

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

ESCUELA DE POSTGRADO

SECCIÓN DE POSTGRADO EN INGENIERÍA



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CROMO HEXAVALENTE EN LOS POZOS TUBULARES Y EFLUENTES DE DRENAJE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN, DEL DISTRITO DE MOCHE, EN EL PERIODO ENERO - AGOSTO DEL 2010”.

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN EN
GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y SEGURIDAD
EN LAS EMPRESAS**

AUTOR : Br. RONAL FREDI MOZO VALDIVIESO

ASESOR : Dr. MARTÍN TABOADA NEIRA

TRUJILLO – PERÚ

2012

Nº de Registro:

JURADO CALIFICADOR

.....

Dr. Ing. Jorge Flores Franco

PRESIDENTE

.....

Dr. Ing. Cesar Villarroel Avalos

SECRETARIO

.....

Dr. Ing. Martín Taboada Neira

MIEMBRO

DATOS DEL AUTOR

NOMBRE Y APELLIDOS : Ronal Fredi Mozo Valdivieso

PROFESIÓN : Ingeniero Metalurgista

TELEFONO : 044 – 475853

E-MAIL : ronald913@cip.org.pe

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la virgen María por darme sus bendiciones y guiarme en mi quehacer diario.

Agradezco a mi esposa Luz María por su infinito amor y apoyo incondicional.

A mi primogénito Ronald Manuel, por ser el más grande tesoro que Dios me a regalado.

A mis abuelitos Manuel Valdivieso y Juana Rodríguez a mis tías Teresa y Ana María por su amor y sabios consejos

Agradezco a mi amigo Walter Ramos Rodríguez, por su apoyo ortográfico y semántico.

Agradezco a mi asesor el Dr. Martín Jaboada por su soporte científico en la ejecución de esta investigación

INDICE

FIGURAS.....	i
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
III. RESULTADOS	15
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
V. CONCLUSIONES.....	18
VI. RECOMENDACIONES.....	19
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

FIGURAS

Fig. 2.1 Secuencia del procedimiento de análisis químico para determinar el nivel de cromo hexavalente.	13
--	----

RESUMEN

La presente investigación se orientó a determinar el nivel de cromo hexavalente (Cr^{6+} en mg/l) en las aguas de tres pozos tubulares y dos efluentes del sistema de drenaje, colindantes a las lagunas de oxidación del Sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche, entre enero y agosto del 2010 y comparar estos niveles con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-SA.

Estas aguas son utilizadas en la agricultura y uso doméstico por los pobladores del lugar. Estudios realizados por el Organismo Mundial de la Salud (OMS) y la investigación de Otiniano G, et al, 2007, p.4, establecen que la ingesta prolongada de cromo hexavalente (Cr^{6+}), tiene efecto mutagénico y cancerígeno en la salud.

Para la contrastación de la hipótesis de esta investigación no experimental tipo transeccional, se analizaron 40 muestras, 8 replicas aplicadas a 5 estaciones de muestreo. Los reportes del laboratorio espectroscópico de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, indican las siguientes concentraciones: Para la estación de muestreo P-I 0.163 mg/l, para la estación de muestreo P-II 0.0657 mg/l, para la estación de muestreo P-III 0.00 mg/l, para la estación de muestreo F-I 0.3311mg/l, para la estación de muestreo F-II 0.3147mg/l. Niveles que a excepción de la estación de muestreo P-III, reportan concentraciones que exceden los Límites Máximos Permisibles, de 0.05 mg/l para cromo total, según el D.S. N° 031-2010-SA. Y la Norma nacional vigente

para descargas de efluentes líquidos de actividades Minero-Metalúrgica, D.S.
Nº 010-2010-MINAM.

Palabras claves: Cromo hexavalente, límite máximo permisible, agua subterránea, pozos tubulares, efluentes, drenaje, lagunas de oxidación.

ABSTRACT

This research was aimed at determining the level of hexavalent chromium (Cr^{6+} in mg / l) in the waters of three boreholes and two effluent drainage system adjacent to the oxidation ponds Sector America populated center San Borja Moche District between January and August 2010 and compare these levels with the maximum permissible limits (LMP) provided for in Regulation of Quality of Drinking Water D.S. N ° 031-2010-SA.

These waters are used in agriculture and domestic use by the locals. Studies by the World Health Organization (WHO) and the investigation of Otiniano G, et al, 2007, p.4, establish that the prolonged ingestion of hexavalent chromium (Cr^{6+}), mutagenic and carcinogenic effect on health.

For the testing of the hypothesis of this research is not experimental trans type, we analyzed 40 samples, 8 replicas applied to 5 sampling stations. Spectroscopic laboratory reports of the Faculty of Chemical Engineering, National University of Trujillo, indicate the following concentrations: For P-I sampling station 0,163 mg/l, for sampling station P-II 0.0657 mg/l, for the season P-III sampling 0.00 mg/l, for F-I sampling station 0.3311mg/l for the sampling station F-II 0.3147mg/l. Levels except for the sampling station P-III, reported concentrations exceeding permissible limits of 0.05 mg/l for total chromium, according to the D.S. N° 031-2010-SA. And the current national standard for liquid effluent discharge activities Mining and Metallurgical, D.S N° 010-2010-MINAM

Keywords: Chromium hexavalent maximum allowable groundwater tubewells, effluent, sewage, oxidation ponds.

I. INTRODUCCIÓN

Se ha determinado que las principales actividades económicas del poblador del sector América, centro poblado Torres de San Borja del Distrito de Moche, son la agricultura y la ganadería, teniendo como principal recurso natural para dichas actividades las aguas superficiales y subterráneas existentes en el lugar. Aguas que los pobladores, en su mayoría, vienen consumiendo de los pozos tubulares y de los efluentes del sistema de drenaje, que ha instalado SEDALIB S.A, circundantes a las lagunas de oxidación, con la finalidad de controlar el nivel de la napa freática. Las citadas lagunas tienen dos efluentes de drenaje tubulares, uno (F-I) que descarga de manera directa desde las lagunas de oxidación a los campos de cultivo, y el segundo efluente (F-II) es de drenaje subterráneo compuesto por un sistema de tubos de 10 pulgadas de diámetro, enterrados a 1.40 metros de profundidad, las que pasa por debajo de los pozos tubulares, recogiendo las aguas de drenaje, para luego desembocar a un canal de regadío cuya corriente natural es de Este a Oeste; en éste canal habitan diversidad de peces de agua dulce, canal que a su vez desemboca en el océano pacífico.

En el distrito de Moche, Sector Huartaco, Jr. Línea Férrea s/n a cuatro calles de su histórica plaza de armas, se encuentra operando la curtiembre, “ Los Líderes S.A.”, la que lleva realizando sus operaciones en este lugar por más de dos décadas el mismo tiempo que viene vertiendo soluciones químicas residuales; compuesta en su mayoría por compuestos de cromo(hidróxidos) y sulfuros(sulfuro de hidrógeno), de manera directa al sistema de alcantarillado de SEDALIB S.A. sin antes haber recibido tratamiento previo; estas soluciones finalmente llegan a las lagunas de oxidación ubicadas en el sector América

centro poblado Torres de San Borja. Es de conocimiento público que las aguas residuales derivadas de cualquier actividad industrial, por razones de salud pública, no pueden ser vertidas a los cursos de aguas corrientes, sistema de alcantarillado y menos aún ser usadas en el regadío de cultivos agrícolas, como se viene dando en citado lugar.

Existen referencias sobre el cromo; que indican que es un metal pesado que reacciona químicamente con valencias II, III y VI (Cr^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+}) siendo este último de gran poder tóxico y el más difícil de oxidar o eliminar de los organismos vivos. El cromo III y el cromo VI o cromo hexavalente, en particular son desnaturalizadores de proteínas y precipitan ácidos nucleicos; además son de acción cancerígena sobre los pulmones y el aparato digestivo. (Quer-Brossa, 1983, pp. 117-183).

Hay que mencionar que SEDALIB S.A. no está haciendo un buen cumplimiento del marco legal, en la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para el caso de los recursos hídricos (ECA – AGUA) que se sustenta en las siguientes normativas: a) Constitución Política del Perú de 1993. b) Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031- 2010-SA. c) Norma nacional vigente, D.S. N° 010-2010-MINAM

En el Perú y el mundo se han realizado estudios sobre el cromo en los seres vivos y en el agua, por lo que, aquí citaremos algunos antecedentes relacionados con el cromo en la vida del hombre y en el agua que consume.

A pesar de las recomendaciones y ordenanzas hechas por parte de las autoridades y entidades ambientales, en los últimos años los ambientes naturales han recibido un creciente aporte de efluentes industriales y domésticos que han llevado al deterioro de muchos cursos de agua

haciéndolos incompatibles con la vida. Los efluentes industriales que contienen cromo hexavalente son descargados por industrias químicas, principalmente por las curtiembres. Aún cuando los Límites Máximos Permisibles (LMP) para descargas de efluentes líquidos de actividades Minero-Metalúrgica para el cromo hexavalente es de 0.10 mg/l, D.S. N° 010-2010-MINAM y según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031- 2010-SA., para el cromo total es de 0,05 mg/L. Las operaciones y procesos de las curtiembres generan líquidos y sólidos residuales que se distinguen por su elevada carga orgánica con presencia de concentraciones altas de agentes químicos, cuyo efecto es tóxico para los organismos vivos, como es el caso de sulfuros (sulfuro de hidrogeno) y cromos (hidróxidos). Las variaciones en cuanto al volumen de descarga de residuos y concentración de contaminantes, está en función a la cantidad de materia prima procesada y a la tecnología empleada. (Otiniano G, et al, 2007, p.2; Arias, 2009, pp.393-398; Armas, C. y C. Armas R. 2001, p. 691).

El cromo hexavalente es uno de los contaminantes, que produce mayores impactos negativos en el crecimiento del país, ya que compromete la salud humana, dañando los procesos ecológicos que sostiene la producción de alimentos (García, 1993, pp. 3-16).

El cromo hexavalente o Cr (VI), por ser un poderoso oxidante de sustancias orgánicas, es peligroso para los organismos vivos y para la salud humana. El ácido crómico y los cromatos producen intoxicaciones agudas por vía digestiva. El envenenamiento agudo por ingestión produce vértigo, sed intensa, dolor abdominal, vómito, choque y oliguria o anuria. La muerte se produce por uremia. La inhalación de vapores de cromo por largos periodos,

causa ulceración indolora, hemorragia y perforación del tabique nasal, acompañado de secreción nasal fétida, también se ha observado conjuntivitis, lagrimeo y hepatitis aguda con ictericia. Los datos de laboratorio indican que en personas que sobrepasan el valor máximo permisible de cromo hexavalente (Cr^{6+}) en el organismo, presentan hematuria, proteinuria y deterioro de la función hepatocelular; así mismo los cromatos son irritantes y destructores para todas las células del organismo. En las muertes por envenenamiento agudo, se diagnostica nefritis hemorrágica. (Calabrese, A. y E. Astolfi, 1972, p. 368; Dreisbach, R. y W. Robertson. 1988, pp. 423-430)

En Trujillo, específicamente en los distritos de La esperanza, Porvenir, Florencia de Mora, Moche y Salaverry, la industria del curtido de cueros, es la industria de mayor auge, la misma que se da mayormente de manera informal. Industria que ha alcanzado en la actualidad un gran desarrollo con el uso de la tecnología moderna, prueba de ello es la obtención de productos de óptima calidad, juntamente con ello se han presentado nuevos problemas como la contaminación ambiental. (Ibáñez, V. y J. Plasencia. 1997. pp. 1-18).

Trujillo, es el segundo productor de pieles y cueros después de Lima, contando con 122 curtiembres formales, distribuidas de siguiente manera: distrito de Trujillo 17.21%, Porvenir 24.59%, Florencia de Mora 8.20%, La Esperanza 46.72% Laredo 0.82% y Moche 2.46%. La curtiembre "Los Líderes S.A" como otras curtiembres de Trujillo, para cumplir con la demanda de cuero, importa materia prima de Ecuador por lo que el proceso de curtido, implica una mayor descarga diaria de soluciones residuales al sistema de alcantarillado (López, M. 1999, pp. 1-15)

En Arequipa existen reportes de concentración elevadas de cromo hexavalente, que están por arriba de los 637 mg/l, en los efluentes de las industrias de curtido de cuero (ver anexo A), los cuales sobrepasan los valores máximos permisibles de 0.10 mg/l según D.S. N° 010-2010-MINAM (ver anexo B) (García, 1993, pp. 3-16).

En las últimas décadas, los estudios han logrado determinar que el cromo reacciona acumulándose en los tejidos de los organismos, lo que causa efectos de inhibición enzimática y teratológica, en muchos casos la muerte de estos organismos expuestos en este medio acuático. La mayoría de industrias dedicadas al curtido de cuero vierten sus residuos químicos en los colectores comunes, los mismos que llegan a los ríos, los que se proveen de agua las personas, animales y plantas, de forma directa o indirecta (Venegas, 1998, pp. 1-12, Chancap, 1996, pp. 3,17).

Buscando la manera de enriquecer el marco teórico de esta investigación, encontramos en la bibliografía que: Las lagunas de oxidación son excavaciones de poca profundidad en el cual se desarrolla una población microbiana compuesta por bacterias, algas y protozoos que conviven en forma simbiótica y eliminan en forma natural patógenos relacionados con excrementos humanos, sólidos en suspensión y materia orgánica, causantes de enfermedades tales como el cólera, el parasitismo, la hepatitis y otras enfermedades gastrointestinales. El uso de sistemas de lagunas de oxidación es un método fácil y eficiente para tratar aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario. Este sistema es efectivo en costos cuando se dispone de suficiente terreno para construir las; es decir, el costo de la tierra no es de un valor limitante. El sistema está compuesto por un tratamiento primario que

consiste en un grupo de trampas que atrapan y separan los elementos sólidos no inherentes al diseño del sistema. En etapas siguientes el agua y sus residuos pasan a un sistema de lagunas, donde permanecen en contacto con el entorno, principalmente el aire natural, experimentando de esta manera un proceso de oxidación y sedimentación, transformándose así la materia orgánica en otros tipos de nutrientes que pasan a formar parte de una comunidad diversa de plantas y ecosistema bacteriano acuático. Luego de este proceso, el agua superficial de las lagunas queda libre entre un 70 % y un 85% de demanda química o biológica de oxígeno, los cuales son estándares apropiados para la liberación de estas aguas superficiales hacia la naturaleza de forma que esta última pueda absorber los residuos sin peligro para el medio ambiente y sus especies. Este proceso en las lagunas de oxidación no garantiza la eliminación del cromo (VI), puesto que su tratamiento para su captación implica un proceso adicional con equipos de mayor costo que nos garantizaran un agua potable libre de cromo (Campos, N. 1990, pp. 231-244).

Respecto al cromo, en 1761 Johann Gottlob Lehmann encontró en los Urales un mineral naranja rojizo que denominó plomo rojo de Siberia; este mineral se trataba de la crocoíta (PbCrO_4), y se creyó que era un compuesto de plomo con selenio y hierro, posteriormente en 1770 Peter Simon Pallas estuvo en el mismo lugar que Lehmann y encontró el mineral, que resultó ser muy útil en pinturas debido a sus propiedades como pigmento. Esta aplicación se extendió con rapidez, por ejemplo, se puso de moda un amarillo brillante, obtenido a partir de la crocoíta. Pero en 1797 Louis Nicolas Vauquelin recibió muestras del mineral y fue capaz de producir óxido de cromo (CrO_3) mezclando crocoíta con ácido clorhídrico (HCl). En 1798 descubrió que se podía aislar cromo

metálico calentando el óxido en un horno de carbón. También pudo detectar trazas de cromo en gemas preciosas, como por ejemplo, en rubíes y esmeraldas. Lo llamó cromo (del griego *chroma*, "color") debido a los distintos colores que presentan sus compuestos. El cromo se empleó principalmente en pinturas y otras aplicaciones hasta que, a finales del siglo XIX, se empleó como aditivo en aceros. Este uso no se extendió hasta principios del siglo XX, cuando se comenzó a obtener cromo metálico mediante aluminotermia. Actualmente en torno a un 85% del cromo se utiliza en aleaciones metálicas. (Fundación Wikipedia: Cromo). Según refiero Otiniano G. et al, en su investigación, advierte que la exposición dérmica tanto al Cr^{3+} como al Cr^{6+} o cromo hexavalente, puede provocar hinchazón y enrojecimiento agudo de la piel; mientras que inhalar niveles altos de Cromo hexavalente, provoca irritación en las membranas respiratorias y nasales. Estos efectos se han observado principalmente en obreros que producen o utilizan Cromo hexavalente durante varios meses o muchos años. Según la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer, dependiente de la Organización Mundial de la Salud, los compuestos de Cromo hexavalente produce lesiones renales hepáticas cancerígenas. (Otiniano G, et al, 2007, p.4). El cromo es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas. Las guías de la OMS para el cromo total, establecen un nivel máximo recomendable de 0.05 mg/l, valor que ha sido prácticamente adoptado por la mayoría de países de América (89.47%) a excepción de Estados Unidos quien tiene un LMP de 0.1 mg/l y Colombia cuyo LMP es de 0.01 mg/l. Tendencia que muestra un comportamiento homogéneo en las leyes referentes al agua potable en países del continente de

americano, para concentraciones de cromo total. (Ver anexo N°C) (Ruiz, A y Bocanegra, A. 2009, pp.19-20).

A continuación las definiciones de Recurso Hídrico, afluente, efluente, contaminación según el Reglamento de la calidad del Agua Para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A: *Recurso hídrico*.- son todos aquellos elementos que conforman el ecosistema acuático, principalmente las aguas, como ríos, riachuelo, lagos, embalses, mares y zonas marinas costeras. *Afluente*.- río o curso de agua que llega o desemboca en otro sistema, pudiendo ser el mar, un río, riachuelo, lago, laguna, u otro. *Efluente*.- la salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para depuración biológica del agua. *Contaminación*.- acumulación indeseable de sustancias, organismos y formas de energía en un sistema. Para Solsana y Mendez en su conclusión respecto a la contaminación de las aguas del país, lo definen como la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por los vertimientos, que superan la capacidad de acumulación del cuerpo receptor y depuración de los recursos hídricos. (Solsana F y Méndez P. 2002).

Según lo expuesto, nuestra investigación nos lleva a formular la siguiente pregunta a resolver: ¿Cuál es el nivel de cromo hexavalente en los pozos tubulares y en los efluentes de drenaje de agua, colindantes a las lagunas de oxidación en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche en el periodo enero agosto del 2010?

Para poder contestar esta pregunta, se planteó que: El nivel de cromo hexavalente en los pozos tubulares y en los efluentes de drenaje de agua,

colindantes a las lagunas de oxidación en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el del Distrito de Moche, se encuentran por encima de los límites máximos permisibles, establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N°031- 2010-S.A. y la norma nacional vigente, D.S. N° 010-2010-MINAM.

De esta manera buscamos alcanzar como objetivo general: Determinar el nivel de cromo hexavalente en mg/l, por análisis químico espectroscópico, en las aguas colindante a las lagunas de oxidación, en el sector América centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche.

Y como objetivos específicos- En primer lugar, determinar el contenido de cromo hexavalente en mg/l, en los pozos tubulares y en los efluentes de drenaje de agua, colindantes a las lagunas de oxidación en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche.- Y en segundo lugar, determinar los niveles de cromo hexavalente en comparación con los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N°031- 2010-SA. y la norma nacional vigente, D.S. N° 010-2010-MINAM.

II. MATERIALES Y METODOS

El material de estudio está conformado por las aguas de los pozos tubulares y efluentes de drenaje colindantes a las lagunas de oxidación, ubicadas en el sector América, centro poblado Torres de San Borja del Distrito de Moche, donde se observó el parámetro químico: Cromo hexavalente (mg/l).

Este parámetro fue observado de manera directa de las muestras obtenidas en campo, bajo un diseño no experimental, en laboratorio con personal técnico especializado, cuyas unidades de concentración son mg por litro (mg/l).

El objeto de estudio está constituido por las aguas subterráneas de los pozos tubulares y efluentes de drenaje de aguas del sector América, centro poblado Torres de San Borja del distrito de Moche, ubicada en la parte nor-occidental del Perú en las coordenadas $08^{\circ}10'17,85''$ latitud sur y $79^{\circ}01'15,41''$ longitud oeste, a una altitud de 8 msnm; a 550 Km al norte de Lima, asentada en el valle Moche, La misma que se encuentran a 7,5 Km al noreste del distrito de Moche y a 152 metros al este del litoral marino.

Para alcanzar los objetivos propuestos se procedió a seleccionar las estaciones de muestreo, eligiendo como estaciones de monitoreo, los lugares más susceptibles de contaminación, y de fácil acceso de acarreo de agua, para uso doméstico y agrícola que vienen haciendo los pobladores del sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche; aguas que son extraídas del sistema de drenaje de aguas que SEDALIB S.A a instalado en el lugar, con la finalidad de controlar el nivel de la napa freática, colindante a las lagunas de oxidación existentes en el lugar.

Por la cercanía y el fácil acceso del poblador al uso de estas aguas, los puntos que se tomaron respecto a las lagunas de oxidación fueron: pozo I (P-I) a 53 metros con dirección al Noreste, pozo II (P-II) a 104 metros con dirección al Noreste, pozo III (P-III) a 930 metros con dirección al Este, efluente I (F-I) a 22 metros con dirección al Este, efluente II (F-II) a 32 metros con dirección al Sureste, de las lagunas de oxidación respectivamente (ver anexo E).

Modelo Experimental

Para la contrastación de la hipótesis de esta investigación que corresponde a una investigación no experimental tipo transeccional. Con un tamaño de muestra provisto de 8 replicas, aplicado a 5 estaciones de muestreo, haciendo un total de 40 pruebas, que permitieron determinar el nivel de cromo hexavalente en mg/l, existente en los pozos tubulares y en los efluentes de drenaje de aguas, colindantes a las lagunas de oxidación ubicadas en el sector América centro poblado Torres de San Borja del Distrito de Moche. (Ruiz, A y C Bocanegra. 2009, PP. 19-20)

El muestro se realizó mensualmente entre enero y agosto 2010, con el propósito de estudiar el nivel de cromo hexavalente en mg/l, en las estaciones de muestreo preestablecidas siguiendo el método estándar: APHA-AWWA-WPCF parte 3500 B. (Ruiz, A. y Bocanegra, C. 2009.)

Para hallar el tamaño de muestra a estudiar empleamos la fórmula siguiente (Ruiz, A y C Bocanegra. 2009, PP. 21-22):

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra requerida.

p = proporción de la población que posee las características que se desea buscar (se asume 97.5%, este dato se basa en reportes estadísticos del centro de salud Moche)

q = p-1

z = nivel de confiabilidad 95% (valor estándar de 1.96).

E = margen de error de 5 % (valor estándar 0.05)

Con estos valores se obtiene un tamaño de muestra: $n = 37.45$

Para el caso en estudio se analizaron 40 muestra que corresponde a 8 replicas por cada uno de los 5 estaciones de muestreo.

Durante la recolección de muestras en las estaciones de muestreo, se tomó en consideración la velocidad y la dirección de la corriente de aguas de los tubos de drenaje (tubos de 10 pulgadas de diámetro, enterrados a una profundidad de 1.40 metros) que pasan por debajo los pozos tubulares y llegan hasta el efluente de desembocadura.

En cuanto al material y tipo de recipiente a utilizar para este parámetro a evaluar, se procedió a preservarlos con HNO₃ hasta un pH<2, en frascos de vidrio de 500ml, previamente etiquetado. (Guía para la toma de muestras del Ministerio de Salud 2001)

Procedimiento Para el Análisis de la Muestra

El procedimiento de análisis de las muestras se realizó de acuerdo a la secuencia que se describe a continuación:

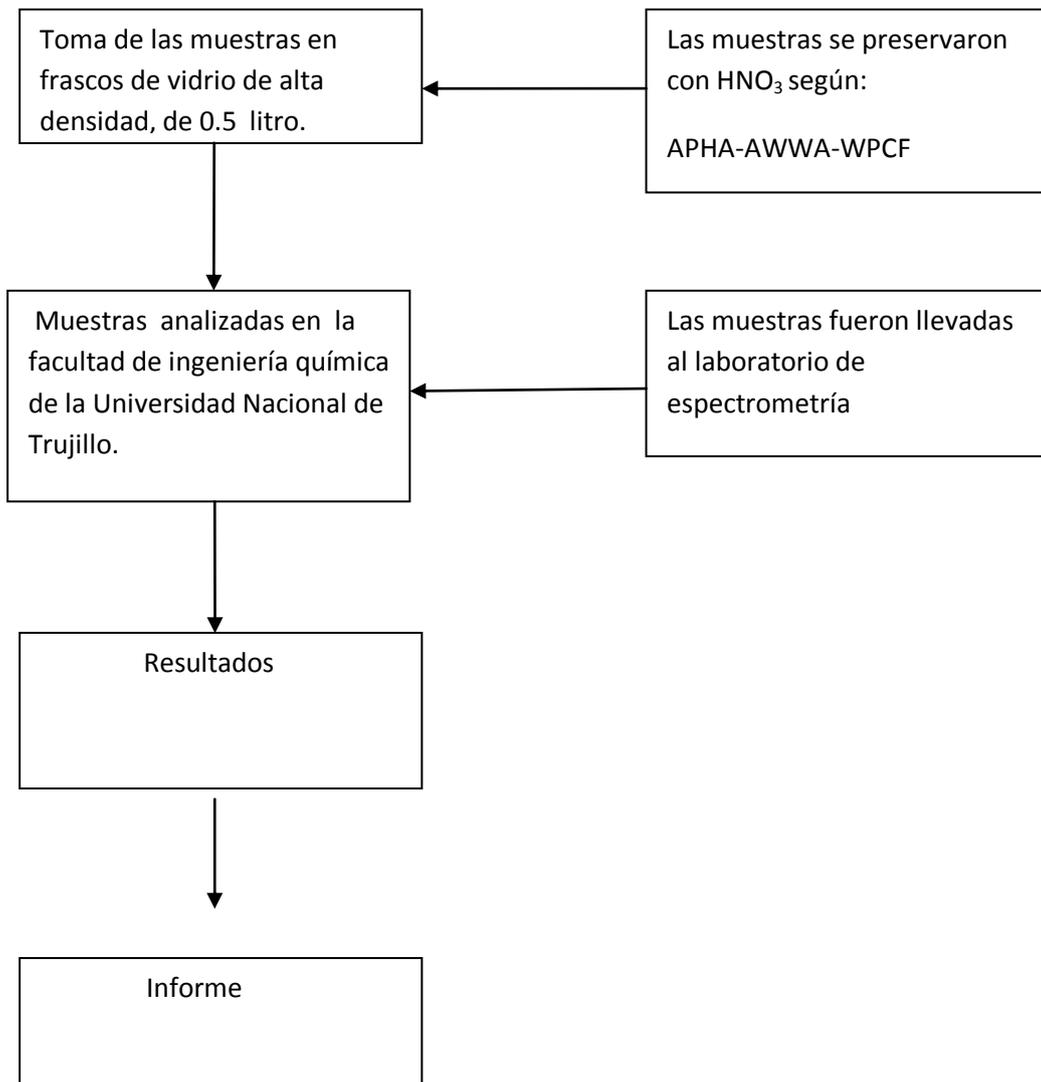


Fig. 2.1 Secuencia del procedimiento de análisis químico para determinar el nivel de cromo hexavalente por espectrometría molecular.

Después de completar los procesos de muestreo, preservación y transporte, el siguiente paso fue el análisis de las muestras en el laboratorio de espectrometría de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de Trujillo.

DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE (Cr^{6+}) POR ESPECTROMETRÍA MOLECULAR

El cromo hexavalente se determina calorimétricamente por una reacción con defenilcarbazida en solución ácida

EQUIPOS:

- PH-metro.
- Balanza analítica Sartorius, con una sensibilidad de 0.1 mg.
- Espectrofotómetro UV/Vis de pH 8452 A con arreglo e diodos.

MATERIALES:

- Vasos de precipitación de: 100 y 250 ml.
- Fiolas de: 50.0; 100.0; 250.0 y 500.0 ml.
- Tubos de ensayo de 15 ml graduado.
- Micropipetas digitales de: 20 a 200 μl y 100 a 1000 μl .

REACTIVOS:

- $\text{K}_2\text{Cr}_6\text{O}_7$ (S), P.A.
- 1.5- defenilcarbazida(S), P.A.
- H_2SO_4 (l), P.A.
- HNO_3 (L), P.A.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados del Análisis Químico por Espectrometría Molecular

La tabla 3.1 muestra los resultados de cromo hexavalente realizados en el laboratorio espectroscópico usando el método de Espectrometría Molecular, de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Tabla 3.1 Resultados del Análisis Químico por Espectrometría Molecular para Determinar el Nivel de Cromo Hexavalente en mg/l

Fuente: Reportes del Laboratorio Espectroscópico de la Facultad de Ingeniería

Parámetro Muestra	Cromo hexavalente (mg/l)								
	R ₁ Enero	R ₂ Febrero	R ₃ Marzo	R ₄ Abril	R ₅ Mayo	R ₆ Junio	R ₇ Julio	R ₈ Agosto	Promedio
P-I	0.170	0.165	0.155	0,172	0,153	0,170	0,161	0,158	0.163
P-II	0.072	0.081	0.064	0,083	0,091	0,062	0,052	0,061	0.0657
P-III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-I	0.335	0.325	0.342	0,305	0,355	0,351	0,350	0,286	0.3311
F-II	0.332	0.318	0.316	0,300	0,345	0,353	0,292	0,262	0.3147

Química de la Universidad Nacional de Trujillo (Enero- Agosto 2010)

Leyenda

P-I, P-II, P-III: Pozos tubulares seleccionados para la toma de muestras.

F-I, F-II: Efluentes de drenaje seleccionados para la toma de muestras.

R_i: Número de réplica (total ocho replicas para cada punto de muestreo).

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hasta el 2009 no se tiene reportes oficiales de estudios que determinen el nivel de metales pesados disueltos en las aguas subterráneas, en los acuíferos y efluentes colindantes a las lagunas de oxidación, ubicado en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche, por alguna entidad pública o privada. En esta investigación para la determinación del nivel de cromo hexavalente (mg/l) durante el monitoreo realizado desde enero a agosto del 2010, se ejecutó con criterio y en base a lo establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N°031- 2010-SA. La que establece que los Límites Máximo Permisible para cromo total disuelto es de 0.05 mg/l.

En el reporte (Tabla 3.1) del laboratorio de espectrometría de la facultad de ingeniería química, de la Universidad Nacional de Trujillo, se registraron las siguientes concentraciones, en promedio general por estación de monitoreo para cromo hexavalente: Para la estación de muestreo P-I 0.163 mg/L, Para la estación de muestreo P-II 0.0657 mg/L, Para la estación de muestreo P-III 0.00 mg/L, Para la estación de muestreo F-I 0.3311mg/L, Para la estación de muestreo F-II 0.3147mg/L.

Según los resultados obtenidos y contrastados con los antecedentes y el marco teórico de esta investigación respecto al cromo hexavalente (Cr^{6+}), se concluye que las aguas de los pozos tubulares y efluente de drenaje colindantes a las lagunas de oxidación, ubicado en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche, están contaminadas y su consumo indirecto o directo; tendrá un efecto cancerígeno en la salud, así lo

advierte el Organismo Mundial de la Salud y la investigación de Otiniano G, et al 2007, p.4. Por otro lado Quer-Brossa, 1983, pp.117-183, nos hace saber que al ingerir cromo hexavalente (Cr^{6+}), el organismo humano se expone a una acción cancerígena sobre los pulmones y el aparato digestivo, por ser el cromo hexavalente un desnaturalizador de proteínas, precipitador de ácidos nucleicos y es difícil de oxidar o eliminar del organismo. Para García, 1993, pp. 3-16, El cromo hexavalente es uno de los contaminantes, que produce mayor impacto negativo en el crecimiento del país, ya que compromete la salud humana, dañando los procesos ecológicos que sostienen la producción de alimentos.

Para Calabrese, A. y E. Astolfi, 1972, p. 368; Dreisbach, R. y W. Robertson. 1988, pp. 423-430, señalan que los reportes de laboratorio indican que las personas que sufren envenenamiento por cromo hexavalente presentan vértigo, sed intensa, dolor abdominal, vómito, choque y oliguria o anuria. (La muerte se produce por uremia). La inhalación de vapores de cromo por largos periodos, causa ulceración indolora, hemorragia y perforación del tabique nasal, acompañado de secreción nasal fétida, También se ha observado conjuntivitis, lagrimeo y hepatitis aguda con ictericia, el cromo y los cromatos son irritantes y destructores para todas las células del organismo. En las muertes por envenenamiento agudo, se diagnostica nefritis hemorrágica.

V. CONCLUSIONES

Tras la evaluación de los resultados obtenidos de este estudio se concluye que.- De acuerdo a las características químicas, la calidad de agua de los pozos tubulares (P-I,P-II) y efluentes de drenaje(F-I,F-II) colindantes a las lagunas de oxidación ubicadas en el sector América, centro poblado Torres de San Borja en el Distrito de Moche, para el parámetro evaluado, cromo hexavalente en mg/l, se encuentra entre 0.355 y 0.052 mg/l, valores que están por encima de 0.05 mg/l para cromo total, establecido como el valor máximo permisible según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N°031- 2010-SA. y la norma nacional vigente, D.S. N°010-2010-MINAM.

En esta investigación se encontró que los niveles de concentración más altos para cromo hexavalente, se registraron en el efluente de drenaje uno (F-I) con una concentración 0.355 mg/l, estación de muestreo que se ubicado a 22 metros al Este de las lagunas de oxidación y la concentración mínima es de 0.052 mg/l, en la estación de muestreo pozo tubular de drenaje dos (P-II) ubicado a 104 metros al Noreste de las lagunas de oxidación, tal como se muestra en la tabla 3.1. Cabe señalar que para la estación de muestreo, pozo III (P-III), ubicado al Este de las lagunas de oxidación a 930 metros, no se registraron niveles de cromo hexavalente, en ninguna de sus ocho replicas, esto se debe a que la corriente de las aguas superficiales viajan de Este a Oeste obedeciendo la pendiente natural del suelo, del mismo modo el tendido de los tubos de drenaje de las aguas subterráneas, se encuentran instaladas

en dirección de Este a Oeste a una profundidad de 1.40 metros, las que desembocan en el mar, ubicado al Oeste de las lagunas de oxidación.

VI. RECOMENDACIONES

Implementar de manera urgente, un plan de diagnóstico y control de salud, con la finalidad de determinar el grado de intoxicación por la ingesta de cromo hexavalente, en los pobladores cuyas viviendas colindan a las lagunas de oxidación ubicado en el sector América, centro poblado Torres de San Borja del Distrito de Moche.

Implementar un plan de control y monitoreo que incluya el uso de tecnología para la remoción de cromo hexavalente (Ver Anexo H) de las aguas del acuífero colindante a las lagunas de oxidación ubicado en el sector América, centro poblado Torres de San Borja del Distrito de Moche, del mismo modo las autoridades competentes deben hacer cumplir el Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N°031- 2010-SA. Y la norma nacional vigente, D.S. N° 010-2010-MINAM en citado lugar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA I. et al, 2010, Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo. Biotecnología, Año 2010, Vol. 14 No. 3

Comentario:

http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2010_3/GALERAS_ART_53FINAL.pdf

Consultado 09 febrero del 2012, Trujillo-Perú.

ARIAS J. 2009, Guía de valores para las sustancias químicas presentes en la naturaleza de importancia para la salud en el agua de bebida II. (pp. 393-398).

Comentario:

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_ann4.pdf

Consultado 26 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

ARMAS, C.; C. ARMAS R. 2001, Tecnología Ambiental en Nuestro Hogar la Nave Sideral Tierra. 1era edición, EDITORIAL APLIGRAF S.R.L. Trujillo-Perú. P.691.

CALABRESE, A.Y ASTOLFI, E. 1972, Toxicología. 2da Edición. EDITORIAL KAPELUSZ, S.A. Buenos Aires Argentina. (P. 368)

CAMPOS, N. 1990, La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María. Caribe Colombiano. EDITORIAL CALDASIA COLOMBIA. (pp. 231-244)

CHANCAPE, 1996, Estudio Químico de las aguas Residuales de una curtiembre. Facultad de Ingeniería química - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo- Perú. (pp. 4-24)

COSTILLA, S. et al. 2010, Manual de Prácticas de Análisis Químico e instrumental. Facultad de Ingeniería química - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo- Perú. (pp. 94-95)

DREISBACH, R. Y W. ROBERTON. 1988. Manual de Toxicología clínica 6 edición, EDITORIAL EL MANUAL MODERNO S.A. - México. (pp. 423-430)

FUNDACIÓN WIKIPEDIA, Cromo

Comentario: http://es.wikipedia.org/wiki/Wikimedia_Commons

Consultado 11 enero del 2011, Trujillo-Perú.

GARCIA A. 2006, Decreto ley General de Aguas.

Comentario: <http://www.standardmethods.org/>

Consultado 26 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

GARCÍA, M. 1993, Guía Técnica para Minimización de Residuos en curtiembres. Resumen Ejecutivo, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente CEPIS. Lima-Perú. (pp. 3-16)

Comentario:<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/005340/005340.pdf>

Consultado: 25 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ C .Y BAPTISTA P. 2003, Metodología de la investigación científica, 3era edición. EDITORIAL MCGRAW HILL, México (p. 270).

IBAÑEZ, V. Y J. PLASENCIA. 1997, Evaluación de los Factores de Reducción de DBO y DQO en el Líquido Residual de Pelambre en el curtido de pieles y cueros. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo-Perú.

LÓPEZ, M. 1999, Minimización de cromo en los efluentes de la etapa de curtido en las curtiembres de Trujillo- Perú. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. Mención Gestión ambiental. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo-Perú.

MALLIA, M. et al, 2011. Fitorremediación de Aguas Residuales Contaminadas de Cromo con Especies de la Familia Cannaceae.

Comentario: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/reyna.pdf>

Consultado: 10 febrero del 2012, Trujillo-Perú.

Martínez, R. 2010. Remoción y Reducción de Cromo vi en Solución por la Cáscara de Lichee.

Comentario:

http://www.inageq.org.mx/Actas_2010/PDF/A6_IsmaeoAcosta_Resumen_1.pdf

Consultado: 10 febrero del 2012, Trujillo-Perú.

MOCHE-PERÚ- GOOGLES MAPS.

Comentario: <http://maps.google.es/maps?f=q&s>

Consultado: 25 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

MOREYRA A. 2006, Informe del apoyo técnico al taller para transferencias de tecnologías limpias para PYMES del sector curtiembre, 2006. Comentario: www.concytec.gob.pe/proy-oea/5.doc

Consultado 25/02/10.

OTINIANO G; TUESTA C Y E.A. 2007, Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*.

Comentario: revistamedica@ucv.edu.pe

Consultado 20 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

PELLÓN A. et al, 2003, Empleo de Microalga *Scenedesmus Obliquas* en la Eliminación de Cromo Presente en Aguas Residuales Galvánicas. *Rev. Metal Madrid* 39 (2003) 9A6, (c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc).

Comentario: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>

Consultado 10 febrero del 2012, Trujillo-Perú.

QUER-BROSSA, S. 1983, Toxicología Industrial. EDITORIAL. SALVAT S.A. Barcelona- España. (pp. 177-183)

RUIZ, A Y C BOCANEGRA. 2009, Determinación del índice de calidad de agua subterránea y nivel de concentración de nitratos en el acuífero de la ciudad de Trujillo en el año 2009. pp. 19-20. ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo-Perú

SOLSONA F. Y P. MÉNDEZ. Norma de calidad para el agua de bebida de suministro público. Comentario: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/cd-cagua/guias/a.resumen/6.impsalud.pdf> .

Consultado 25 febrero del 2010, Trujillo-Perú.

VENEGAS, V. 1998, Evaluación de la Contaminación Química de los Efluentes Residuales de la Curtiembre el Cortijo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Trujillo.-Perú. (3-25)

ANEXOS

ANEXO A

Resumen de composición de efluentes líquidos de curtiembres de Arequipa (2006)

NOMBRE EMPRESA	pH	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	Sulfuro (mg/l)	Cromo VI (mg/l)	Cromo Total (mg/l)	N-NH4 (mg/l)
Curtiembre Herbert Martínez	4.6	475.0	1131.0	50.0	3.64	9.10	39.42	2.24
Los Ángeles EIRL	4.4	840.0	1863.4	36.0	14.18	210.55	738.0	2.52
Curtiembre Feliciano Livise	4.7	870	2031.9	38	31.64	10.52	37.58	1.12
Curtiembre Gorky Sosa Gómez	12.2	350	867.1	92.50	59.27	0.77	2.306	0.7
Curtiembre Kero	9.2	197.5	418.0	32.0	3.64	3.50	17.29	0.42
Curtiembre las Mercedes	8.5	1320	2975.9	660	75.20	53.21	183.64	6.44
Curtiembre Leoncio Flores Vilca	3.7	1785	4137.9	28	22.18	< 0.01	0.034	11.62
Los Angeles EIRL	6.1	2055.0	4508.8	50.5	96.73	637.45	2242.0	24.92
Industria del cuero Austral SRL	10.2	1100	2456.8	48	50.18	1.92	7.082	20.86
Curtiembre Pacheco SRL	3.9	1905	4336.7	58	75.27	372.05	1335.6	7.7
Curtiembre PRODECUR	5.5	1575	3544.6	950	38.55	363.64	1272.75	15.96
Curtiembre Rosario SAC	3.7	2145	4311.0	275	58.55	15.40	64.87	18.72
Curtiembre Erick el Picha	12	7800	16100.5	19621.6	173.82	< 0.01	< 0.005	17.22
Sur Leder SA	11.7	1250.0	3124.3	58	143.20	2.05	7.082	12.32
Promedio	9.55	1694.6	3700.5	1571.25	60.43	69	424.31	10.20
V.R del DS 003-2002 PRODUCE	6.5 - 9.5	1000	2500	1000	10	0.5	5	50

*V.R. = Valor Referencial establecido en el DS 003-2002 PRODUCE

Fuente: www.concitec.gob.pe/proy-oea/5.doc

ANEXO B

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6-9	6-9
Sólidos totales	mg/L	50	25
Suspensión			
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente(*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

Fuente: Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

(*) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna "Límite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

ANEXO C

ESTANDARES DE AGUA POTABLE EN AMERICA

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE								
MICROBIOLÓGICOS								
Contaminante	Unidad	OMS	Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	0	0	0	0	0	ND
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	3	0	0	1	1	1
INORGÁNICOS								
Arsénico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.005	0.005	0.01	0.003	0.003
Cianuro	mg/L	0.07	0.1	0.07	0.1	0.2	0.1	0.1
Cobre	mg/L	2	1	1	1	1	1	1
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01
Nitrato	mg/L	50	45	ND	10	10	10	10
Nitrito	mg/L	3	0.1	0.1	ND	1	0.1	0.1
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01
Selenio	mg/L	0.01	ND	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ORGÁNICOS								
Benceno	ug/L	10	10	5	10	ND	ND	10
Benzopireno	ug/L	0.7	0.01	0.2	0.01	ND	ND	0.01
Monoclorobenceno	ug/L	300	300	ND	ND	ND	ND	300
Tetracloruro de Carbono	ug/L	2	3	ND	3	ND	ND	2
Acilamida	ug/L	0.5	ND	0.5	ND	ND	ND	0.5
PLAGUICIDAS								
Aldrina/dieldrina	ug/L	0.03	0.03	ND	0.03	0.03	ND	0.03
Clordano	ug/L	0.2	0.3	ND	0.3	0.3	0.2	0.2
2.4 D	ug/L	30	100	ND	100	100	ND	100
Lindano	ug/L	2	3	ND	3	3	ND	3
Metoxicloro	ug/L	20	30	ND	30	30	ND	30
DESINFECTANTES SECUNDARIOS								
Cloroformo	ug/L	200	ND	ND	ND	ND	30	ND
Bromoformo	ug/L	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND
RADIATIVOS								
Alfa Global	Bq/L	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Beta Global	Bq/L	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SUSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR QUEJAS EN LOS USUARIOS								
Aluminio	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.25	0.2	0.3
Amoniaco	mg/L	1.5	0.2	0.5	ND	ND	ND	ND
Cloruro	mg/L	250	350	250	250	250	250	250
Hierro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodio	mg/L	200	ND	200	ND	ND	ND	200
Sólidos Disueltos	mg/L	1000	1500	1000	1000	1000	500	1000
Zinc	mg/L	3	5	5	5	5	5	5
Turbiedad	UNT	5	3	5	1	5	5	5
Color	UCV	15	5	15	5	20	15	15

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-comparativa-estándares-OMS-UE.htm>

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE							
MICROBIOLÓGICOS							
Contaminante	Unidad	OMS	Canada	USA	México	Costa Rica	El Salvador
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	0	0	0	0	0
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	0	0	0	ND	0
INORGÁNICOS							
Arsénico	mg/L	0.01	0.025	0.01	0.025	0.01	0.01
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.005	0.005	0.05	0.003
Cianuro	mg/L	0.07	0.2	0.2	0.07	0.05	0.05
Cobre	mg/L	2	1	1.3	2	2	1
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Nitrato	mg/L	50	45	10	10	50	45
Nitrito	mg/L	3	3.2	1	1	3	1
Plomo	mg/L	0.01	0.01	0.015	0.025	0.01	0.01
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01
ORGÁNICOS							
Benceno	ug/L	10	5	5	ND	ND	5
Benzopireno	ug/L	0.7	0.01	0.2	ND	0.7	0.2
Monoclorobenceno	ug/L	300	80	ND	ND	300	100
Tetracloruro de Carbono	ug/L	2	5	5	ND	2	2
Acrilamida	ug/L	0.5	ND	ND	ND	0.5	0
PLAGUICIDAS							
Aldrina/dieldrina	ug/L	0.03	0.07	ND	0.03	0.03	0.03
Clordano	ug/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2,4 D	ug/L	30	ND	70	30	30	ND
Lindano	ug/L	2	4	2	ND	2	ND
Metoxicloro	ug/L	20	90	40	ND	20	ND
DESINFECTANTES SECUNDARIOS							
Cloroformo	ug/L	200	ND	ND	ND	200	ND
Bromoformo	ug/L	100	ND	ND	ND	100	ND
RADIATIVOS							
Alfa Global	Bq/L	0.1	ND	0.5	0.1	ND	0.5
Beta Global	Bq/L	1	ND	4	1	ND	ND
SUSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR QUEJAS EN LOS USUARIOS							
Aluminio	mg/L	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.05
Amoniaco	mg/L	1.5	ND	ND	ND	0.5	0.5
Cloruro	mg/L	250	250	250	ND	250	250
Hierro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodio	mg/L	200	200	ND	200	200	150
Sólidos Disueltos	mg/L	1000	500	500	1000	1000	600
Zinc	mg/L	3	5	5	5	3	5
Turbiedad	UNT	5	5	5	5	5	5
Color	UCV	15	15	15	20	15	15

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-comparativa-estándares-OMS-UE.htm>

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE							
MICROBIOLÓGICOS							
Contaminante	Unidad	OMS	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Rep Dominicana
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	2.2	0	0	ND	0
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	2.2	3	4	ND	ND
INORGÁNICOS							
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Cadmio	mg/L	0.003	0.003	ND	0.05	0.003	0.01
Cianuro	mg/L	0.07	0.07	ND	0.05	0.001	0.05
Cobre	mg/L	2	1.5	2	2	1	1
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	ND
Nitrato	mg/L	50	45	50	50	10	45
Nitrito	mg/L	3	0.01	3	1	1	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
ORGÁNICOS							
Benceno	ug/L	10	5	ND	ND	ND	ND
Benzopireno	ug/L	0.7	0.2	0.7	0.7	ND	ND
Monoclorobenceno	ug/L	300	100	300	300	ND	ND
Tetracloruro de Carbono	ug/L	2	5	2	2	ND	ND
Acilamida	ug/L	0.5	ND	0.5	0.5	ND	ND
PLAGUICIDAS							
Aldrina/dieldrina	ug/L	0.03	0.03	0.03	0.03	ND	ND
Clordano	ug/L	0.2	0.2	0.2	0.2	ND	ND
2.4 D	ug/L	30	30	ND	ND	ND	ND
Lindano	ug/L	2	2	ND	2	ND	ND
Metoxicloro	ug/L	20	35	20	20	ND	ND
DESINFECTANTES SECUNDARIOS							
Cloroformo	ug/L	200	200	200	200	ND	ND
Bromoformo	ug/L	100	100	100	100	ND	ND
RADIATIVOS							
Alfa Global	Bq/L	0.1	ND	ND	ND	0.1	0.1
Beta Global	Bq/L	1	ND	ND	ND	1	1.11
SUSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR QUEJAS EN LOS USUARIOS							
Aluminio	mg/L	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	ND
Amoniaco	mg/L	1.5	ND	ND	0.5	ND	ND
Cloruro	mg/L	250	250	ND	250	ND	600
Hierro	mg/L	0.3	1	ND	0.3	0.3	0.3
Sodio	mg/L	200	ND	200	200	ND	ND
Sólidos Disueltos	mg/L	1000	500	1000	1000	500	1500
Zinc	mg/L	3	70	3	3	5	5
Turbiedad	UNT	5	15	5	5	1	10
Color	UCV	15	35	15	15	15	50

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-comparativa-estándares-OMS-UE.htm>

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE						
MICROBIOLÓGICOS						
Contaminante	Unidad	OMS	Paraguay	Peru	Uruguay	Venezuela
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	0	0	0	ND
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	3	0	0	ND
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0.01	0.5	0.01	0.05	0.01
Cadmio	mg/L	0.003	ND	0.003	0.01	0.003
Cianuro	mg/L	0.07	ND	0.07	0.1	0.07
Cobre	mg/L	2	ND	1	1	2
Cromo	mg/L	0.05	ND	0.05	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.001	ND	0.001	0.001	0.001
Nitrato	mg/L	50	45	50	10	45
Nitrito	mg/L	3	ND	3	1.5	0.03
Plomo	mg/L	0.01	ND	0.01	0.05	0.01
Selenio	mg/L	0.01	ND	0.01	0.01	0.01
ORGÁNICOS						
Benceno	ug/L	10	ND	10	ND	10
Benzopireno	ug/L	0.7	ND	ND	ND	0.7
Monoclorobenceno	ug/L	300	ND	ND	ND	ND
Tetracloruro de Carbono	ug/L	2	ND	ND	ND	ND
Acrilamida	ug/L	0.5	ND	ND	ND	0.5
PLAGUICIDAS						
Aldrina/dieldrina	ug/L	0.03	ND	ND	ND	ND
Clordano	ug/L	0.2	ND	0.2	ND	0.2
2.4 D	ug/L	30	ND	30	ND	30
Lindano	ug/L	2	ND	2	ND	2
Metoxicloro	ug/L	20	ND	20	ND	20
DESINFECTANTES SECUNDARIOS						
Cloroformo	ug/L	200	ND	ND	ND	200
Bromoformo	ug/L	100	ND	ND	ND	100
RADIATIVOS						
Alfa Global	Bq/L	0.1	ND	ND	0.1	0.1
Beta Global	Bq/L	1	ND	ND	1	1
SUSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR QUEJAS EN LOS USUARIOS						
Aluminio	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2
Amoniaco	mg/L	1.5	ND	1.5	ND	ND
Cloruro	mg/L	250	ND	250	300	300
Hierro	mg/L	0.3	ND	0.3	0.3	0.3
Sodio	mg/L	200	ND	200	200	200
Sólidos Disueltos	mg/L	1000	1000	1000	1000	1000
Zinc	mg/L	3	5	3	5	5
Turbiedad	UNT	5	5	5	5	5
Color	UCV	15	15	15	10	15

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-comparativa-estándares-OMS-UE.htm>

ANEXO D

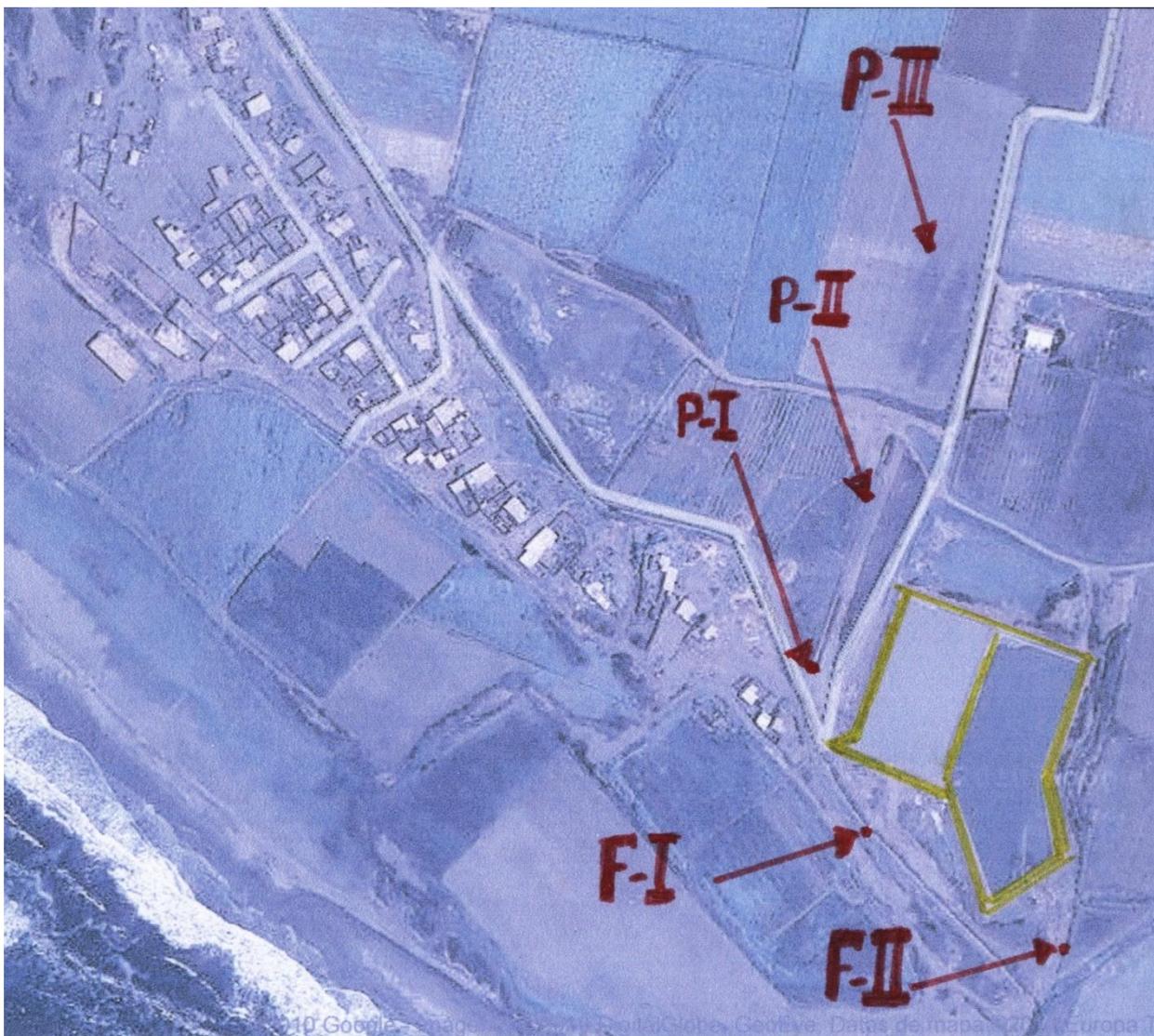
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Fuente Decreto Supremo -031-2010- SA.

ANEXO E

Mapa de ubicación del os cinco puntos de monitoreo de aguas colindantes a las lagunas de oxidación



Fuente: <http://maps.google.es>

Leyenda

A : lagunas de oxidación

P (I), P (II), P (III): pozo tubular de drenaje

F (I), F (II): afluyente de drenaje.

ANEXO F

REPORTE DE DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE (Cr^{6+}) POR
ESPECTROMETRÍA MOLECULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACIÓN

LASACI



REPORTE DE ANALISIS

SOLICITANTE : ING. MOZO VALDIVIESO RONAL FREDI

MUESTRA : AGUA DE ACUIFERO-SECTOR AMERICA-MOCHE

FECHA DE INGRESO : MAYO, JUNIO, JULIO Y AGOSTO DEL 2010

MUESTRA PUESTA EN EL LABORATORIO

MUESTRA	P-I	P-II	P-III	F-I	F-II
Parámetro (mes)					
Mg Cr⁶⁺/L (mayo)	1.53	0.91	0.00	0.345	0.355
Mg Cr⁶⁺/L (junio)	0.170	0.62	0.00	0.351	0.353
Mg Cr⁶⁺/L (julio)	0.161	0.052	0.00	0.350	0.292
Mg Cr⁶⁺/L (agosto)	0.158	0.061	0.00	0.286	0.262

TRUJILLO, 26 DE AGOSTO DEL 2010


De NOE COSTILLA SÁNCHEZ
DIRECTOR

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

ANEXO G

UBICACIÓN DE LA CURTIEMBRE “LÍDERES S.A” EN MOCHE



Foto N°1: Curtiembre “Lideres S.A”



Foto N°2: Alcantarillado



Foto N°3: Cancha de secado de cuero



Foto N°4: Recojo de cuero seco

UBICACIÓN DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN



Foto N°5: Lagunas de oxidación



Foto N°6: Lagunas de oxidación

UBICACIÓN DEL EFLUENTE DE DRENAJE UNO (F-I)



Foto N°7: Salida del F-I



Foto N°8: Desenbocadura del F-I



Foto N°9: Desembocadura del F-I



Foto N°10: Desembocadura del F-I

UBICACIÓN DEL EFLUENTE DOS (F-II)



Foto N°11: Desembocadura del F-II



Foto N°12: Desembocadura del F-II



Foto N°13: Desenbocadura del F-II



Foto N°14: Desenbocadura del F-II

UBICACIÓN DEL POZO TUBULAR DE DRENAJE UNO (P-I)



Foto N°15: Ubicación P-I



Foto N°16: Ubicación P-I



Foto N°17: Ubicación P-I



Foto N°18: Ubicación P-I

UBICACIÓN DEL POZO TUBULAR DE DRENAJE DOS (P-II) Y (P-III)



Foto N°19: Ubicación P-II



Foto N°20: Ubicación P-II



Foto N°21: Ubicación P-II



Foto N°22: Ubicación P-III

RECOJO DE MUESTRAS



Foto N°23: Muestra P-I



Foto N°24: Muestra F-II



Foto N°25: Muestra P-II



Foto N°26: Muestra P-III



Foto N°28: Muestra F-I

ANEXO H

TECNOLOGÍAS QUE PERMITEN LA REMOCIÓN DE CROMO

HEXAVALENTE EN SOLUCIONES ACUOSAS

01. Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo (*Tamarindus indica*)

Ismael Acosta*¹, Viviana López¹, Elida Coronado¹, Juan F. Cárdenas¹ y Víctor M. Martínez²

BioTecnología, Año 2010, Vol. 14 No. 3

http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2010_3/GALERAS_ART_53FINAL.pdf

Remoción de Cromo (VI) en solución por cáscara de tamarindo por el método de la Difenilcarbazida. Puede removerse por reducción, precipitación química, adsorción e intercambio iónico, y actualmente, el proceso más utilizado es la adición de un agente reductor que convierta el Cr (VI) a Cr (III) y posteriormente se le precipita con soluciones básicas a Cr (OH)₃. Recientemente, se ha estudiado el aislamiento de microorganismos resistentes y su capacidad de remoción y/o reducción de Cr (VI), como la bacteria *Staphylococcus saprophyticus*, las levaduras *Candida* sp., *Candida maltosa*, y los hongos filamentosos *Penicillium* sp. , *Trichoderma inhamatum* y *Aspergillus niger*. Por otro lado, también se han utilizado materiales de desecho, para la eliminación y/o recuperación de metales pesados de efluentes industriales contaminados, entre los que se encuentran: residuos de manzana , corteza de árbol, cáscara de avellana, cáscara de mandarina y naranja por lo que es de gran interés analizar otros materiales de desecho por ser económicamente rentable, para eliminar el Cromo (VI) de aguas y suelos contaminados, así como la biorremediación con cascara de Tamarindo (*Tamarindus indica*), del

cual se ha descrito su capacidad de bioadsorción de Cromo (VI) utilizando las semillas, y la cáscara tratada con HCl y ácido oxálico.

0.2 Empleo de Microalga *Scenedesmus Obliquus* en la Eliminación de Cromo Presente en Aguas Residuales Galvánicas.

A. Pellón', E Benítez*, J. Frades", L. García**, A. Cerpa" y EJ. Alguacil****

Rev. Metal Madrid 39 (2003) 9A6

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>

Algunos microorganismos toman los metales pesados del medio ambiente, siendo capaces de concentrar y acumular grandes cantidades de los mismos en diferentes estructuras citoplasmáticas, sin que lleguen a ocasionar efectos tóxicos en los mismos. Las microalgas *scenedesmus obliquus* son un ejemplo de este comportamiento, ya que tienen afinidad por los metales polivalentes como el cromo, de ahí la posibilidad de su aplicación como agentes descontaminantes en aguas que contengan iones metálicos disueltos como método alternativo cuando no se pueda utilizar otro método de recuperación.

03. Fitorremediación de Aguas Residuales Contaminadas de Cromo con Especies de la Familia Cannaceae

<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/reyna.pdf>

Mallia M. Auxilia D.*

Se estudia la remoción de cromo en sus estados (III) y (VI) mediante fitorremediación con *Canna indica* y *Canna glauca*, plantas tropicales adaptables al medio acuático (emergentes). Se emplean rectores que simulan humedales de flujo superficial, y se estudia la capacidad de ambas especies de remover el metal del agua. Entre estos tratamientos se encuentra la fitorremediación, técnica natural que utiliza plantas verdes para la descontaminación de aguas, suelos y aire, y que representa una opción bastante atractiva para descontaminar las aguas residuales. Esta técnica se encuentra en fase de investigación, por lo cual su aplicación no se ha extendido a nivel industrial.

04. REMOCIÓN Y REDUCCIÓN DE CROMO VI EN SOLUCIÓN POR LA CÁSCARA DE LICHEE (*Litchi chinensis* Soon)

Rigoberto Martínez Pérez¹, Diana Carina Bautista Mata¹, Patricia Sandoval Ibarra¹,
Juan F. Cárdenas González¹, Víctor Manuel Martínez Juárez² e Ismael Acosta Rodríguez¹. ¹Laboratorio de Micología Experimental. Facultad de Ciencias Químicas.

http://www.inageq.org.mx/Actas_2010/PDF/A6_IsmaeoAcosta_Resumen_1.pdf