



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA

EN CONVENIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA Y  
LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS (EPS) SEDALORETO S.A.

**“FITOREMEDIACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
CON METALES CON ESPECIES DEL HUMEDAL NATURAL DE  
PAMPA CHICA – IQUITOS”.**

---

**AUTORES:**

Ing. Rosalinda Pastor Rojas<sup>1</sup>  
Ing. José Antonio Soplín Ríos <sup>1</sup>.  
Ing. César Augusto Sáenz Sánchez <sup>1</sup>.  
Ing. Duma Luz Rengifo Pinedo  
Ing. Jorge Sandoval del Águila <sup>1</sup>.  
Ing. Horacio Paredes Armas.  
Ing. Jorge Suarez Rumiche.  
Ing. Gladys Cárdenas de Cárdenas.  
Ing. Julio Abel Soplín Ríos,<sup>2</sup>.  
Ing. Darío Dávila Paredes.  
Bach. Juan Celedonio Ruiz Macedo.  
Bach. Moisés Ruiz Vásquez.  
Bach. Rüter Lavvy Rengifo

## RESUMEN

El propósito del estudio fue aplicar fitorremediación a las especies vegetales del humedal natural de Pampa chica – Iquitos, demostrando que son aptas para el tratamiento de aguas residuales con contaminantes metálicos, el método y diseño ha sido el **descriptivo experimental**, aplicando trabajo de gabinete para estructurar el estudio, trabajo de campo para la recolección de las especies vegetales y trabajo de laboratorio para reconocer las especies vegetales e identificar su taxonomía y familia. Se preparo la solución Hunter (nutriente de la planta) y patrones estándares de las sales de los metales de hierro, plomo, cadmio, cromo, mercurio y bario, se simulo un proceso de fitorremediación; las pruebas y análisis de acumulación. Las condiciones de trabajo fueron a temperatura ambiente y luz natural, realizándose en 12 días, regulándose la variación del pH y la conductividad durante el proceso se identificó 132 especies, aclimatándose 21 especies. Los resultados dieron rangos altos de acumulación de metales pesados en la planta y disminución de concentraciones de los medios tóxicos en un 30- 90 %; lo que indica que solas o en variedad las especies vegetales tienen las mismas características, siendo óptimos para el tratamiento de aguas residuales con metales, unas más que otras.

**Palabras claves:** Fitorremediación, humedal, aclimatación, acumulación.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to apply phytoremediation to natural wetland plant species of Pampa Chica - Iquitos, showing that they are suitable for the treatment of wastewater with metal contaminants, the method and the descriptive design was experimental, using desk work to structure the study, fieldwork for collection of plant and laboratory work to identify plant species and identify their taxonomy and family. It was prepared Hunter solution (plant nutrient) and standard patterns of the salts of the metals iron, lead, cadmium, chromium, mercury and barium, simulating a phytoremediation process, test and analysis of accumulation. Working conditions were at room temperature and natural

light in 12 days, regulate variation of pH and conductivity during the 132 species identified, 21 species acclimated. The results show higher ranks of heavy metal accumulation in the plant and reducing concentrations of toxic media in 30 - 90%, indicating that singly or in variety of plant species have the same characteristics, being optimal for the treatment of Wastewater containing metals, some more than others.

**Key words:** Phytoremediation, wetlands, acclimation, accumulation.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha incrementado la contaminación de los cuerpos de agua, debido al manejo inadecuado de las aguas residuales de origen doméstico e industrial. Ante tal situación, es necesario promover el desarrollo de tecnologías que ayuden a mejorar la calidad de los efluentes y que al mismo tiempo sean adecuadas al contexto socioeconómico del país.

Siendo la contaminación ambiental por aguas residuales, uno de los problemas más alarmantes en el mundo y principalmente, en la ciudad de Iquitos, donde existen colectores abiertos de aguas servidas, que descargan en los ríos y lagos circundantes (ríos Amazonas, Nanay, Itaya, lagos Moronacocha y Moronillo). Se identificaron las especies de mayor absorción, para su cuidado, protección y valoración de estas especies vegetales presentes en el humedal, se ha identificado especies vegetales por familias del humedal ubicado a orillas del río Nanay específicamente, en el AA HH el Porvenir, caño cavado- Pampa Chica, cerca de la zona de captación de agua cruda del río que se trata en la planta de EPS-SEDALORETO S.A. El manejo de estas aguas residuales ha sido desde tiempo atrás un problema debido a las grandes inversiones económicas que deben realizarse en plantas de tratamiento con el fin de depurar estas aguas antes de su vertimiento a una fuente superficial.

Los estudios de remoción de metales pesados por plantas acuáticas, consideran a los humedales como una alternativa ecológica y económicamente viable para efluentes industriales. Los humedales naturales existentes en la amazonia que realizan la labor de purificación y tratamiento a las aguas residuales, se basan en los principios ecológicos, en donde los efluentes son tratados eficientemente mediante relaciones mutuas y coordinadas de flujo de energía y nutrientes, entre las plantas acuáticas y los microorganismos degradadores, es necesario identificar las plantas que realizan esta labor. (Pastor, 2006).

**Seidel (1998)** del Instituto Max Planck (Alemania), reporta la existencia de plantas emergentes para la remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Plantea, que mediante el empleo del Junco común (*Schoenoplectus lacustris*), era posible la remoción de una serie de sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas; así como, la desaparición de bacterias (coliformes, Salmonella y Enterococos), presentes en las aguas residuales.

**Zimmels, et al (2005)**, estudiaron el uso de las plantas acuáticas para purificar aguas residuales, ya que remueven los contaminantes al utilizarlos como nutrientes. Pudiendo aplicarse esto para tratar aguas residuales de zonas urbanas y agrícolas en el lugar de origen, en unidades de tratamiento de distintos tamaños.

El mecanismo mediante el cual la planta saca del agua residual el contaminante es el siguiente: las plantas acuáticas, que constituyen la base de la tecnología de los humedales, tienen la propiedad de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces. El aire que no es aprovechado por la especie y que esta expelle es absorbido por microorganismos, como bacterias y hongos, que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema (Novotny and Olem, 1994 en **Celis et al 2005**).

La OMS, (WHO 1987) señala que en América Latina, sólo el 10% de las aguas residuales colectadas en alcantarillado reciben algún tratamiento antes de ser dispuestas en los cuerpos de aguas como ríos y mares. Esto significa que alrededor de 40 m<sup>3</sup>/s de desagües vienen contaminando el medio ambiente y constituyen un vector para la transmisión de parásitos, bacterias y virus patógenos. **Moscoso y Flores (1991)**.

La importancia y uso de la fitoremediación se ha incrementado en los últimos años debido a que es un método natural utilizado para la descontaminación de suelos y lodos, así como para el tratamiento de aguas residuales, ya que proporciona una serie de ventajas económicas y ecológicas. Sin embargo, es aún insuficiente el conocimiento que se tiene acerca de los procesos de remoción y transformación de contaminantes que se dan en la rizósfera, en especial la compleja relación entre: plantas, microorganismos, suelo y contaminantes. Nuestro objetivo y filosofía es utilizar el conocimiento fundamental hasta ahora obtenido para optimizar las reacciones que se generan a nivel de las raíces de las plantas. Es fundamental que este nuevo enfoque resulte económico, pues los sistemas simples se desarrollarán para apoyar a los países que tienen problemas ambientales

(especialmente en los temas de tratamiento de aguas, suelo y lodos) sin considerar su potencial industrial. Peter Kuschik, 2007

La contaminación por metales pesados no es posible degradar ni biológica, ni químicamente, en forma directa por lo que se determinó a las plantas como útiles para descontaminar (A. Sobolewski, 1999).

Las aguas residuales deben ser llevadas a niveles tolerables y no contaminantes y cumplir con las normativas establecidas, es un proceso muy costoso, tanto por los equipos empleados, como por el grado de tratamiento que requieren. Una manera de minimizar estos costos es usando métodos menos sofisticados, que sean económicos, prácticos y más ecológicos, como lo es la fitorremediación; el uso de plantas terrestres o plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales (Pastor, 2006).

Esta novedosa tecnología tiene como objetivo degradar y/o asimilar, los metales pesados, presentes en el suelo y en el agua, lo cual tiene muchas ventajas con respecto a los métodos convencionales de tratamientos de lugares contaminados; en primer lugar es una tecnología económica, de bajo costo, en segundo lugar posee un impacto regenerativo en lugares en donde se aplica y en tercer lugar su capacidad extractiva se mantiene debido al crecimiento vegetal (Harvey et al., 2002).

Se identificó elementos naturales y en determinar ciertas características de la contaminación orgánica, después, debido al aumento de la contaminación, se determinaban los elementos tóxicos de origen mineral; pero el aumento de la utilización de compuestos orgánicos de síntesis vino a complicar el problema, a esto se le añade el crecimiento colosal de la población. Por ello se han desarrollado métodos analíticos cada vez más sensibles. (Rodier, 1981)

El propósito del presente estudio ha sido aplicar fitorremediación, con las especies vegetales del humedal natural de Pampachica – Iquitos, para el tratamiento de aguas residuales con contaminantes metálicos.

## **MATERIAL Y METODOS**

El estudio se lleva cabo en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y en los Ambientes de EPS SEDALORETO que cuentan con Laboratorio de Ecología, análisis

químico y el laboratorio de la Universidad Mayor de San Marcos, el trabajo experimental se realizó a escala de Laboratorio y con un equipo multidisciplinario y materiales de los propios laboratorios.

Se aplicó el método: Descriptivo Experimental, realizando trabajo de gabinete, trabajo de campo, consistió en la recolección de las especies vegetales y pre identificación, clasificación por familias de las especies del humedal de Pampa chica - Iquitos. El levantamiento de la información se realizó mediante visitas en el área, con ayuda de vistas satelitales (GPS) Se recolectaron las especies para determinar sus características: aclimatación, propiedades y aptitudes en presencia de sales de metales pesados.

En los Laboratorios: Se identificaron las especies vegetales recolectadas en el trabajo de campo: taxonómica y familias. En el local de EPS-SEDALORETO las especies vegetales fueron acondicionadas en un volumen de agua de diez (10) litros por cada bandeja. Se prepararon la solución Hutner para simular un acondicionamiento natural con los nutrientes necesarios que necesita la planta y se prepararon las soluciones patrones de las sales de los metales pesados (Sulfato de plomo, Sulfato de bario, Sulfato ferroso, Cloruro de cromo, Cloruro de cadmio y Nitrato de mercurio).

El tiempo de tratamiento de aclimatación e intoxicamiento de estas especies fueron en total de un periodo de quince (12) días, por cada estudio.

Siendo de tres (03) días el periodo de aclimatación en agua cruda previamente lavada con agua potable y luego con agua destilada, cinco (05) días en tratamiento con alimento Hutner (Nutriente para plantas) y de siete (07) días el periodo de envenenamiento de estas plantas en cada bandeja.

La condición de trabajo para el desarrollo de este proyecto fue a temperatura ambiente en un local con techo con ventilación adecuada y entrada de rayos solares, este estudio se realiza a nivel de laboratorio y en un proceso Bach (proceso discontinuo), con la finalidad de precisar la eficiencia que tienen ciertas plantas para absorber los metales en estudio, y, que nos permitió realizar los análisis de las aguas del proceso de aclimatación y el envenenamiento con las soluciones patrones en el humedal simulado. Se aplicó los métodos estándar de la Environmental Protection Agency (EPA) y American Protection Health Association (APHA),

## RESULTADOS

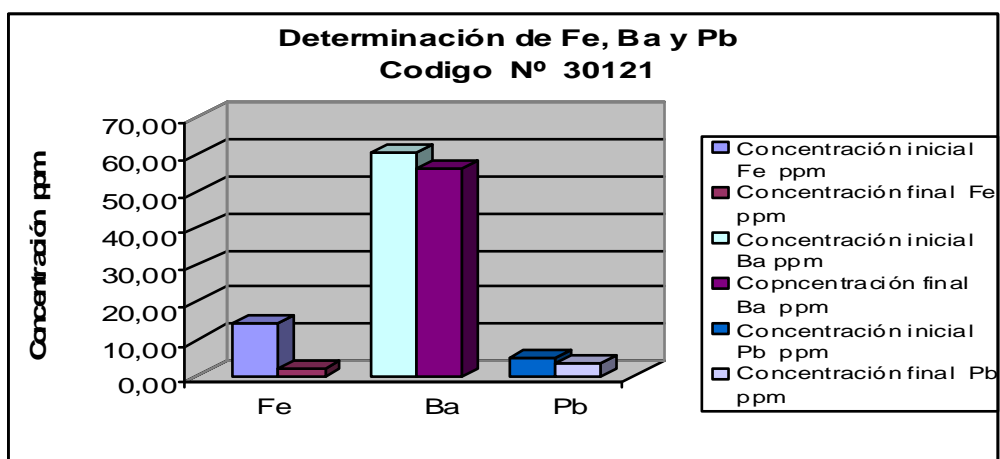
**Cuadro Nº II:** Especies vegetales que resistieron a la aclimatación artificial

Nº Esp.	Código	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	25841	Poaceae	Homolepis aturensis (Kunth) Chase	Pega Pega
2	25831	Poaceae	Oryza Grandiglumis	Arroz de bufeo
3	33340	Poaceae	Paspulum reprens bergius	Gramalotillo
4	29697	Poaceae	Echinochloa polystachya (kunt.) Hpchc	Gramalote
5	26783	Euphorbiaceae	Caperonia Zaponzeta Mansf.	Lagarto Ishanga
6	33336	Poaceae	Urochloa mutica	Grana
7	25758	Pontederaceae	Eirchornia Azurea	Putu putu
8	25193	Araceae	Pistia Stratiotes L.	Huama
9	18363	Hydrocharitaceae	Limnobiium laevigatum	
10	30123	Onagraceae	Ludwigia erecta (L.) Harz	Flor de clavo
11	30117	Polygonaceae	Symeria paniculata Benth.	Tangarana negra
12	30116	Poaceae	Panicum pilosum Sw .	Torurco
13	30121	Poaceae	Hymenachne donacifolia (Raddi) Chose	Gramalote negro
14	30122	Polygonaceae	Polygonum acuminatum H.B.K.	Tabaco de lagarto
15	20557	Poaceae	Leptchloa panicoides	Gramilla
16	26099	Poaceae	Acrocera zizanioides	Dandy
17	35410	Salviniaceae	Salvinia minima Babor	Lenteja de agua
18	02328	Salvinicacea	Azolla caroliniana	Lentejita
19	27648	Poaceae	Urochloa compressus	Nudillo
20	18849	Onagraceae	Ludwigia leptocarpa	Arco sacha
21	17638	Pontederaceae	Eirchornia Crassipes (Mart.) Solms.	

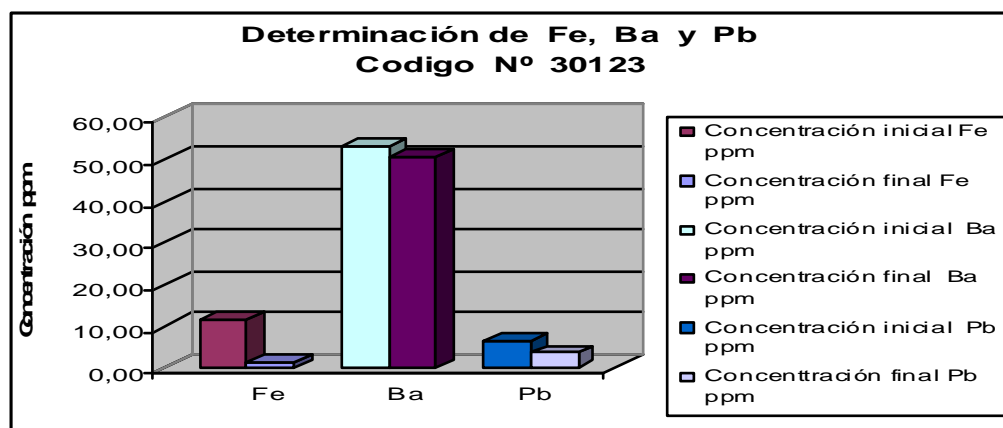
**Cuadro III:** Resultado de la Determinación de Hierro, Bario y Plomo

Muestras	Código Esp.	Fe		Ba		Pb	
		Inicial, ppm	Final, ppm	Inicial, ppm	Final, ppm	Inicial, ppm	Final, ppm
1	30121	14,50	2,00	60,03	56,10	4,97	3,48

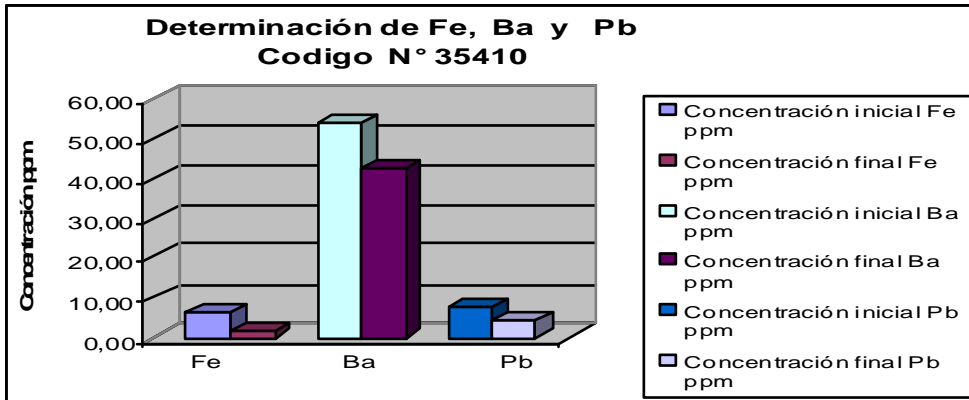
2	33336	10,50	2,00	50,40	46,30	11,25	9,34
3	30123	11,50	1,25	53,25	50,45	6,44	3,61
4	25758	7,00	4,50	56,40	52,50	6,38	5,28
5	29697	7,50	16,68	48,35	42,60	6,66	3,90
6	30117	11,50	6,50	52,50	48,40	5,60	2,83
7	30116	1,75	1,75	59,20	51,10	10,58	8,50
8	35410	6,50	1,50	53,60	42,30	7,59	4,28
9	30122	1,00	1,25	52,50	50,50	2,78	0,88
10	26783	4,00	6,00	58,25	52,15	4,52	1,95



**Grafico Nº 01:** Análisis de Fe, Ba y Pb de la especie vegetal de código Nº 30121



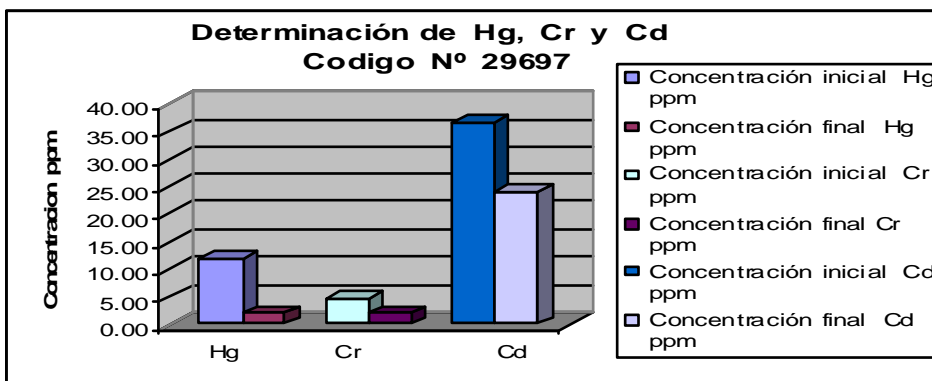
**Grafico Nº 02:** Análisis de Fe, Ba y Pb de la especie vegetal de código Nº 30123



**Grafico Nº 03:** Análisis de Fe, Ba y Pb de la especie vegetal de código N° 35410

**Cuadro IV:** Resultado de la Determinación de Mercurio, Cromo y Cadmio

Muestras	Código Esp.	Hg		Cr		Cd	
		Inicial, ppm	Final, ppm	Inicial, ppm	Final, ppm	Inicial, ppm	Final, ppm
1	25841	12,00	8,10	5,20	4,20	35,00	30,72
2	25831	11,00	9,85	4,50	3,50	34,82	29,83
3	33340	11,60	8,00	4,80	4,10	35,20	27,50
4	29697	12,00	2,00	4,71	2,06	36,86	24,26
5	26783	10,00	9,20	5,10	3,20	35,60	28,45
6	33336	13,00	7,20	5,22	3,75	35,20	22,50
7	30116	12,54	9,15	5,12	3,46	35,63	28,30
8	25758	12,50	3,40	4,84	2,25	38,20	22,64
9	18849	12,10	10,52	5,12	3,65	34,62	29,43
10	18363	11,00	9,52	5,10	3,84	35,08	28,70



**Grafico Nº 04:** Análisis de Hg, Cr y Cd de la especie vegetal de código N° 29697

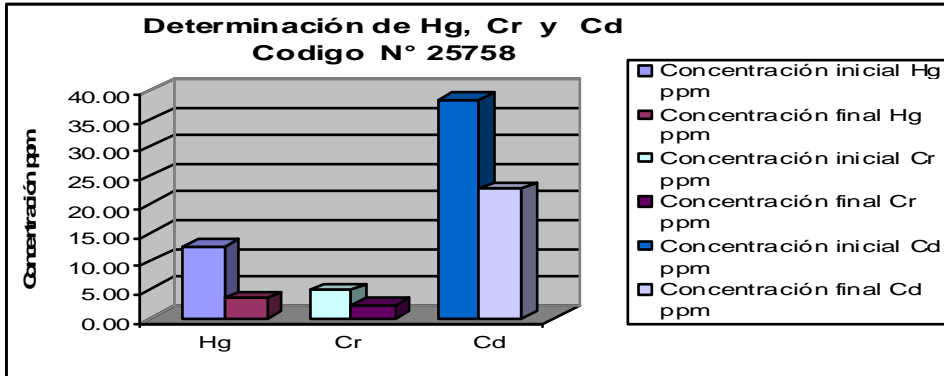


Grafico N° 05: Análisis de Hg, Cr y Cd de la especie vegetal de código N° 25758

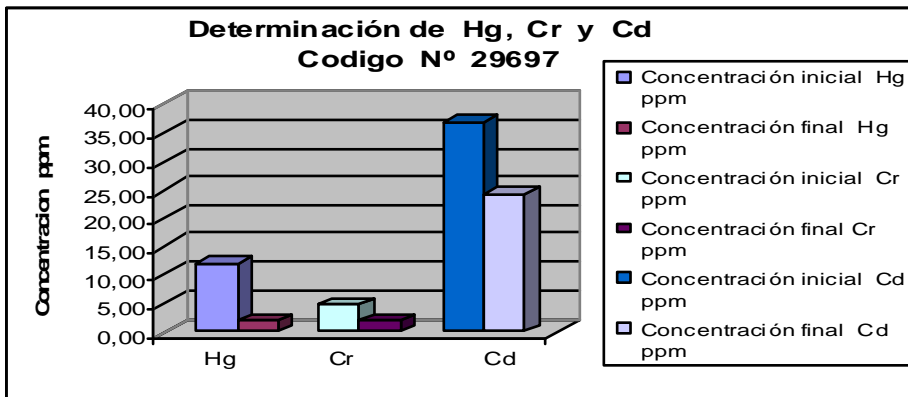


Grafico N° 06: Análisis de Hg, Cr y Cd de la especie vegetal de código N° 29697

## DISCUSIÓN

La **fitorremediación** utiliza las plantas verdes para eliminar o acumular contaminantes peligrosos del medio ambiente es un proceso que incluye a todas las plantas que, con procesos químicos, biológicos y físicos ayudan a la biorrecuperación de sustratos contaminados, es una nueva alternativa para depurar las aguas residuales (CUNNINGHAM y BERTI, 1993, RAMSAR 1997, HUTCHINSON, 2001) en contraste la fitorremediación simulada realizada en el estudio se inicia con la recolección de las especies vegetales del Humedal Pampa Chica en periodos de creciente alta y baja se identificaron 132 especies que se muestran en la tabla N° 04, tabla N° 05 y tabla N° 06 se identificaron familias y taxonomía y especies resistentes a la aclimatación. Se tomaron datos de conductividad y pH, se reguló los datos a ligeramente neutro (pH=5,5-6,7). Estos parámetros controlados fueron útiles para determinar el medio óptimo para la aclimatación y debajo de este rango el pH (ácido) las plantas se marchitaban,

lentamente y morían. Los datos se muestran en las tablas Nº 07 al Nº 27, la tabla Nº 34 y tabla Nº 35 muestran un consolidado totales de concentraciones y finales de los metales de hierro, bario, plomo, cadmio, cromo y mercurio, donde muestra lo óptimo del proceso realizado.

Los factores técnicos tomados en cuenta en el estudio de fitorremediación fueron de la USEPA 2000 ITRC- 2000, que nos ha permitido formar un **equipo de trabajo**, se ha diseñado e implementado un sistema de fitorremediación que se ha implicado con la participación de un grupo de trabajo que se familiarizó con el humedal a través de visitas realizadas e información previa, se seleccionó las plantas para su estudio a nivel de laboratorio, se evaluó los objetivos, metas y métodos; estimando el proceso y manejo de los residuos generados; de la intoxicación, se determinó los tóxicos, se **seleccionó las plantas** con características apropiadas para el crecimiento bajo las condiciones extremas. Las plantas se seleccionaron del humedal Pampa Chica; se prepararon los medios, los tóxicos y nutrientes se analizó parámetros que influyen en el crecimiento de las plantas como, pH, conductividad y tóxicos. De este proceso se determinó que de las 132 especies, 21 se aclimataron, fueron sometidas a un proceso de fitorremediación simulada, dirigida y a condiciones de temperatura ambiental demostrado ser resistentes al Hierro, Bario, Plomo, Mercurio, Cromo, y cadmio con cada especie, se compararon con las otras especies analizadas ; demostrando eficientes a la fitorremediación en condiciones extremas y utilizando métodos estándares y especialistas es de medición, como lo mencionan CUNNINGHAM y BERTI, 1993, RAMSAR 1997, HUTCHINSON, 2001.

Kadlec et. al, 2000 al describir los beneficios de los procesos (reducción de metales, reducción en la fijación de metales pesados y algunos metaloides), con respecto a la variación de los valores de pH en la actividad del proceso biotecnológicos, el estudio ha permitido la medición de este parámetro de pH, conductividad, valores que nos permiten optimizar los procesos de acumulación, a pesar de controlar el pH, han muerto 111 especies, el rango óptimo ha variado entre (pH = 5,5 - 6,5); notándose a pH por debajo de este rango que las plantas lentamente se marchitaban y terminaban muriendo. Influyendo también en el medio el nutriente Hutner y el proceso de intoxicación de las especies vegetales.

Reed, 1995, nos muestra la importancia de la fitorremediación en un método natural, concordantemente las pruebas realizadas en el estudio confirman que en medios artificiales son exitosos en el laboratorio y se pueden realizar con procedimientos

estándares que muestran que las especies vegetales tienen características individuales y que cada una de ellas tiene un comportamiento diferente como nos muestran los resultados de las tablas del 07 al 27 y las tablas del 28 al 31 y las figuras del 04 al 23, es fácil notar en cada uno de ellos existe una variación, de las pruebas en las intoxicaciones con las sales iniciales y finales.

Ramsar, (2002) califica a los humedales como los “riñones del planeta” por su función de filtro de las aguas que pasan a través de ellos, librándolas de sedimentos, productos químicos y otros contaminantes, los resultados del estudio demuestran su comportamiento de filtro, los resultados de las tablas del 28 al 32 y las figuras del 04 al 23, nos demuestran la capacidad de acumulación de las plantas y que no solo la variedad de especies de un humedal muestran capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de otros compuestos del agua sino que en especies individuales se puede distinguir sus potencialidades en los metales acumulados en cada especie que se convierte en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales (Boyd, 1990).

## CONCLUSIONES

- Se recolectaron 132 especies, las cuales fueron sometidas a un proceso de aclimatación.
- Se aclimataron 21 especies vegetales recolectadas en época de creciente alta, creciente baja y vaciante (Pega Pega (*Homolepis aturensis* (Kunth) Chase), Arroz de bufeo (*Oryza Grandiglumis*), Gramalotillo (*Paspulum reprens bergius*), Gramalote (*Echinochloa polystachya* (kunt.) Hipchc), Lagarto Ishanga (*Caperonia Zaponzeta Mansf.*), Grama (*Urochloa mutica*), Putu putu (*Eirchornia Azurea*), Huama (*Pistia Stratiotes L.*), Limnobium laevigatum, Flor de clavo (*Ludwigia erecta* (L.) Harz), Tangarana negra (*Symeria paniculata Benth*), Nudillo (*Panicum pilosum Sw.*), Gramalote negro (*Hymenachne donacifolia* (Raddi) Chose), Tabaco de lagarto (*Polygonum acuminatum HB.K.*), Gramilla (*Leptchloa panicoides*), Dandy (*Acrocera zizanioides*), Lenteja de agua (*Salvinia minima Babor*), Lentejita (*Azola caroliniana*), Torurco (*Axonopus compressus*), Arco sacha (*Ludwigia leptocarpa*) y *Eirchornia Crassipes* (Mart.) Solms.).
- En la determinación de acumulación de Hierro, las especies Gramalote negro, Grama, Flor de clavo, Putu putu, Tangarana negra y Lenteja de agua tienen una eficiencia de este metal en rangos de (89 – 35 %)

- En la determinación de acumulación de Bario, las especies Lenteja de agua, Nudillo y Gramalote tuvieron una mejor eficiencia en comparación con las otras especies analizadas en rangos de (21 – 03 %)
- En la determinación de acumulación de Plomo, las especies Tabaco de lagarto, Lagarto Ishanga y Tangarana negra son mejores acumuladoras de este metal ya que lograron tener una eficiencia igual o mayor al 50%
- En la determinación de acumulación de Mercurio, las especies Gramalote, Putu putu y Grama son mejores acumuladoras de este metal ya que lograron tener una eficiencia por encima o cerca del 50 %.
- En la determinación de acumulación de Cromo, las especies Gramalote, Putu putu, son buenas acumuladoras de este metal ya que lograron tener una eficiencia mayor o igual al 50% y la especie Lagarto Ishanga obtuvo un 37% de eficiencia.
- En la determinación de Cadmio, las especies Putu putu, Grama y Gramalote tuvieron una mejor eficiencia de acumulación de este metal en comparación con las otras especies analizadas
- Se ha determinado que la fitorremediación en las 21 especies vegetales oscilan entre 03% - 87% de acumulación de las sales toxicas, siendo valores elevados de alta importancia para una fitorremediación artificial.

### **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, a EPS SEDALORETO S.A. y a las personas que han contribuido con esta investigación.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Ansola, G., 2003. Utilización de humedales artificiales en la depuración de aguas residuales. In El agua, un bien para todos. Conservación, recuperación y usos. 6as Jornadas Ambientales. Salamanca. Ed. P. Ramos S.A., pp. 145 – 170.
2. BOYD C.E. (1990); Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. Econ. Bot.
3. BURKE, D.J., WEIS, J.S. and WEIS, P. (2000). Release of metals by the leaves of the salt marsh grasses *Spartina alterniflora* and *Phragmites australis*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 51: 153-159.

4. CELIS J, JUNOD J. y SANDOVAL M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Teoría*. 14(1):17-25.
5. CUNNINGHAM S.D. Y BERTI W.R.(1993); Phytoremediation of contaminated soils. *Trends biotechnol Biol*.
6. ESPARSA, M. (2000). Parámetros físico químicos de cargas orgánicas y nutrientes, primera edición, Ed. CEPIS. Lima, Perú. 16 p.
7. Greenpeace: [www.greenpeace.cl/ficha02](http://www.greenpeace.cl/ficha02).
8. Harvey, P. J, Campanella B. F, Castro P. M. L, Harms H, Lichtfouse E, Schöffner A.R, Smrcek S. and Werck-Reichhart D. (2002). Phytoremediation of polyaromatic Hydrocarbons, Anilines and Phenols. *Environmental Science and Pollution Research* 9, 29 – 47.
9. Mkandawire M., Tauber B., Dudel EG. (2004). Capacity of Lemna gibba L. (duckweed) for uranium and arsenic phytoremediation in mine tailing waters. *International Journal of Phytoremediation*, 6, 4: 347 – 362.
10. MOSCOSO J. y FLORES A. (1991), Rehuso en agricultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan. Proyecto de Investigación. Sección I: Resumen Ejecutivo. CEPIS/OPS/OMS.
11. Odjegba VJ. y Fasidi IO. 2004. Accumulation of Trace Elements by Pistia stratiotes: Implications for phytoremediation. *Ecotoxicology*, 13: 637-646.
12. PASTOR, SOPLIN, SAENZ (2006); "Humedales Naturales Manejados Como Alternativa Para Descontaminar Las Aguas Residuales En El Colector Pampa Chica Iquitos. Informe, Técnico UNAP-Iquitos 100p.
13. PEDRAZA G (2006). Analisis Economico Ambiental de la Aplicación de Sistemas de Descontaminación Productiva en la Microcuenca Los Saínos Frente a las Políticas de Cobro de la Corporación Autónoma. Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles para la Producción Agropecuaria (CIPAV) Obtenido 13 de Setiembre del 2006.
14. Raskin I, Kumar N., Dushenkov V. and Salt DE. (1994). Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 5: 285-290.
15. Rodier. J. (1981). "Análisis de agua, aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar", Ediciones Omega.

16. SALAS RUIZ W. (2008), Proyecto de investigación: Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos de Aguas Residuales en Humedales Naturales del Caño Cavado Pampa chica – Iquitos.
17. Salt DE., Blaylock M., Kumar N., Dushenkov, V., Ensley BD., Chet I. and Raskin I. (1995). Phytoremediation: A novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants. *Biotechnology*, 13: 468-474.
18. SEIDEL (1998). *Sistemas de depuración en humedales para su aplicación en aguas residuales* segunda Edición Graw -Hill, 1998.
19. Sobolewski A, 1999. A review of processes responsible for metal removal in wetlands treating contaminated mine drainage, *International Journal of Phytoremediation*: Vol. 1, nº 1, pp. 19-51.
20. Shiny KJ., Remani KN., Jalaja TK. y Sasidharan VK. (2004). Removal of chromium by two aquatic pteridophytes, *Journal of Environmental Science and Engineering*, 46, 3: 249-251. 1999. A review of processes responsible for metal removal in wetlands treating contaminated mine drainage, *International Journal of Phytoremediation*: Vol. 1, nº 1, pp. 19-51.
21. ZIMMELS Y., KIRZHNER F. y ROITMAN S. (2005); *Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental* N° 83; Tratamiento de Aguas Residuales con Plantas Acuáticas; Parte II; Obtenido de: <http://www.aidisar.org.ar/lsa/isa84.htm>.