestra 5	7.34	7.34
	Muestra 6	7.34	7.34
	Muestra 7	7.34	7.34
	Muestra 8	7.34	7.34
	Muestra 9	7.34	7.34
	Muestra 10	7.34	7.34
	Muestra 1	7.34	7.25
Grupo experimental N°	Muestra 2	7.34	7.17
1: 750g de la semilla de	Muestra 3	7.34	7.21

durazno (<i>Prunus pérsica</i>)	Muestra 4	7.34	7.22
por cada 1000 mL. (G1)	Muestra 5	7.34	7.15
	Muestra 6	7.34	7.16
	Muestra 7	7.34	7.18
	Muestra 8	7.34	7.21
	Muestra 9	7.34	7.21
	Muestra 10	7.34	7.17
Grupo experimental N° 2: 750 mg de epispermo de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) por cada 1000 mL. (G2)	Muestra 1	7.34	5.86
	Muestra 2	7.34	5.87
	Muestra 3	7.34	5.90
	Muestra 4	7.34	5.86
	Muestra 5	7.34	5.88
	Muestra 6	7.34	5.88
	Muestra 7	7.34	5.89
	Muestra 8	7.34	5.88
	Muestra 9	7.34	5.87
	Muestra 10	7.34	5.89
Grupo experimental N° 3: 0.12 mg de carbón activado por cada 100 mL. (G3)	Muestra 1	7.34	6.30
	Muestra 2	7.34	6.32
	Muestra 3	7.34	6.05
	Muestra 4	7.34	7.22
	Muestra 5	7.34	6.09
	Muestra 6	7.34	5.93
	Muestra 7	7.34	6.18
	Muestra 8	7.34	6.16
	Muestra 9	7.34	6.24
	Muestra 10	7.34	6.03

DISCUSIÓN

Con respecto a los tratamientos aplicados en la laguna Albufera de Medio Mundo

La metodología experimental aplicada en el ACR de la Albufera de Medio Mundo, implicó la visita constante y contacto con este majestuoso ecosistema, haciendo que el trabajo de campo además del interés científico, sea placentero y saludable, aprovechando el tiempo los fines de semana y así garantizar un trabajo de muestreo y recolección de datos fiables con respeto a la aplicación de remediadores en la laguna.

En otras investigaciones estos remediadores demostraron ser eficaces como actor fitorremediador en los cuerpos de agua donde disminuyó notablemente la DBO y pH, mejor que otras especies como *Colocasia esculenta* (Medina; 2022; p.73-74). Es evidente que tiene grandes factores de fitorremediación y el OD lo elevó una media de 6.85, siendo menos efectivo. A pesar de ello, disminuyó el nivel de pH a una media de 6.98.

Alguna limitación a considerar podría ser referente al *Eichhornia crassipes*, donde su influencia en el OD es discutible, pues en algunos lugares es una plaga, donde se propaga rápidamente, limitando a las plantas sumergidas y flotantes en los cuerpos de agua, mermando el OD (Carrión et al., 2012, p. 1). Se expone que impide el desarrollo de otras especies, provocando que la radiación solar no se desarrolle en el agua, consiguando la reducción de la fotosíntesis marina, siendo una perspectiva en contra. Sin embargo, Enriquez (2019) señala que en su experimentación hubo un aumento del OD y la variación del pH demora, por tardar en proliferarse para permitir la fotosíntesis y generar oxígeno (p. 35). Por tal motivo, es necesario la adaptación del GE1 para un cambio en los parámetros, aunque su descomposición ocasione mayor DBO, su regulación y su efecto implica el aumento de OD. En este caso fue valiosa la investigación, donde el OD inicial fue de 3.5 y lo aumento en una media de 7.06 y hubo un pH inicial 8.36 donde lo disminuyó en una media de 7.11.

Con respecto a los tratamientos aplicados en la laguna Albufera de Medio Mundo

El trabajo de campo realizado en la laguna Las Totoritas, no fue la excepción, aunque más pequeña y más joven que la Albufera de medio Mundo, también presenta una variada biodiversidad tanto de flora como de fauna, haciendo que los días de visita de campo sean agradables y hasta recreativos por el contacto con la naturaleza. Muchas de las especies u organismos que se mantienen en estos ecosistemas acuáticos de humedales son seleccionados por compartir un gradiente de pH cuyos valores se aproximen a 7.0 (por ejemplo, de entre 6.5 y 7.5). Afortunadamente, muchos de nuestros peces, invertebrados y plantas acuáticas de agua dulce toleran de buen grado este rango (*La Importancia Del pH En Nuestro Acuario Factor N° 1*, 2023, párr. 48). En comparación con esta investigación, el rango del pH varía desde 5.86 a 7.25, donde se muestra que es adecuada para el agua dulce en esta ocasión la laguna Las Totoritas de Medio Mundo.

La tendencia con los tratamientos propuestos como remediadores muestran que pueden mejorar los niveles de pH, reduciendo cierta alcalinidad y también reducir el grado de turbidez, contrastando así otros estudios antes mencionados que también lograron ciertas variaciones pero en menor grado alcanzado con respecto a la presente investigación.

CONCLUSIONES

Conclusiones sobre los tratamientos aplicados en la laguna Albufera de Medio Mundo

Según se aprecia y analiza los resultados, éstos evidencian la efectividad del método de fitorremediación utilizando las especies *Phragmites australis* y *Eichhornia crassipes*, exponiéndolos en las condiciones acuáticas del ACR Albufera de Medio Mundo, observando la mejora en los niveles de oxígeno disuelto y pH. Se pudo observar y registrar que a pesar de que el grupo experimental¹ con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua/ Lirio acuático) tiene mayor capacidad de fitorremediación inicialmente, el grupo experimental 2 a base de

Phragmites australis (Carrizo común) durante su periodo de crecimiento alcanzó resultados similares. Sin embargo, el grupo experimental 1 tuvo mayor efectividad en incrementar el nivel de oxígeno disuelto y el grupo experimental 2 mayor efectividad en reducir el nivel de pH. Esto puede deberse a las propias particularidades de adaptación, quienes posiblemente pudieron influir en la efectividad en distintos parámetros, siendo más eficaz el grupo experimental 2 por su adaptación.

Así podemos afirmar que ambas alternativas o grupos de tratamiento pueden resultar viables para mantener los parámetros físico químicos adecuados del agua de la Albufera de Medio Mundo; no obstante, resulta ser más adecuado el *Phragmites australis*, por lo cual se sugiere utilizarla como posible solución, debido a sus propiedades y capacidades de adaptación y fitorremediador. Por ello, se puede concluir que las especies *Phragmites australis* y *Eichhornia crassipes* influyen en gran medida para mejorar la calidad del agua del ACR Albufera de Medio Mundo, en especial la especie *Phragmites australis* por su capacidad de adaptación y resultado eficaz como fitorremediador.

Conclusiones sobre los tratamientos aplicados en la laguna Totoritas de Medio Mundo

Habiendo aplicado una metodología experimental y una secuencia de 10 repeticiones en las muestras de agua de la laguna Las Totoritas, se evidencia la efectividad de tres métodos eco-amigables para la purificación del agua en la laguna, donde se aplicaron semillas de durazno (*Prunus persica*), semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y carbón activado, los cuales han mostrado resultados significativos en la reducción de la turbidez y la mejora del pH del agua. Los datos obtenidos evidencian que tanto las semillas de durazno (*Prunus persica*) como el carbón activado son altamente efectivos en la reducción de la turbidez.

Las semillas de durazno (*Prunus persica*) lograron una reducción de turbidez de hasta el 89%, mientras que el carbón activado alcanzó una efectividad del 90%. La semilla de lúcuma

(*Pouteria lucuma*) también mostró una notable capacidad de purificación, aunque su efectividad fue ligeramente inferior en comparación con los otros dos métodos.

Con respecto al nivel de efectividad del pH en la laguna, resalta la disminución del grado de pH de 7.34 a 5.88 por acción remediadora del grupo experimental N° 2: de semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*). Así también el grupo experimental N°3 con carbón activado disminuyó el pH de 7.34 a 5.93 y el grupo experimental N°1 a base de semilla de durazno (*Prunus pérsica*) apenas logró una disminución de 7.34 a 7.16 de pH.

Agradecimiento

Mi agradecimiento a la Municipalidad del Centro Poblado de Medio Mundo por las facilidades de acceso a los humedales y guía de recorrido, al equipo de estudiantes del Colegio de Alto Rendimiento Lima Provincias quienes participaron en visitas de estudio y en mediciones de parámetros físico químicos, a mis tres hijas Katherine, Mariana, Nazareth e Ismael, por ser mi motivación constante y a Dios por permitirme realizar esta investigación y publicación propuesta como alternativa de mejora en humedales de mi región y querida provincia de Huaura - Huacho

LISTA DE REFERENCIAS

- Barbarán-Silva, H., López-Chávez, J., & Chico-Ruiz, J. (2017, 30 de diciembre). *REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD DE AGUA CON COAGULANTES NATURALES OBTENIDOS DE SEMILLAS DE DURAZNO (*Prunus persica*) Y PALTA (*Persea americana*)*.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2611>
- Empresa Peruana de Servicios Editoriales S. A. EDITORA PERÚ. (2021, 10 de enero). *Científicos extraen aceite nutracéutico y resina biodegradable de semillas de lúcuma*.
<https://andina.pe/agencia/noticia-cientificos-extraen-aceite-nutraceutico-y-resina-biodegradable-semillas-lucuma-829233.aspx>

- Enriquez I. (2019). *Comparación de la eficiencia de Eichhornia crassipes y Lemna minor para mejorar la calidad del agua residual de una planta agroindustrial*. Repositorio Institucional - UCV. Consultado el 15 de junio de 2024. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_0c74e40153772f57862a2dece22063a4/Description
- Chaves Contreras, J. P., & Franceschi Arrieta, M. R. (2019). *Eficiencia de remoción de materia orgánica mediante carbón activado, en agua residual de la industria lechera* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/990/Chaves%20Cojjesionid=653A99E4173DDA913F9AFF064F5037CC?sequence=1>
- Gobierno Regional de Lima provincias, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (año 2014). *Plan Maestro 2015 – 2019 AR Albufera de Medio Mundo*. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-lima/archivos/public/docs/plan_maestro_acramm.pdf
- Limongi, J. M., & Mendoza, C. M. (2022, 19 de noviembre). *Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (Vicia faba) y durazno (Prunus persica) en la potabilización del agua*. http://portal.amelica.org/ameli/journal/215/2152932006/html/#redalyc_2152932006_ref1
- Medina L. (2022). *Tratamiento de aguas residuales domésticas con las especies colocasia esculenta “pituca” y phragmites australis “carrizo” en el centro poblado Huayán-Huaral*. Consultado el 15 de junio de 2024. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7208>
- Muñoz Cerna, C. M. y Rubiano Casas, N. S. (2020). Evaluación experimental de la eficiencia de un sistema de fitorremediación, como propuesta para la recuperación de la calidad

del agua en la zona limitada entre la carrera 25 sur y carrera 28 sur del humedal El Tunjo [Trabajo de Grado, Universidad de la Salle]. Repositorio de la Universidad de La Salle. Consultado el 12 de junio de 2024.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1930

Prado, J. (2018). *Análisis comparativo de dos operadores turísticos en el ACR Albufera de Medio Mundo, Lima - Perú. Revista Forestal del Perú*, 34(2), 172. Consultado el 26 de noviembre de 2023. <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1328>

Silupu Macalupu, A. D. (2022). Lemma minor y Eichhornia crassipes como fitorremediadores para tratamiento de aguas residuales de la Laguna Centro Poblado Loma Negra - Piura 2022. Repositorio Institucional - UCV. Consultado el 11 de junio de 2024.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/113630>

Vidal M. (2017). *Modelamiento Dinámico del Área de Conservación Regional Albufera De Medio Mundo para identificar las actividades antrópicas en el periodo 2007- 2017 Distrito de Vegueta, Provincia de Huaura 2017*. En Universidad César Vallejo. Consultado el 27 de noviembre de 2023. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12612>