



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE Pb (II) Y
Cu (II) DEL ALGA *Spirogyra sp* A PARTIR DE AGUA CON ALTAS
CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS, A NIVEL
LABORATORIO – 2014.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR:

Katherine Judith Bocanegra Uturnco.

ASESOR:

Mg. Elmer Benites Alfaro.

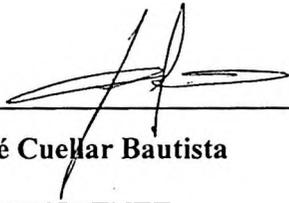
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales.

LIMA – PERÚ

2014

PAGINA DEL JURADO



José Cuellar Bautista

PRESIDENTE



Sabino Muñoz Ledesma

SECRETARIO



Máximo León Zevallos

VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, mi familia, amistades y todas aquellas personas que hayan hecho posible cumplir con el objetivo trazado en esta investigación, gracias a ellos por su constante apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi especial agradecimiento a quienes han contribuido en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis padres, por siempre haber fomentado las bases de la responsabilidad y dedicación en mí. Por su constante apoyo y sus palabras de aliento. Y sobre todo por ser mi ejemplo de superación.

A mis asesores, en primer lugar al Ingeniero Elmer Benites, por el conocimiento compartido, por el apoyo respecto al rumbo que debería tomar esta investigación. A los Ingenieros Wilber Quijano y Omar Vasquez por sus consejos y aportes.

A Daniel Neciosu, encargado del laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo por su paciencia y aportes para llevar a cabo la parte experimental de la investigación.

A Ronald Tarazona Delgado, Bachiller en biología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por que sin él no habría sido posible identificar el alga que fue objeto de estudio en el presente trabajo.

Al Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa (PROHVILLA) por haberme brindado las facilidades y apoyo a lo largo de la etapa de campo de dicha investigación.

Finalmente, a todos aquellos involucrados y que fueron pieza importante para que esta investigación se realice.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **BOCANEGRA UTURUNCO, KATHERINE JUDITH** con DNI N° 70021813, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 19 de Mayo del 2015.

Bocanegra Uturunco, Katherine Judith

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado;

Actualmente, la presencia de metales pesados en cuerpos de agua superficial es un problema bastante grave tanto que en determinadas circunstancias degrada el medio ambiente e incluso, causa daños directos en el ser humano y ya que estos no son biodegradables surge la necesidad de reducir sus concentraciones de tal manera que no sobrepasan lo establecido por la normativa ambiental vigente. Por lo expuesto, se pone a vuestra consideración la tesis que lleva por título “Evaluación de la Capacidad de remoción de Pb (II) y Cu (II) del alga *Spirogyra sp* a partir de agua con altas concentraciones de metales pesados a nivel laboratorio – 2014” como requisito para la obtención del título profesional o grado académico de Ingeniero Ambiental. La presente, tiene como objetivo servir de base a los estudiantes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería ambiental en futuras investigaciones, así mismo, promover la aplicación de *Spirogyra sp* en tratamientos de aguas residuales a mayor escala por lo que se detalla la metodología y los materiales involucrados en este proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. PROBLEMA	27
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	28
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	28
1.2. HIPÓTESIS.....	28
1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	28
1.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	28
1.3. OBJETIVOS.....	29
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	29
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
II. MARCO METODOLÓGICO	30
2.1. VARIABLES	30
2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	30
2.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE	30
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	31
2.3. METODOLOGÍA	32
2.4. TIPOS DE ESTUDIOS	32
2.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.5.1. ETAPA DE CAMPO	33
2.5.2. ETAPA DE GABINETE	34
2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	34
2.6.1. POBLACIÓN.....	34
2.6.2. MUESTRA	34
2.6.3. MUESTREO.....	34
2.6.4. CRITERIOS DE INCLUSION	35
2.6.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	36
2.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
2.7.1. OBSERVACIÓN.....	36
2.7.3. DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	37
2.7.3.1. CONFIABILIDAD DE FICHA DE OBSERVACIÓN	37
2.7.3.2. CONFIABILIDAD DEL ANÁLISIS FISIQUÍMICO	38
2.7.4. CONFIABILIDAD DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CU (II) Y PB (II) EN LAS MUESTRAS.....	38
2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	38
2.8.1. CRITERIOS DEL DISEÑO	39
2.8.2. ENSAYO DE REMOCIÓN.....	44

2.8.3. ENSAYO DE BIOSORCIÓN.....	46
III. RESULTADOS.....	48
3.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	48
3.1.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
IV. DISCUSIÓN.....	66
4.1. EL EFECTO DEL PH EN LA REMOCIÓN DE CU (II) Y PB (II) POR <i>SPIROGYRA SP</i>	66
4.2. REMOCIÓN DE CU (II) Y PB (II) POR <i>SPIROGYRA SP</i> EN FUNCIÓN DEL PESO DEL BIOSORBENTE A CONCENTRACIONES ESTÁNDARES DE CU (II) Y PB (II)	67
4.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CONTACTO BIOSORBENTE – TRATAMIENTOS.....	67
4.4. VIABILIDAD	68
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N ^o 1 – OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	31
TABLA N ^o 2 – PUNTOS DE MUESTREO ALGA <i>SPIROGYRA SP.</i>	35
TABLA N ^o 3 – MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS	37
TABLA N ^o 4 – DISEÑO EXPERIMENTAL DE ENSAYO DE REMOCIÓN	39
TABLA N ^o 5 – ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – MEDIOS CON PB (C ₂ H ₃ O ₂) ₂	41
TABLA N ^o 6 – ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – MEDIOS CON CU ₂ SO ₄	42
TABLA N ^o 7 – DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LOS ENSAYOS DE REMOCIÓN CON EL ALGA <i>SPIROGYRA SP.</i>	43
TABLA N ^o 8 – MEDIOS CON SULFATO DE COBRE (CUSO ₂) Y ACETATO DE PLOMO (PB (C ₂ H ₃ O ₂) ₂)	45
TABLA N ^o 9 – ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL	48
TABLA N ^o 10 – ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL	50
TABLA N ^o 11 – EFECTO DEL PH EN LA REMOCIÓN DE CU (II) CON <i>SPIROGYRA SP.</i>	55
TABLA N ^o 12 – EFECTO DEL PH EN LA REMOCIÓN DE CU (II) CON <i>SPIROGYRA SP.</i>	55
TABLA N ^o 13 – ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN FINAL DE CU (II) Y PB (II)	57
TABLA N ^o 14 – COMPARACIÓN CONCENTRACIÓN INICIAL – CONCENTRACIÓN FINAL, 20 ± 2 ^o C	57
TABLA N ^o 15 – COMPARACIÓN CONCENTRACIÓN INICIAL – CONCENTRACIÓN FINAL, 20 ± 2 ^o C	58
TABLA N ^o 16 – EFECTO DE LA BIOMASA SOBRE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN	59
TABLA N ^o 17 – CANTIDAD DE IONES RETENIDOS POR EL ALGA <i>SPIROGYRA SP.</i>	60
TABLA N ^o 18 – PROCESO DE LINEARIZACIÓN	60
TABLA N ^o 19 – PROCESO DE LINEARIZACIÓN	61
TABLA N ^o 20 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: TRATAMIENTOS, CONCENTRACIÓN DE CU (II)	62
TABLA N ^o 21 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: TTO, REMOCIÓN PB (II)	62
TABLA N ^o 22 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: TRATAMIENTOS, OD (MG/L) PB (II)	63
TABLA N ^o 23 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: FILAS DE LA HOJA DE TRABAJO, OD CU (II)	64
TABLA N ^o 24 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: TRATAMIENTO, PH PB (II)	64
TABLA N ^o 25 – PRUEBA CHI-CUADRADA PARA ASOCIACIÓN: TRATAMIENTO, PH CU (II)	65

TABLA DE FIGURAS

FIG. N° 1. DIMENSIONES DEL ACUARIO DE TRATAMIENTO	40
FIG. N° 2. ACUARIOS EN LABORATORIO.....	40
FIG. N° 3. ENSAYO BIOLÓGICO.....	45
FIG. N° 4. COMPORTAMIENTO DE PH SIN Y CON BIOMASA HÚMEDA DE <i>SPIROGYRA SP</i> PH INICIAL, PH FINAL.....	49
FIG. N° 5. COMPORTAMIENTO DE PH SIN Y CON BIOMASA HÚMEDA DE <i>SPIROGYRA SP</i> PH INICIAL, PH FINAL.....	50
FIG. N° 6. EVALUACIÓN DEL PH EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE CU (II).....	51
FIG. N° 7. EVALUACIÓN DEL OD EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE CU (II).....	52
FIG. N° 8. EVALUACIÓN DEL CE EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE CU (II).....	52
FIG. N° 9. EVALUACIÓN DEL PH EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE PB (II).....	53
FIG. N° 10. EVALUACIÓN DEL OD EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE PB (II).....	54
FIG. N° 11. EVALUACIÓN DEL CE EN RELACIÓN AL PERIODO DE TRATAMIENTO DE PB (II).....	54
FIG. N° 12. CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CU (II) VS PH.....	55
FIG. N° 13. CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE PB (II) VS PH.....	56
FIG. N° 14. REMOCIÓN DE PB CON BIOMASA HÚMEDA DE <i>SPIROGYRA SP</i> 14 DÍAS, $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	57
FIG. N° 15. REMOCIÓN DE CU CON BIOMASA HÚMEDA DE <i>SPIROGYRA SP</i> 14 DÍAS, $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	58
FIG. N° 16. EFECTO DE LA BIOMASA SOBRE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN.....	59
FIG. N° 17. FORMA LINEAL DE LA ISOTERMA.....	61
FIG. N° 18. FORMA LINEAL DE LA ISOTERMA.....	61

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la capacidad del alga *Spirogyra sp* para remover Cobre (II) y Plomo (II) de seis muestras de agua con altas concentraciones de metales pesados bajo condiciones de laboratorio. La biomasa fue proporcionada por el Refugio de Vida Silvestre "Pantanos de Villa", biomasa que posteriormente fue dividida y aplicada en cantidades pre establecidas en solución. La capacidad de retención de Pb (II) y Cu (II) se determinó en tres muestras con 250 mg/L de sulfato de cobre (CuSO_4) y otras tres con 250 mg/L de acetato de plomo ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$). La remoción de Pb (II) y Cu (II) estuvo directamente relacionada a las características fisicoquímicas, las concentraciones en solución de ambos metales, y la cantidad de biomasa húmeda empleada. Para verificar cambios en el medio se realizó un biomonitoreo dirigido de las muestras de agua contaminada, registrando valores diarios de oxígeno, conductividad, sólidos totales en solución, temperatura y pH. Se evaluaron tres cantidades de biomasa húmeda: 20, 30 y 40 g, con un tiempo mínimo de tratamiento de catorce días bajo ciclos de luz/oscuridad las 24 horas y en condiciones aerobias. Las pruebas revelaron que las células del alga se saturaban a una concentración equilibrio de > 9 mg/L (Pb) > 15 mg/L (Cu) en promedio con porcentajes de remoción de 91.24%, 90.88% y 98.78% para Pb (II). De igual manera, se obtuvo porcentajes de remoción de 78.63%, 75.88% y 74.79% para Cu (II). Las concentraciones de Pb (II) y Cu (II) efectivamente disminuyeron significativamente respecto del control mostrando un factor de concentración bastante alto para los dos metales. Factores como el pH favorecieron la remoción de estos metales. Sin embargo, se observó mayor afinidad por Pb (II). Los resultados indicaron la posibilidad de utilizar *Spirogyra sp* en programas de tratamiento de aguas residuales.

Palabras Clave: Metales pesados, *Spirogyra sp*, Remoción, Cobre, Plomo, Agua residual.

ABSTRACT

This study's main objective was to evaluate the ability of the alga *Spirogyra sp* to remove Copper (II) and Lead (II) in six water samples with high concentrations of heavy metals under laboratory conditions. The biomass was provided by the Wildlife Refuge "Villa Wetlands" and it was subsequently divided and applied in solution. The retention capacity of Pb (II) and Cu (II) was determined in three samples with 250 mg/L of copper sulfate (CuSO_4) and three other samples with 250 mg/L of lead acetate ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$). Removal of Pb (II) and Cu (II) was linearly related with physicochemical characteristics, both metals concentrations in solution, and the amount of wet biomass. To verify changes we carried out a focused sampling of waste water, monitoring values of oxygen, conductivity, total dissolved solids, temperature and pH. We tested three quantities of wet biomass: 20, 30 and 40 g, with minimum treatment time of fourteen days under light / dark cycles 24 hours a day in aerobic conditions. Tests revealed that the algal cells were saturated at equilibrium concentration of $> 9 \text{ mg/L}$ (Pb) $> 15 \text{ mg/L}$ (Cu) with removal percentages of 91.24%, 90.88% and 98.78% for Pb (II). Similarly, removal percentages of 78.63%, 75.88% and 74.79% for Cu (II) were obtained. The test concentrations of Pb (II) and Cu (II) significantly decreased regarding the control with a rather high concentration factor for both metals. Factors such as pH favored the removal of these metals. However, we observed higher affinity for Pb (II). The results indicated the possibility of using *Spirogyra sp* in wastewater treatment programs.

Keywords: Heavy metals, the algae *Spirogyra sp*, Biosorption, Copper, Lead, Waste water.