



# UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES

RENOVABLES

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

“EVALUACIÓN DE *Cyperus luzulae*, EN LA REMOCIÓN DE CIANURO EN  
CONDICIONES DE LABORATORIO”

**AUTORAS:** Karla Fernanda Montesdeoca Hernández

**DIRECTOR:** Biol. Oquendo Renato MSc.

**ASESORES:** Ing. Santiago Cabrera MSc.

Ing. Elizabeth Velarde MSc.

Ing. Mónica León MSc.

Ibarra – Ecuador

2019

## **DATOS INFORMATIVOS**



**APELLIDOS:** Montesdeoca Hernández

**NOMBRE:** Karla Fernanda

**C. CIUDADANÍA:** 1003611389

**TELEFONO CELULAR:** 0968572787

**CORREO ELECTRÓNICO:** valentína\_050793@hotmail.com

**DIRECCIÓN:** Bartolomé García 5-92 y José Miguel Leoro

**AÑO:** 2019

# EVALUACIÓN DE *Cyperus luzulae*, EN LA REMOCIÓN DE CIANURO EN CONDICIONES DE LABORATORIO

**Karla Montesdeoca\*1, Renato Oquendo**

1Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Av. 17 de julio 5-21 y José Córdova, Ibarra-Ecuador Teléfono: 00593-6-2997800

\*Autor correspondiente: e-mail: [karlaamilet@gmail.com](mailto:karlaamilet@gmail.com)

## Resumen

El cianuro es un compuesto altamente nocivo para la salud de los organismos vivos, proponer alternativas para su remoción como resultado de su uso en procesos de minería, es de prioridad para la recuperación de los tranques de relaves mineros. Por cuanto, el objetivo de esta investigación es evaluar la capacidad de absorción de cianuro por los rizomas de *Cyperus luzulae* en condiciones controladas de laboratorio. Durante el experimento, la especie en estudio fue expuesta a concentraciones de 5, 7 y 10 partes por millón de cianuro respectivamente, además se proporcionó condiciones ambientales controladas como intensidad de luz, temperatura, humedad y aireación. *C. luzulae* fue caracterizada taxonómicamente en base a la bibliografía para conocer sus características fitorremediadora. Al término del desarrollo del experimento se realizó un análisis para cuantificar la concentración de cianuro absorbida en los rizomas de la especie en base a un análisis de extracción y fotometría. La cuantificación de la concentración de cianuro dio como resultado que se bioacumula entre 0,0134 y 0,0410 ppm de cianuro, demostrando que a mayor exposición de concentración de cianuro *C. luzulae* bioacumula mayor cantidad del contaminante en sus raíces. También se realizó mediciones de pH del medio nutritivo en el que se encontraba la especie, donde se verificó que en el transcurso del tiempo del ensayo el pH paso de un medio ácido a un medio neutro, mejorando la calidad del medio circundante.

**Palabras clave:** *Cyperus luzulae*, fitorremediación, contaminación, metales pesados.

Cyanide is a highly harmful compound, by proposing alternatives for its removal as a result of its use in mining processes it is a priority for the recovery of tailings dams. The objective of this research is to evaluate the capacity of cyanide absorption by the rhizomes of *Cyperus luzulae* under controlled laboratory conditions. During the experiment, the species was exposed to concentrations of 5, 7 and 10 parts per million of cyanide, as well as controlled environmental conditions such as light intensity, temperature, humidity and aeration. *C. luzulae* was taxonomically characterized based on the bibliography to know its phytoremediating characteristics. At the end of the experiment an analysis was carried out to quantify the concentration of cyanide absorbed in the rhizomes of the species based on an analysis of extraction and photometry. The quantification of the cyanide concentration showed a bioaccumulation of 0.0134 and 0.0410 ppm of cyanide, showing that at a greater exposure of

Cyanide concentration *C. luzulae* bioaccumulates more contamination accumulates in its roots, pH measurements of the nutrient medium were made the species was found, it was verified that during the test time the pH passed from an acidic medium to a neutral medium, improving the quality of the surrounding medium.

**Key words:** *Cyperus luzulae*, phytoremediation, contamination, heavy metals.

## INTRODUCCION

La minería a nivel mundial es considerada una actividad industrial de obtención de recursos, para el abastecimiento a la población de materia prima, destinados al desarrollo de tecnologías (Ayala y Vadillo, 2004). En el Ecuador esta actividad es incipiente, únicamente se abastece al resto del mundo, tomando en cuenta que la minería a pequeña escala en nuestro país cubre un 83% de toda la explotación a nivel nacional (Cornejo, Peralta, Carrión y González, 2000). Sin embargo, las actividades antropogénicas de esta práctica han tenido graves implicaciones medioambientales dejando zonas contaminadas que afectan a la biodiversidad y al medio físico, debido a la alta toxicidad de metales pesados descargados en el medio; la mayor evidencia de contaminación se refleja en la degradación de recurso hídrico utilizado en todos los procesos industriales y domésticos, seguido por la acidificación de los suelos (Anchundia, Moina, Naranjo, y Barcos, 2017).

Los procesos implicados en un circuito de beneficio generan descargas de contaminación a través de la creación de piscinas de relaves y pozas de agua residual (Peña, Van, Ginneke y Madera, 2003). La descarga de grandes cantidades de relaves da paso a la liberación de los metales pesados a través de un proceso denominado drenaje ácido de mina (DAM), los DAM contienen sulfatos y metales disueltos (López, Aduvire y Baretino, 2002).

En la parroquia García Moreno, cantón Santa Ana de Cotacachi, se encuentra

ubicada la Empresa de explotación aurífera agroindustrial “El Corazón” S.A., en la concesión minera El Corazón los tranques de relaves artificiales se encuentran enriquecidos antropogénicamente por metales pesados donde se ha evidenciado el crecimiento de diferentes especies de plantas, entre ellas *Cyperus luzulae*. En el área de estudio la falta de manejo de las piscinas artificiales ha generado un problema de contaminación; por lo tanto, la presente investigación se centra en encontrar una alternativa para el tratamiento de agua y suelo contaminados a través de evaluar la capacidad de absorción de cianuro por las raíces de *C. luzulae*, a través de la caracterización taxonómica de la especie *C. luzulae* como fitorremediadora y la cuantificación de la concentración de cianuro absorbida en los rizomas de *C. luzulae* en base a un análisis de extracción y fotometría.

## MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se base en el método científico, para que sea válido, se realizó técnicas como la observación, recopilación de datos base, formulación de hipótesis y análisis de resultados. Esta investigación aportó con datos y conocimiento a la investigación científica.

El desarrollo del estudio se lo realizó en dos fases:

Fase de campo para la caracterización taxonómica de la especie *Cyperus luzulae* como fitorremediadora se realizó una salida de campo al área de estudio, para la

recolecta de ejemplares de *C.luzulae* donde se procedió con un protocolo que se detalla a continuación:

- Ubicación de cobertura vegetal, color y textura del suelo.
- Selección de ejemplares en buenas condiciones fitosanitarias, libres de síntomas de fitotoxicidad.
- Seleccionar plantas con partes maduras (hojas, tallos, raíces, flores, frutos u otras estructuras reproductivas) bien desarrolladas.
- Retener tanto del sistema radicular como sea posible. Remover el exceso de sustrato, pues este puede causar malformaciones y deterioro en algunas plantas.
- Conforme se recolectan los ejemplares asignarles un número de recolecta.
- Siembra de los ejemplares en un nuevo medio nutritivo de abono casero marca Flora Gard.
- Adaptación de las muestras a un periodo de aclimatación de 10 días.
- La biomasa debe sujetarse a condiciones físicas ambientales como: fotoperiodo de 12 horas de luz solar y 12 horas de oscuridad, temperatura de aire ambiente aproximadamente de 20 °C, Humedad relativa del 60 % aproximadamente, aireación constante para lo cual se utilizó un sorbete que realizó la función de recolector de gases de la base y aireación permanente del sistema.

Fase de laboratorio para cumplir con el segundo objetivo específico se realizó el establecimiento del diseño experimental para la cuantificación de la concentración de cianuro absorbido en los rizomas de *Cyperus luzulae* en base a un análisis de extracción y

fotometría donde se realizó el siguiente procedimiento:

- Establecimiento del diseño experimental, en base a un sistema con cianuro de 9 unidades experimentales de 3 plántulas cada uno para los diferentes tratamientos, los cuales constaron de 5, 7 y 10 ppm de cianuro y un tratamiento testigo siendo una unidad experimental compuesta solamente de plantas y sustrato.
- Preparación y aplicación del contaminante (cianuro), a partir de las diluciones realizadas de un compuesto de ferrocianuro de potasio al 10%  $\{K_4[Fe(CN)_6]\}$ ; para lo cual se relacionó el peso total de la molécula entre el peso atómico, determinando la cantidad exacta de  $CN^-$  en el compuesto de ferrocianuro de potasio, se preparó una solución a 100 ppm de cianuro. Posterior se realizaron las diluciones para las diferentes concentraciones de 5, 7 y 10 ppm de  $CN^-$ .
- Medición de pH del sustrato, en tres momentos del experimento, es decir al inicio, a la mitad del ensayo y al finalizar el contacto de las plantas al sustrato expuesto al contaminante
- Cosecha de las plantas, poda y lavado de las raíces, empaquetado de rizomas expuestos al cianuro, para ser llevados al laboratorio para realizar un;
- Secado de los rizomas a 40°C en mufla por dos días para retirar el exceso de humedad.
- Traslado de muestras al laboratorio de Oferta Servicios y Productos de la Universidad Central del Ecuador para la realización del pesaje de las

muestras secas y calibración de equipos.

- La cuantificación de la concentración de cianuro absorbido por *C. luzulae* fueron evaluadas a través de un análisis de extracción y fotometría que comprendía en: el pesaje de cada una de las repeticiones las cuales pesaban alrededor de 100 gr en peso seco. A cada muestra primero se añadió ácido sulfúrico en concentración 1/1, luego 2 gr ácido sulfámico y 10 ml de cloruro de magnesio. Una vez que cada muestra contenía los reactivos se realizó una destilación al vacío por 2 horas, posterior a esto se recogió óxido de sodio a uno normal en un balón de 200 ml. Esta solución fue añadida en celdas fotométricas del Espectrofotómetro marca HACH DR 2800 cada celda se recargó de 10 ml del extracto y se agregó el reactivo de fotometría, se desarrolla el color y el equipo da lectura directamente y muestra las concentraciones absorbidas por las raíces de la planta.
- Una vez obtenido los resultados de fotometría se procedió a realizar un análisis estadístico del diseño experimental, el cual fue desarrollado usando el programa INFOSTAT teniendo en cuenta los valores de F tabulados y las pruebas de homogeneidad y normalidad de los datos. También se realizó un análisis de varianza ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis al 0.05% para la comparación de medias.

Para la realización de la comparación entre la concentración de cianuro absorbido por la planta con el pH del medio circundante se realizó un análisis de correlación entre los

diferentes momentos o tiempos en el transcurso de la toma de datos de pH del medio circundante. El estudio de correlación permite establecer posibles relaciones entre los diferentes parámetros cuantitativos estudiados. El modelo supone que la correlación conjunta de las variables  $x$  e  $y$  siga una ley normal bivariable. El coeficiente de correlación de Pearson ( $r_{xy}$ ) es el índice del grado con que una recta se ajusta a la nube de puntos del fenómeno.

Utilizando el programa Statistic, se procedió a representar y realizar un análisis de correlación de datos a partir de los datos obtenidos en la concentración de CN acumulado en los tres tratamientos y la medición de pH, en tres tiempos diferentes en la duración del ensayo, donde las hipótesis a contrastar son:

a)  $| r_{xy} | H_0$  : No existe correlación entre la absorción del metal por la planta y el pH del medio.

b)  $| r_{xy} | H_1$  : Existe correlación entre la absorción del metal por la planta y el pH del medio.

## RESULTADOS

### Caracterización taxonómica de la especie *Cyperus luzulae* como fitorremediadora

Esta especie se encontró en las piscinas de relaves de la concesión minera El Corazón, la cual presenta una perturbación, Según Díaz y Elcoro (2009), *C. luzulae* forma parte de las áreas afectadas por minería aurífera y metálica en procesos de cianuración, siendo colonizadora de áreas perturbadas y depósitos de relaves de minería: en efecto la especie fue encontrada dentro de 3 piscinas de relaves de la empresa El Corazón, donde su rápido crecimiento y propagación dentro y fuera de las piscinas de relaves se da a través de reproducción sexual. Siendo éste un ambiente perturbado directamente por las actividades de beneficio de la empresa y en

los alrededores, con el paso del tiempo los ambientes afectados por la contaminación comienzan con el proceso de auto recuperación dando paso a una sucesión ecológica, para el restablecimiento del ecosistema fragmentado con la ayuda de la propagación de nuevas especie de plantas y organismos tolerantes a nuevos grados de contaminación ayudando a la regeneración de los lugares o sitios donde se ha removido la cobertura vegetal inicial.

Una característica fundamental de *C. luzulae* es su raíz fibrosa, al finalizar la exposición de los tratamientos a las diferentes concentraciones se evidenció que en algunas de las muestras existía la presencia de nuevas raíces. Según Blanco, et al. (2011) afirman que la raíz fibrosa es una característica morfológica que ayuda a la acumulación de metales pesados, generando el desarrollo de una característica fisiológica siendo fundamental en el proceso de fitorremediación, haciendo que los rizomas de la planta, bio acumulen metales dentro de sus tejidos, continuando con su crecimiento y desarrollo normal. Las plántulas al momento de la recolección y traslado al medio presentaron un color verde intenso, como lo describe Fedón (2007), en el periodo de adaptación las plántulas cambiaron su color original a un verde pálido amarillento debido al cambio de temperatura, gradiente de luz, humedad relativa y aireación del medio. No obstante, las plantas continuaron con su crecimiento y desarrollo normal, es decir las plantas no murieron en el proceso del ensayo.

#### **Cuantificar la concentración de cianuro absorbida en los rizomas de *Cyperus luzulae* en base a un análisis de extracción y fotometría**

Se sembró un total de 108 individuos de la especie *C. luzulae* en el nuevo sustrato, tres plántulas por unidad experimental. Las muestras fueron procesadas y puestas en el

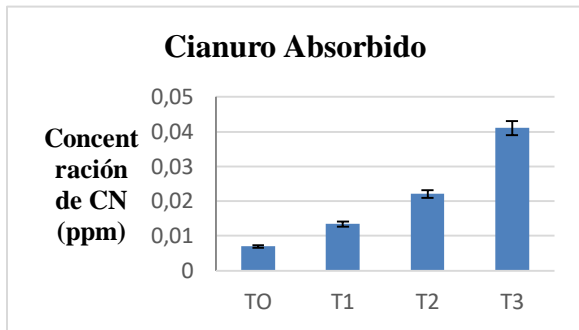
medio nutritivo para la aplicación de los tratamientos con las diferentes concentraciones de cianuro. Los resultados obtenidos del análisis de extracción y fotometría se los presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Datos obtenidos en la absorción de cianuro en las muestras

| Tratamiento | Rep. # 1 (ppm CN) | Rep. #2 (ppm CN) | Rep. #3 (ppm CN) | Media (ppm CN) |
|-------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| Testigo     | 0,007             | 0,007            | 0,007            | 0,007          |
| T1(5 ppm)   | 0,0097            | 0,0153           | 0,0152           | 0,0134         |
| T2 (7 ppm)  | 0,0257            | 0,0193           | 0,0213           | 0,0221         |
| T3(10 ppm)  | 0,0449            | 0,0414           | 0,0368           | 0,0410         |

Los resultados obtenidos posteriormente al análisis de extracción y fotometría mostraron que las muestras pertenecientes al tratamiento testigo no poseían cianuro en sus rizomas, el resultado obtenido de la lectura de fotometría fue de 0,007 ppm CN que se encuentra debajo del límite de detección. Con respecto a los tratamientos uno, dos y tres estuvieron por encima del límite de detección, pero menor a 1 ppm de CN, lo que se encuentra en el índice de translocación (FT) inferior a 1. Esta baja translocación de metales hacia la parte aérea de la planta hace referencia a la permanencia de los metales pesados en las raíces de las plantas fitoestabilizadoras (Durán, 2010). Mostrando así la estrategia de exclusión de CN en la raíz Según Blanco et al. (2011), los rizomas de la planta absorben mayor cantidad de mercurio y de otros metales en el tejido radicular, debido que las raíces se encuentran en contacto directo con el contaminante. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro del criterio expuesto, se pueden considerar aceptables

En la Figura 1 se representa la cantidad de cianuro absorbida por *C. luzulae*, donde se observa que el tratamiento 3 al que se añadió 10 ppm de CN, absorbió más cianuro en las raíces, se puede notar las diferentes categorías en las que se agrupó los datos de la comparación de medias obtenidas con los resultados del estudio, siendo el tratamiento testigo similar al tratamiento uno, pero el tratamiento dos y tratamiento tres diferente al tratamiento testigo y entre ellos.



**Figura 1.** Concentraciones obtenidas de los tratamientos con cianuro

### Análisis de varianza y prueba de significación.

El resultado del análisis de varianza (Tabla 2), entre los tratamientos aplicados con diferentes concentraciones de cianuro fue no significativo entre el tratamiento testigo (Tratamiento 0) con el tratamiento 1 (5 ppm) porque no se registró ningún cambio. Sin embargo, los tratamientos tres (7 ppm) y cuatro (10 ppm) mostraron diferencias entre sí con un nivel de significancia del 0.05.

La Prueba de Kruskal Wallis se aplica la variable de heterogeneidad de varianzas porque se superan las tres dispersiones, estadísticamente hablando la prueba de Tukey arroja un rango de error de 0,05 que es significativo y aplicando la de Kruskal

Wallis de 0,03 y es menor al rango de error, por lo tanto, se corrobora que el análisis

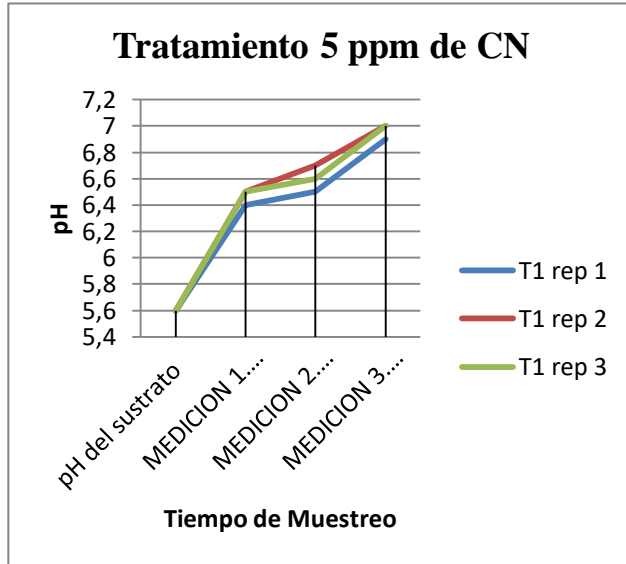
**Tabla 2.** Análisis de varianza con prueba de Kruskal Wallis al 5% estadístico es más confiable.

| Análisis de la varianza  |         |                |                   |       |         |
|--|---------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable   | N       | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
| CN en ppms   | 12      | 0,96           | 0,95              | 14,66 |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)                                |         |                |                   |       |         |
| F.V.   | SC      | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo.  | 2,0E-03 | 3              | 6,6E-04           | 70,01 | <0,0001 |
| Tratamientos   | 2,0E-03 | 3              | 6,6E-04           | 70,01 | <0,0001 |
| Error  | 7,5E-05 | 8              | 9,4E-06           |       |         |
| Total  | 2,0E-03 | 11             |                   |       |         |
| <b>Test: Kruskal Wallis Alfa=0,05 DMS=0,00801</b>                              |         |                |                   |       |         |
| Error: 0,0000g/ 8  |         |                |                   |       |         |
| Tratamientos   | Medias  | n              | E.E.              |       |         |
| 0,00   | 0,01    | 3              | 1,8E-03           | C     |         |
| 5,00   | 0,01    | 3              | 1,8E-03           | C     |         |
| 7,00   | 0,02    | 3              | 1,8E-03           | B     |         |
| 10,00  | 0,04    | 3              | 1,8E-03           | A     |         |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |         |                |                   |       |         |

### Comparar la concentración de cianuro absorbido por la planta con el pH del medio circundante

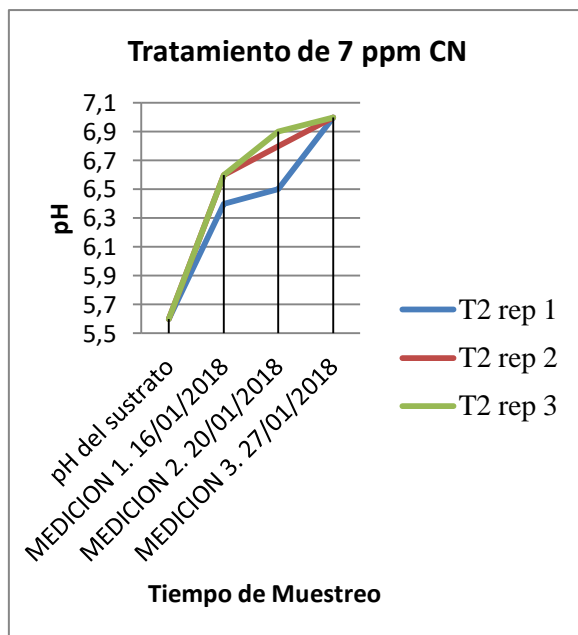
En la Figura 2 se muestra la lectura obtenida en el tratamiento de 5 ppm de CN el cual la repetición 1 tiene un pH de 6.4, 6.5 y 6.9, así mismo la repetición 2 dio como resultado 6.5, 6.6 y 7 pH respectivamente en cada una de las 3 diferentes lecturas y la repetición 3 mostró una lectura de 6.5, 6.6 y 7.





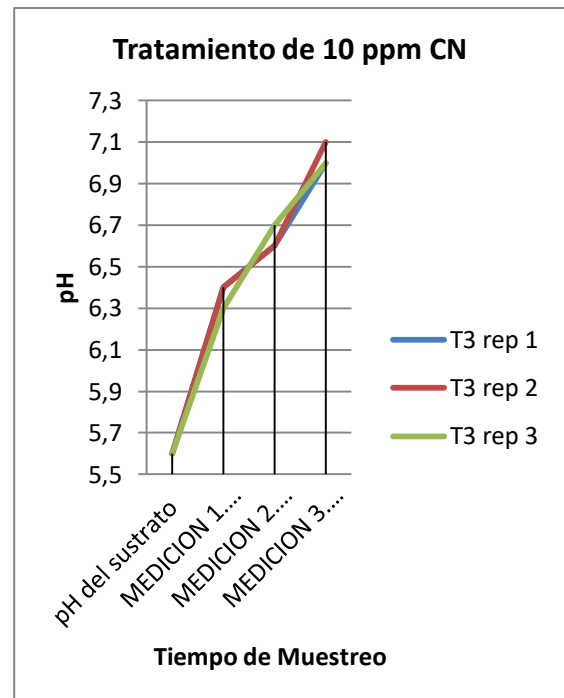
**Figura 2.** Variación del pH para el tratamiento de 5 ppm de CN

En la Figura 3 se muestra la lectura obtenida en el tratamiento de 7 ppm de CN en el cual la repetición 1 tiene un pH de 6.4, 6.5 y 7, así mismo la repetición 2 dio como resultado: 6.6, 6.8 y 7 pH respectivamente en cada una de las 3 diferentes lecturas y la repetición 3 mostró una lectura de 6.6, 6.9 y 7.



**Figura 3.** Variación del pH para el tratamiento de 7 ppm de CN

En la Figura 4 se muestra la lectura obtenida en el tratamiento de 10 ppm de CN en el cual la repetición 1 tiene un pH de 6.4, 6.6 y 7, así mismo la repetición 2 dio como resultado 6.4, 6.6 y 7,1 pH respectivamente en cada una de las 3 diferentes lecturas y la repetición 3 mostró una lectura de 6.3, 6.7 y 7 en su pH.

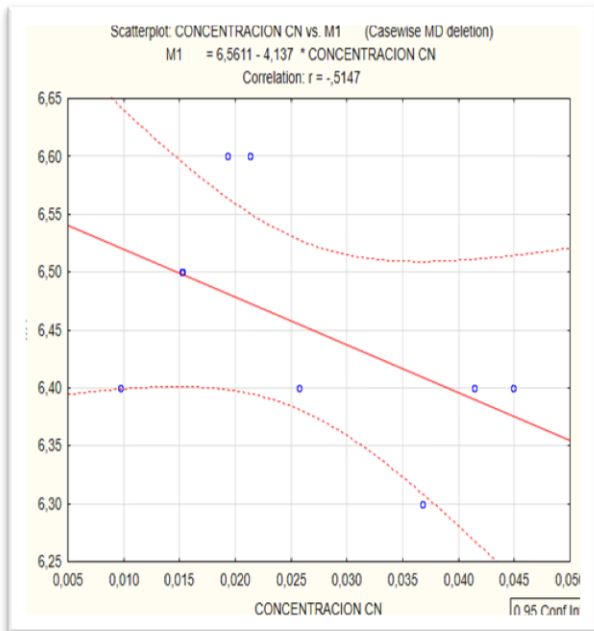


**Figura 4.** Variación del pH para el tratamiento de 10 ppm de CN

Las gráficas de pH demuestran al añadir las diferentes concentraciones 5-7 y 10 ppm de cianuro torna al suelo ácido, con el transcurso de los 15 días las plantas hicieron que el suelo mejorara su condición de ácido a neutro.

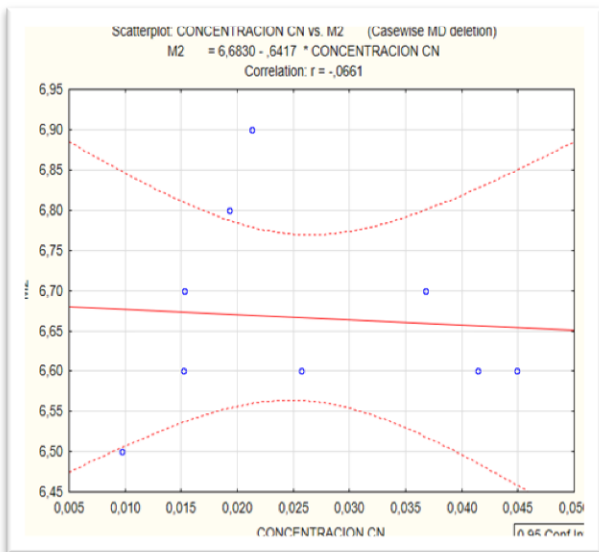
Una vez tomado los datos de pH juntamente con los datos de cianuro acumulado se procedió al análisis de correlación. En la Figura 5 se observa una relación inversamente proporcional entre el contenido total absorbido de CN por parte de las raíces de *C. luzulae* y el pH a pesar de

que este paso de un medio ácido a un medio neutro la correlación de Pearson  $r = -.5147$ .



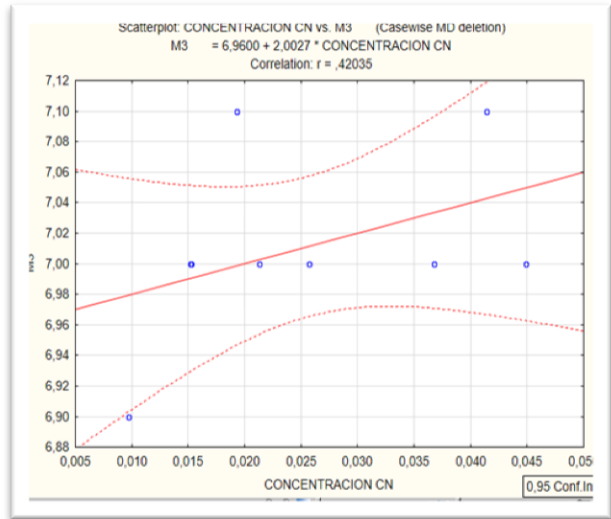
**Figura 5.** Correlación de Cianuro vs pH

Si siguiendo con el análisis la figura 6 presenta una correlación negativa del índice Pearson  $r = -.0661$ , entre la relación de contenido total de CN absorbido en el tratamiento dos, con respecto al cambio de pH de un medio ácido a un medio neutro



**Figura 6.** Correlación de Cianuro vs pH (momento dos)

En la Figura 7 se puede observar una relación directamente proporcional entre el contenido total de CN absorbido en el tratamiento tres, con respecto al cambio de pH de un medio ácido a un medio neutro, con una correlación de Pearson de  $r=0.42035$ , siendo una correlación significativa ( $p<0.01$ ) (bilateral).



**Figura 7.** Correlación de Cianuro vs pH (momento tres)

El pH se considera el factor dominante en el comportamiento de metales, afectando directamente a las cargas de arcillas, materia orgánica y los óxidos, y la complejación de los metales con la materia orgánica, en las reacciones de precipitación, disolución, reacciones redox y dispersión de coloides. Un incremento de pH provoca un incremento de la adsorción y retención de cationes, con un máximo en torno a la neutralidad (Evans et al., 1995), consecuentemente se evidencia que a mayor concentración de cianuro acumulado (variable independiente) el pH (variable dependiente) se produce una relación estrecha entre el aumento de pH con tendencia hacia un pH neutro con el incremento de absorción de cianuro acumulación en las plantas, creando que el valor de  $r$  se aproxime a  $+1$ , tendiendo a una relación lineal entre las variables.

Los resultados de este análisis demuestran que a mayor exposición de concentraciones de cianuro *C. luzulae* absorbe y bioacumula en mayor cantidad de este metal pesado en sus raíces. Ordoñez (2016), evaluó el efecto biorremediador de *C. rotundus* en aguas contaminadas con cobre en condiciones de laboratorio, concluyendo que el porcentaje de cobre bioacumulado en la raíz aumenta en relación directa a la concentración de cobre absorbiendo más del 50 % de cobre añadido a los diferentes tratamientos. Así se confirma que las raíces de *C. luzulae* absorben mayor cantidad de metal si este se encuentra en mayores cantidades en el medio.

Otro metal utilizado en la industria minera, específicamente la metálica referente a la extracción de oro es el cianuro, el presente estudio identifica también la absorción de este compuesto en soluciones de laboratorio; lo que confirma la capacidad fitorremediadora de la especie.

Cabe recalcar que en el estudio realizado el contacto directo de las raíces de las plantas de *C. luzulae* con soluciones que contenían diferentes concentraciones de cianuro este no aceleró el proceso de deterioro de estas (muerte). Corroborando que a mayores concentraciones de cianuro la especie en estudio resistieron a 15 días de tratamiento antes de marchitarse por completo y toleró 10 ppm de cianuro.

La contaminación del ambiente por procesos industriales o domésticos ha llevado a la aplicación de sistemas biológicos para remediar ambientes contaminados, donde se ha demostrado que distintas especies de la familia Cyperaceae, son aplicables y útiles para la remoción de distintos metales pesados.

## CONCLUSIONES

*C. luzulae* se caracteriza por colonizar ambientes perturbados por actividades mineras, además de absorber diferentes metales como el mercurio cobre y plomo y compuestos cianurados en sus raíces siendo una especie perenne con un largo ciclo de vida y una habilidad para autopropagarse.

La cuantificación de las concentraciones de cianuro en base a los resultados de los análisis de extracción y fotometría demuestran que *C. luzulae* acumula cantidades en la media de 0.0134 ppm CN, para el tratamiento uno, 0.0221 ppm CN en el tratamiento dos y 0.0410 ppm CN para el tratamiento tres, por exclusión en la raíz. Donde el factor de bioacumulación es menor a uno; Por lo tanto, se sugiere esta especie como exclusora para estudios de fitoestabilización de compuestos cianurados.

La comparación de la concentración de cianuro absorbido por la planta y el pH del medio circundante demuestra que en el tratamiento tres existe una correlación lineal con un valor de  $r = 0.42035$ , se demuestra que el incremento de absorción y retención de cianuro en las raíces de *C. luzulae*, aumenta el pH con tendencia a un medio neutro.

*C. luzulae* es capaz de acumular cianuro en sus raíces a pesar de lo nocivo que es este compuesto para las reacciones de respiración celular en los organismos vivos, siendo clasificada como una especie exclusora de metales pesados.

## RECOMENDACIONES

Realizar un monitoreo de los efluentes en los relaves de minería para conocer los diferentes metales que son descargados y realizar diferentes ensayos para conocer si *C. luzulae* es capaz de acumular otro tipo de metales diferentes al CN en sus raíces.

Realizar un muestreo de la vegetación presente para conocer si existen otras especies que pueden ser utilizadas en la fitorremediación en asociación con *C. luzulae*.

Realizar estudios referentes a la relación simbiótica con bacterias para conocer si existen bacterias endófitas que pueden ayudar a la depuración de aguas de origen minero.

En el caso de realizar un ensayo con cianuro, es necesario obtener una muestra de 100 gr de su peso en seco, puesto que una cantidad menor no es cuantificable, debido a la variación y comportamiento del compuesto cianuro.

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso, A., Carranza, C., De la Torre, M., Chavez, L., y Garcia, R. (2009). *Removal and Acumulatin of Cadmium and Lead by Typha latifolia Exposed to Single and Mixed Metal Solutions*. *Archives of Enviromental Contamination and Toxicilogy*, 57(4), 688-696.
- Anchundia, R., Moina, E., Naranjo, J., y Barcos M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Revista Bionatura*. Doi.10.21937/RB/2017.02.04.5
- Ayala, D., y Vadillo, L. (2004). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*.
- Baker, A. (1981). Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals, *Journal of Plan Nutrition*, 3:1-4,643-654, DOI: [10.1080/01904168109362867](https://doi.org/10.1080/01904168109362867)
- Ballesteros. J. (2011). *Determinación de la eficacia de Azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador
- Banco Mundial. (2005). *Documento de trabajo. Riqueza y Sostenibilidad: Dimensiones Sociales y Ambientales de la Minería en el Perú*.
- Barceló, J., y Poschenrieder, Ch. (1992). *Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados*. *Suelo Planta*, 2:345-361.
- Bastidas, R., y Sánchez, A. (2009). *Fitorremediación de metales pesados y microorganismos*. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*. 9 (16) ,2-4.
- Bernal, M., Clemente, R., Vázquez, S., Walker, D. (2007). *Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcòllar*. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente Ecosistemas* p. 68/82
- Blanco, E., Paz, N., Gutiérrez, E., Caldera, Y., y Núñez, M. (2011). *Use of subsurface fow constructed wetlands for the removal of Cooper and lead form oil production water*. Vol. 34 N 3. Pag 238-245
- Cáceres, G. (2001) Impacto ambiental de la minería del oro. *Revista metalúrgica* Vol (22). Pag 20-28
- Constitución de la República del Ecuador. 2008. (Decreto N° 0) (2008-oct-20) Registro Oficial 44, jul-13-2011
- Cornejo, M., Peralta, M., Carrión, P., y Gonzales M. (2000). *Análisis de la sustentabilidad de las organizaciones minería pequeña escala en el Ecuador*.

- Delgadillo, A., Gonzáles, C., Prieto, F., Villagómez, J. y Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,
- Díaz, P y Elcoro. (2009). Plantas colonizadoras en áreas perturbadas por la minería en el estado bolívar, Venezuela. *Acta botánica venezolana* 32(2): 453-466.
- Durán, M. (2004). *Caracterización de los niveles de metales pesados en efluentes industriales de la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil.
- Durán, P (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona. España.
- EPA. (1999). *Phytoremediation resource guide*. EPA 542-B-99-003 Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office Washington.
- Evans, L., Spiers, G. y Zhao, G. (1995). *Chemical aspects of heavy metal solubility with reference to sewage sludge amended soils* International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 59.291-302
- Fedon, I. (2007) El género *Cyperus* I. (Cyperaceae, Liliopsidae) en el Herbario Nacional de Venezuela (VEN) *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, ISSN 1690-9763, Vol. 24, N°. 1, 2007, p. 183-189
- Galán, E., y Romero, A. (2008). *Contaminación de suelos por metales pesados*.
- Ginocchio, R., y Baker, A. (2004). Metalófitas en América Latina: un recurso biológico y genético único poco conocido y estudiado en la región. *Revista Chilena de Historia Natural*, (77), 185-194. Doi: 10.4067/S0716-078X2004000100014
- Ginocchio, R., y León, P. (2011). *Fitoestabilización de Depósitos de Relaves en Chile*. Centro de Investigaciones Minera y Metalúrgica, CIMM.
- Guerrero, J. (2013). *Cianuro: Toxicidad y Destrucción Biológica*.
- Latorre, S., Walter, M., y Larrea, C. (2015). *Intag, un territorio en disputa: evaluación de escenarios territoriales extractivos y no extractivos*.
- Logsdon, M., Hagelstein, K., y Mudder, T. (2001). *El manejo del cianuro en la extracción de cianuro*.
- Londoño, L., Londoño, P., y Muñoz, F (2016). *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal*. Vol. 14 No. 2 (145-153) DOI: 10.18684/BSAA (14)145-153
- López, E., Aduvire, O., y Baretino, D. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. *Boletín Geológico y Minero*, 113 (1): 3-21 ISSN: 0366-0176 Madrid-España
- López. S., Melaj, M., Tomellini, G., y Martín, O. (2014). *Rizofiltración en el tratamiento de aguas contaminadas con uranio*. Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires-Argentina.
- Nava, F., Elorza, E., Uribe, A. y Pérez, R. (2007). Análisis químico de cianuro

- en el proceso de cianuración: revisión de los principales métodos. *Revista de Metalurgia*. Vol. 43, No 1
- Núñez, R., Vong, M., Ortega, R., y Olguín, E. (2004). *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones*. *Biotecnología y biología molecular*. 69-82. Recuperado de: [http://datateca.unad.edu.co/contenido/s/301332/CORE\\_2013/Actividad\\_7.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenido/s/301332/CORE_2013/Actividad_7.pdf)
- Oquendo, R. (2016). *Evaluación de *Thypha latifolia* en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de Yahuarcocha*. (Tesis de maestría). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador
- Ordoñez, D. (2016). *Efecto biorremediador de *Cyperus rotundus* en aguas contaminadas con cobre en condiciones de laboratorio*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Peña, E., Madera, C., y Medina, J (2013). *Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: Caso *Heliconia psittacorum* (heliconiaceae)*. *Rev. Acad. Colombo. Cieni.*37 (145): 469-481,2013 ISSN 0370-3908.
- Peña, M., Van Ginneke y Madera, C. (2003). *Humedales de Flujo Subsuperficial: Una Alternativa Natural para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Zonas Tropicales*.
- Pérez, A., Martínez, D., Barrera, Z., y Marrugo, J. (2016). *Bacterias endófitas asociadas a los géneros *Cyperus* y *Paspalum* en suelos contaminados con mercurio*.
- Pinto, A., Cozzi, G. (2011). *Caracterización microestructural por mebedax de reacciones de drenaje ácido de mina en el pasivo minero "santa lucia"*.
- Ramírez, Augusto V. (2010). *Toxicidad del cianuro: Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre*. *Facultad de Medicina*, 71(1), 54-61. Recuperado en 20 de junio de 2018, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832010000100011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832010000100011&lng=es&tlng=es)
- Restrepo, J., Montoya, C., y Muñoz N. (2002). *Degradación microbiana de cianuro procedente d plantas de beneficio de oro mediante una cepa nativa de *P. fluorences**. *Revista DYNA*, Volumen 73, Número 149, p 45-51
- Rodríguez, H., Peña, M., Gutiérrez, A., González, C., Montes, S., y López, G. (2017). *Biorremediación de arsénico mediada por microorganismos genéticamente modificados*. *Revista terra latinoamericana*, 35(4), 353-361. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v35i4.220>
- Romero, A., Flores, S., y Medina, R. (2008). *Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa*. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 11(22), 13-16. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/data/publicaciones/geologia/vol11\\_n22/a02vol11n22.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/data/publicaciones/geologia/vol11_n22/a02vol11n22.pdf)
- Salinas, E., Rivera, I., Carrillo, F., Patiño, F., Hernández, J., y Hernández, L. (2004). *Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante*

la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Revista de la Sociedad Química de México*, 48(4), 315-320. Recuperado en 22 de junio de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-76932004000400021&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000400021&lng=es&tlng=es)

Salto, F. (2005). *Estudio de impacto ambiental en la concesión minera El Corazón*. García Moreno, Ecuador

Sánchez, A., y Gonzales, M. (2007). *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. Técnicas de recolecta de plantas y herborización*. Pág. 126-127 Universidad autónoma del Estado de Hidalgo.

Sociedad internacional para la restauración ecológica. (2004). Grupo de trabajo sobre la ciencia y políticas. Principios de SER internacional sobre restauración ecológica.

Soto, A., Vallejos, E., Herrera, F. y Enrique, C. (2011). Algunas malezas de Costa Rica y Mesoamerica. Catálogo de terrestres, parasitas y acuáticas. Universidad de Florida.