

ESPACIALIZACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS CROMO, ZINC Y PLOMO EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL FABRILFAME Y PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE SUELOS

PAULINA GUEVARA GARCÍA, MONTES PAGUAY LUIS EDWIN

CARRERA DE INGENIERIA GEOGRAFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCION

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

Av. El Progreso, S/N. Sangolquí-Ecuador.

pvquevara@espe.edu.ec ; mluis3125@hotmail.com

RESUMEN

El desarrollo industrial en el Ecuador ha provocado un incremento del uso de metales pesados en los diferentes procesos industriales. En el País son pocas las industrias que disponen de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Estas aguas residuales pueden llevar contaminantes, los mismos que toman contacto con el suelo contaminándolo. El complejo industrial FABRIL FAME en sus diferentes procesos industriales produce una gran variedad de residuos, los mismos que contienen diferentes compuestos químicos que pueden producir contaminación en el suelo del complejo. El objetivo de esta investigación empleando los sistemas de información fue la de elaborar un modelo de predicción de concentraciones de Cromo, Plomo y Zinc en el suelo del complejo industrial FABRIMIL FAME y poder determinar si existe o no contaminación con estos metales. Si existiera contaminación y con el fin de poder presentar la fitorremediación como una alternativa de remediación de suelos contaminados, se analizó el poder bioacumulador de metales pesados en seis tipos de tubérculos endémicos del Ecuador, análisis que nos pudo determinar que los tubérculos factibles para realizar el proceso de fitorremediación son la Papa, el Rábano y la Papa China.

ABSTRACT

Industrial development in Ecuador has led to increased use of heavy metals in different industrial processes. The country has few industries that have a system of wastewater treatment. This wastewater can carry pollutants, taking the same ground contact contaminating. The FABRIL FAME industrial complex in different industrial processes produce a variety of waste there of containing different chemicals that can cause contamination in the soil complex. The objective of this investigation is used information systems was to develop a model for predicting concentrations of chromium, lead and zinc in the soil FABRIMIL FAME industrial complex and to determine whether or not there is contamination with these metals. If there is contamination and in order to present phytoremediation as an alternative remediation of contaminated soils, bioaccumulative heavy metal to be analyzed in six types of endemic tubers of Ecuador, analysis could determine that we carry the tubers feasible phytoremediation process are Potato, Radish and Potato China.

INTRODUCCIÓN

Los problemas de contaminación se han dado a través de los tiempos, sea en forma natural como por ejemplo el paso de un acuífero en estratos ricos en arsénico o por acción del hombre, el mismo que se ha ido incrementando desde la Revolución Industrial, donde de forma gradual se fueron generando diferentes tipos de residuos. Al principio no se prestaba interés por la generación de residuos porque se confiaba en la capacidad del medio para asimilarlos y se desconocía además sus efectos devastadores. A partir de los años 60 se empezó a tener conciencia del problema de los contaminantes ambientales. (Castillo, 2005).

Una de las consecuencias más negativas de la revolución industrial ha sido la dispersión de los contaminantes en el agua, atmósfera y suelo. De éstos, el suelo es el medio más estático, donde los contaminantes pueden permanecer durante mucho tiempo. Esta permanencia a largo plazo es

especialmente grave en el caso de contaminantes inorgánicos como los metales pesados, que no pueden ser degradados. Su persistencia, acumulación progresiva y/o su transferencia a otros sistemas supone una amenaza para la salud humana y la de los ecosistemas. (Becerril J.M., 2007)

Se debe tener presente que en nuestro país, las autoridades ambientales no aplican correctamente lo que cita el Art. 42 del T.U.L.S.M.A (Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente) que textualmente dice *“Determinar, a nivel nacional, los límites permisibles para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; emisiones al aire incluyendo ruido, vibraciones y otras formas de energía; vertidos, aplicación o disposición de líquidos, sólidos o combinación, en el suelo”*.

El Plomo es un metal de baja densidad, se descomponen con la acción de la temperatura y el agua; este metal forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. Ha sido conocido y explotado a través de los años por muchas aplicaciones, especialmente en combustibles y en algunos procesos industriales. El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana.

El precio de recuperar los ecosistemas contaminados es incalculable, y es por ello que los gobiernos, las industrias y la sociedad han reconocido la necesidad de utilizar alternativas más económicas a los métodos tradicionales fisicoquímicos. No es de extrañar que la fitorremediación constituya una de las metodologías en expansión, considerándose como una tecnología muy competitiva y económica. (Arrieta Ramírez, 2011).

La *fitorremediación* de suelos contaminados se basa en el uso conjunto de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo. Este grupo de *fitotecnologías* reúne un gran número de ventajas, especialmente la limpieza y la economía; no utilizan reactivos químicos peligrosos, ni afectan negativamente a la estructura del suelo, sólo aplican prácticas agrícolas comunes; además, el proceso se realiza *'in situ'* evitando costosos transportes.

Para su implementación se debe analizar el tipo y la cantidad de contaminante que se quiere remover, el entorno o las condiciones que presenta el lugar, y el tipo de planta a utilizar, en consecuencia es importante realizar un estudio de plantas endémicas hiperacumuladoras en la zona que puedan ser utilizadas, en el caso de que no existan, sería importante encontrar una que pueda desarrollarse de manera efectiva aceptando las condiciones del sitio.

Esta tecnología es sostenible gracias a que se emplean maquinarias, técnicas y suministros conocidos en agricultura, resultando de fácil implantación y mantenimiento, además son poco perjudiciales para el ambiente y no afecta negativamente a los suelos ni a las comunidades aledañas.

Se debe destacar que la tecnología todavía está en proceso de desarrollo ya que aún se presentan ciertos inconvenientes o limitantes como son la profundidad que puedan alcanzar las rizosfera en el suelo contaminado o también de los largos periodos necesarios para completar la recuperación.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

EQUIPO.- Se utilizo un Equipo de absorción atómica Perkin Elmer analyst 200, con sistema de Detección de llama. Las condiciones de trabajo establecidas se detallan en la Tabla 1,

Tabla 1. Condiciones del equipo de Absorción Atómica para la determinación de Plomo, Cromo y Zinc

	PLOMO	CROMO	ZINC
Longitud de onda:	283.31 nm	357.87 nm	213.86 nm
Flujo de Oxidante: Aire	10 L/min	8 L/min	10 L/min
Flujo de Acetileno: Acetileno	2.5 L/min	4 L/min	2.5 L/min
Flama directa:	Aire – Acetileno	Aire – Acetileno	Aire – Acetileno
Rango de trabajo lineal	0,1 a 10 ppm	0,1 a 10 ppm	0,1 a 1 ppm
Solución de chequeo	8 ppm	4 ppm	0,5 ppm

REACTIVOS, ESTÁNDAR Y FORTIFICADOS.- El reactivo utilizado fue Ácido Nítrico Emsure al 65% 1.39 g/cm³; entre los estándares está Pb al 2% HNO₃ 1000 ug/ml, Cromo al 2% HNO₃ 1000 ug/ml y Zn al 2% HNO₃ 1000 ug/ml.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Recolección de la muestra

Una vez identificada y definida el área de estudio y los sitios con probabilidades de mayor exposición de contaminantes (Piscina de tratamiento abandonada, y galpones de pintura de munición), se determinó un número total de 42 muestras distribuidas de la siguiente manera; 29 muestras en los vértices de una cuadrícula de 100 metros, 8 muestras en los lugares de posible contaminación sector industrial y 5 muestras de validación del modelo espacial realizado.

Para los tubérculos que se plantearon en este estudio, la cantidad de suelo que se empleo fue de 4 a 10 Kg de suelo, y en cada muestreo fue de 2 gr. para su posterior análisis. La cantidad de contaminación intencional se hizo en referencia a la metodología empleada por Dra. Meneses L, 2009 que dice;” Ya en la décima semana y durante 5 días se añadió un litro de las soluciones de cloruro de cadmio en las siguientes concentraciones: 0.5, 2.5, 10 y 20mg/L a cada contenedor excepto uno que sirvió de blanco”. (Dra. Meneses L, 2009).



Foto 1. Tubérculos estudiados en diferentes concentraciones de contaminación intencional.



Foto 2. Toma de muestras en el complejo industrial FABRILFAME.

Pre tratamiento

Se tomaron aproximadamente 4gr. de suelo, se colocó a 75°C por 24h, consecutivo a esto se pesó 2gr. de suelo seco y se sometió al proceso de extracción del metal Cromo, Plomo y Zinc para su posterior medición de concentración de estos metales en el equipo de Absorción Atómica.

Proceso de Extracción

La digestión se realizó con 10 ml. de ácido nítrico al 10%, mediante una plancha de calentamiento se volatilizo y se filtro 10ml. de extracto de cada una de las muestras de suelo, y tubérculo (hoja, tallo y raíz) para su posterior lectura en el equipo de Absorción Atómica Perkin Elmer

Método para determinar la bioacumulación de Cromo en los tubérculos.

Inicialmente se realizó la siembra de tubérculos en maseteros, los mismos que se ubicaron en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente de la ESPE matriz acantonado en la parroquia de Sangolqui del cantón Rumiñahui.

Se realizó una contaminación intencional regando 100ml. del contaminante una vez por semana en cada una de las plantas con una concentración conocida.

Se tomo como referencia los métodos estándar 3030 (digestión de metales) y 3111 (flama directa de aire-acetileno) se procederá a realizar el análisis correspondiente en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Geográfica la capacidad de sorción de Cr en cada tubérculo por contaminación intencional del suelo.

Para realizar estos análisis, mediante el espectrofotómetro de Absorción Atómica se realizo el siguiente procedimiento:

- Preparación de una solución patrón.
- Preparación de Estándares de cromo.
- Digestión de la muestra.
- Determinación de la concentración en el equipo de espectrofotometría de absorción atómica.

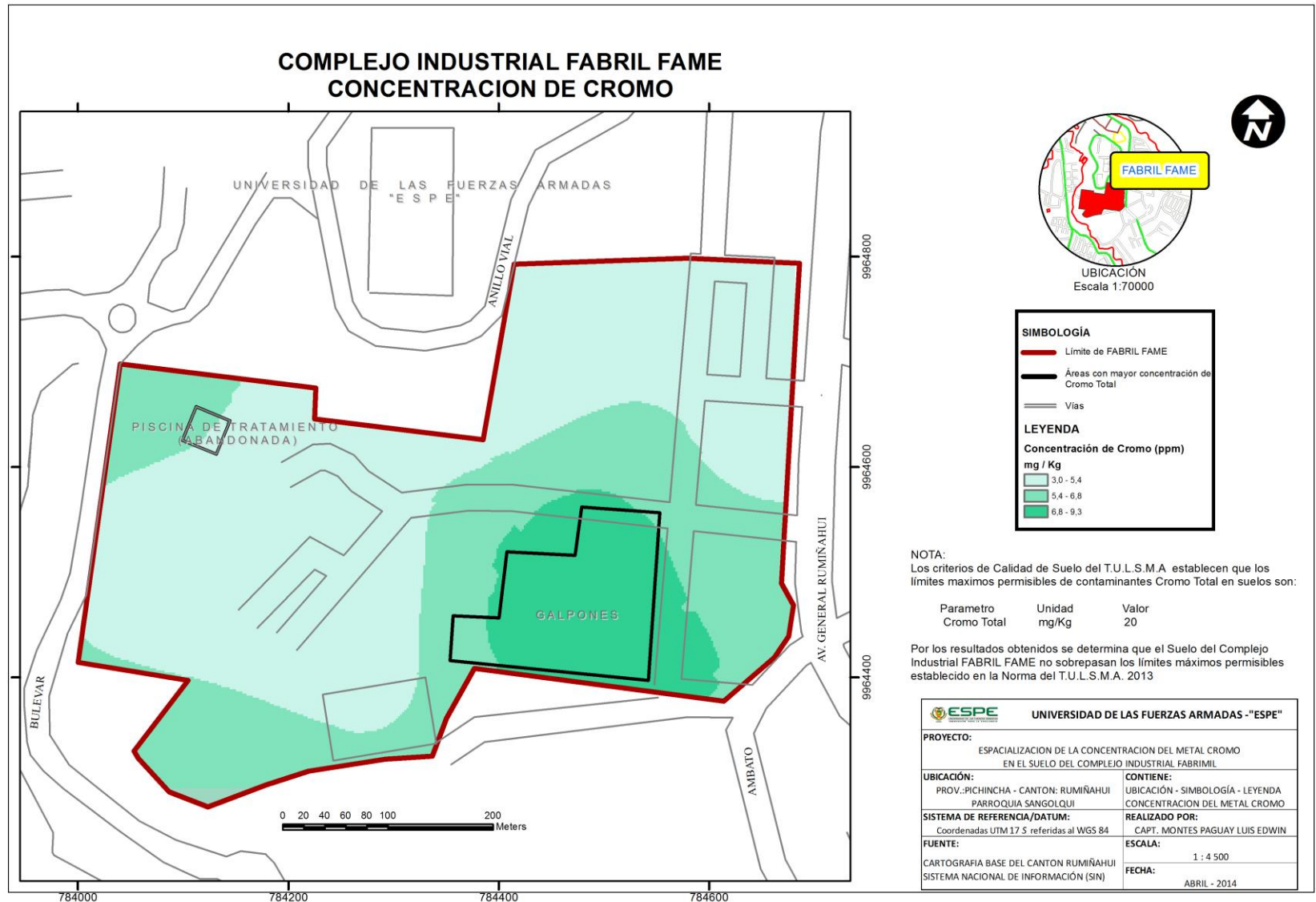
Con los datos obtenidos, se analizó la capacidad de acumulación focalizada del contaminante en las diferentes estructuras de la planta (Hojas, tallo y tubérculo).

Validación del Método

Para realizar la validación del método, se trabajó con muestras fortificadas, es decir a cada grupo de muestras analizadas se incrementó una muestra como blanco de solución extractante HNO₃ 10% y se adicionó 0,8ml de la solución de 100ppm de Pb de concentración a fin de obtener la concentración característica de 8 ppm. De esta forma se verifica que el proceso de digestión y de lectura del metal no se esté alterando y que tanto para la lectura de los estándares de calibración como de las muestras fortificadas estén dentro del rango de incertidumbre del $\pm 20\%$.

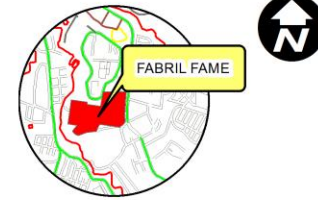
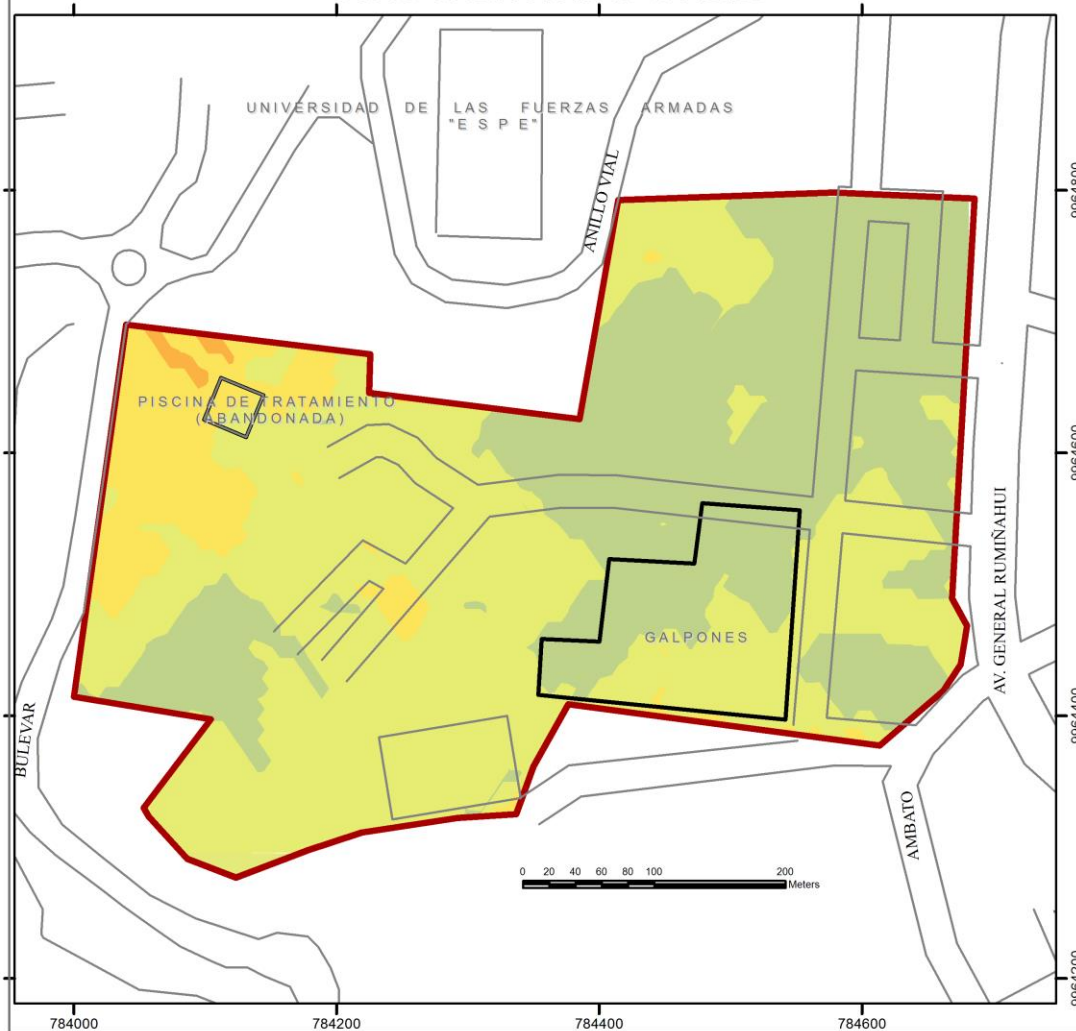
3. RESULTADOS

Empleando los diversos modelos del software Arcgis 10.2, en la predicción de las concentraciones de los metales Cromo, Plomo y Zinc se definieron los diferentes modelos de predicción de concentraciones de Cromo Plomo y Zin



Mapa 1. Concentración del metal Cromo

COMPLEJO INDUSTRIAL FABRILFAME CONCENTRACION DE PLOMO



UBICACIÓN
Escala 1:70000

SIMBOLOGÍA

- Límite de FABRIL FAME
- Áreas con mayor concentración de Cromo Total
- Vías

LEYENDA

Concentración de Plomo (ppm)

mg / Kg

	3,2 - 4,0
	4,0 - 5,1
	5,1 - 6,6
	6,6 - 8,5
	8,5 - 11,1
	11,1 - 14,5

NOTA:
Los criterios de Calidad de Suelo del T.U.L.S.M.A. establecen que los límites máximos permisibles de contaminantes Plomo en suelos son:

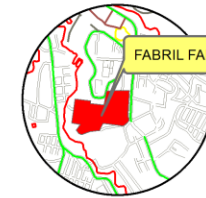
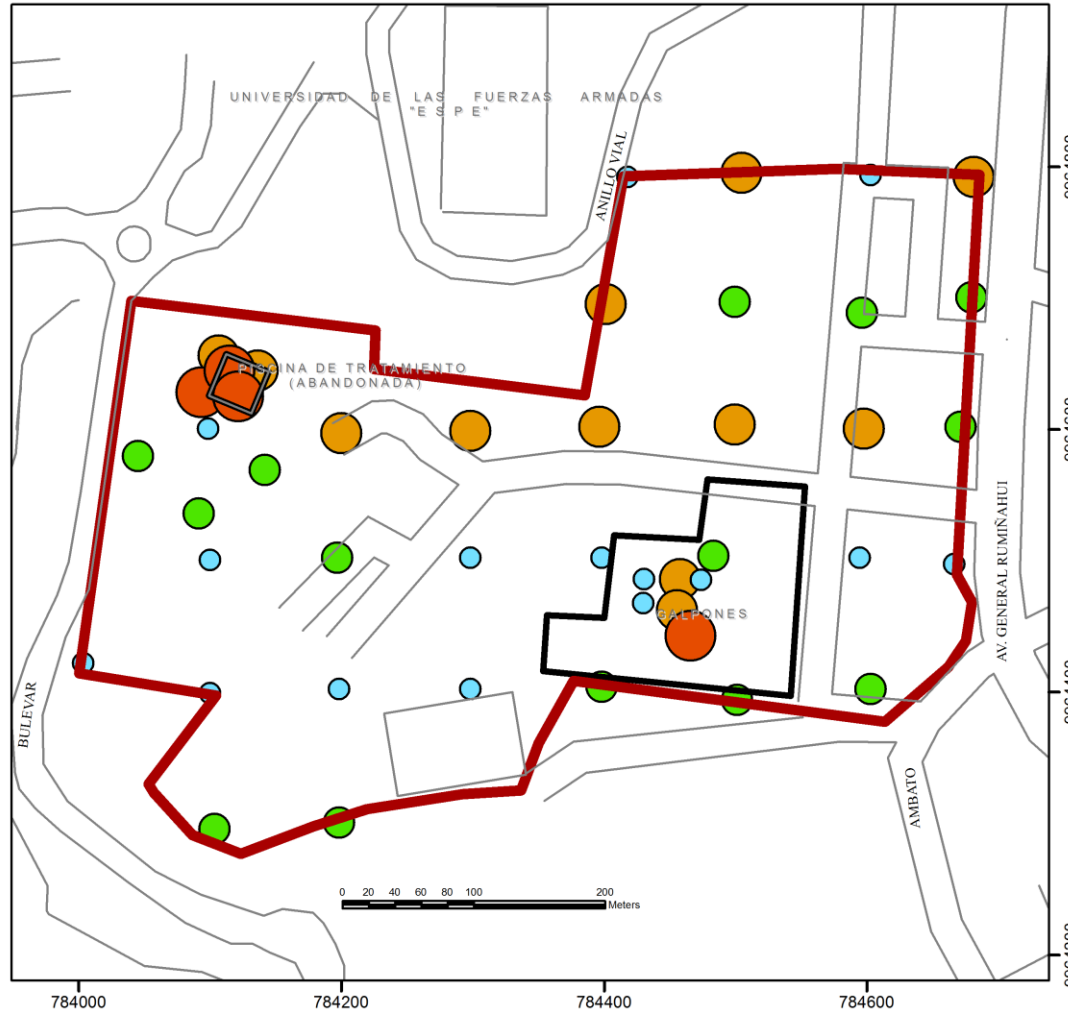
Parametro	Unidad	Valor
Plomo	mg/Kg	25

Por los resultados obtenidos se determina que el Suelo del Complejo Industrial FABRIL FAME no sobrepasan los límites máximos permisibles establecido en la Norma del T.U.L.S.M.A. 2013

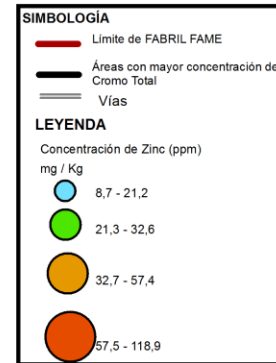
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"	
PROYECTO: ESPACIALIZACION DE LA CONCENTRACION DEL METAL PLOMO EN EL SUELO DEL COMPLEJO INDUSTRIAL FABRILFAME	
UBICACIÓN: PROV. PICHINCHA - CANTON: RUMIÑAHUI PARROQUIA SANGOLQUI	CONTIENE: UBICACIÓN - SIMBOLOGÍA - LEYENDA CONCENTRACION DEL METAL PLOMO
SISTEMA DE REFERENCIA/DATUM: Coordenadas UTM 17 S referidas al WGS 84	REALIZADO POR: CAPT. MONTES PAGUAY LUIS EDWIN
FUENTE: CARTOGRAFIA BASE DEL CANTON RUMIÑAHUI SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN (SIN)	ESCALA: 1 : 4 500
	FECHA: ABRIL - 2014

Mapa 2. Concentración del metal Plomo

COMPLEJO INDUSTRIAL FABRILFAME CONCENTRACION DE ZINC



UBICACIÓN
Escala 1:70000



NOTA:
Los criterios de Calidad de Suelo del T.U.L.S.M.A. establecen que los límites máximos permisibles de contaminantes Zinc en suelos son:

Parametro	Unidad	Valor
Zinc	mg/Kg	60

Por los resultados obtenidos se determina que el Suelo del Complejo Industrial FABRIL FAME existen sitios que sobrepasan los límites máximos permisibles establecido en la Norma del T.U.L.S.M.A. 2013

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -"ESPE"	
PROYECTO: ESPACIALIZACION DE LA CONCENTRACION DEL METAL ZINC EN EL SUELO DEL COMPLEJO INDUSTRIAL FABRILFAME	
UBICACIÓN: PROV.:PICHINCHA - CANTON: RUMIÑAHUI PARROQUIA SANGOLQUI	CONTIENE: UBICACIÓN - SIMBOLOGÍA - LEYENDA CONCENTRACION DEL METAL ZINC
SISTEMA DE REFERENCIA/DATUM: Coordenadas UTM 17 S referidas al WGS 84	REALIZADO POR: CAPT. MONTES PAGUAY LUIS EDWIN
FUENTE: CARTOGRAFIA BASE DEL CANTON RUMIÑAHUI SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN (SIN)	ESCALA: 1 : 4 500
	FECHA: ABRIL - 2014

Mapa 3. Concentración del metal Zinc

TUBÉRCULO PAPA

Los resultados de absorción del tubérculo de la Papa con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en el tubérculo Papa

PAPA					
Volumen Contaminante: 1000 ml.					
[Contaminante (ppm)]	[Esperada (ppm)]	[Suelo (ppm)]	[Tubérculo (ppm)]	[Residual (ppm)]	% [Absorción Tubérculo (ppm)]
10 ppm	2,8	1,699	1,16	60,7	41%
50 ppm	13,9	6,664	5,33	47,9	38%
100 ppm	28,1	16,187	11,84	57,6	42%
500 ppm	132,9	85,084	21,59	64,0	16%
1000 ppm	268,8	118,946	22,39	44,3	8%

Fuente: El autor

TUBÉRCULO RABANO

Los resultados de absorción del tubérculo del Rábano con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en el tubérculo Rábano

RABANO					
Volumen Contaminante: 500 ml.					
[Contaminante (ppm)]	[Esperada (ppm)]	[Suelo (ppm)]	[Tubérculo (ppm)]	[Residual (ppm)]	% [Absorción Tubérculo (ppm)]
10 ppm	5	2,0	2,7	0,3	54%
50 ppm	25	2,9	7,0	15,1	28%
100 ppm	50	10,2	10,0	29,8	20%
500 ppm	250	20,7	57,6	171,8	23%
1000 ppm	500	19,7	248,0	232,3	50%

Fuente: El autor

TUBÉRCULO MALANGA

Los resultados de absorción del tubérculo de la Malanga con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en él tubérculo Malanga

MALANGA					
Volumen Contaminante: 600 ml.					
[] Contaminante (ppm)	[] Esperada (ppm)	[] Suelo (ppm)	[] Tubérculo (ppm)	[] Residual (ppm)	% [] Absorción Tubérculo (ppm)
10 ppm	6	0,7	0,5	1,9	8%
50 ppm	30	0,9	1,0	8,1	3%
100 ppm	60	7,5	3,6	17,2	6%
500 ppm	300	10,8	10,7	17,4	4%
1000 ppm	600	23,8	47,6	152,5	8%

Fuente: El autor

TUBÉRCULO PAPA CHINA

Los resultados de absorción del tubérculo de la Papa China con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en él tubérculo Malanga

PAPA CHINA					
Volumen Contaminante: 600 ml.					
[] Contaminante (ppm)	[] Esperada (ppm)	[] Suelo (ppm)	[] Tubérculo (ppm)	[] Residual (ppm)	% [] Absorción Tubérculo (ppm)
10 ppm	6	2,5	3,4	5,8	57%
50 ppm	30	4,1	8,5	20,8	28%
100 ppm	60	6,8	15,8	36,0	26%
500 ppm	300	17,0	141,2	255,8	47%
1000 ppm	600	36,8	351,7	320,6	59%

Fuente: El autor

TUBÉRCULO CAMOTE

Los resultados de absorción del tubérculo del Camote con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en él tubérculo Camote

CAMOTE					
Volumen Contaminante: 500 ml.					
[] Contaminante (ppm)	[] Esperada (ppm)	[] Suelo (ppm)	[] Tubérculo (ppm)	[] Residual (ppm)	% [] Absorción Tubérculo (ppm)
10 ppm	5	6,2	1,5	2,9	30%
50 ppm	25	9,6	2,7	10,1	11%
100 ppm	50	11,4	5,1	17,1	10%
500 ppm	250	45,9	26,1	89,2	10%
1000 ppm	500	94,5	86,9	253,8	17%

Fuente: El autor.

TUBÉRCULO YUCA

Los resultados de absorción del tubérculo de la Yuca con el metal cromo según las diferentes concentraciones aplicadas, se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados del porcentaje de adsorción de cromo en él tubérculo yuca

YUCA					
Volumen Contaminante: 500 ml.					
[] Contaminante (ppm)	[] Esperada (ppm)	[] Suelo (ppm)	[] Tubérculo (ppm)	[] Residual (ppm)	% [] Absorción Tubérculo (ppm)
10 ppm	5	0,4	0,3	1,0	5%
100 ppm	50	1,3	2,6	10,3	5%
1000 ppm	500	20,2	35,7	81,7	7%

Fuente: El autor.

Según los resultados obtenidos se puede concluir que los tubérculos que son recomendables para realizar el proceso de recuperación de suelos a través de la fitorremediación son la Papa con el 30%, el Rábano con el 35% y la Papa China con el 44% de Absorción del metal cromo, según se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Poder Bioacumulador de Cromo en seis tipos de Tubérculos

TUBÉRCULO	REGIÓN	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
PAPA, (<i>Solanum Tuberosum</i>)	Sierra	30 %
RABANO, (<i>Raphanus Sativus L.</i>)	Sierra	35 %
MALANGA, (<i>Xanthosoma Sagittifolium</i>)	Costa-Oriente	6 %
EL CAMOTE, (<i>Ipomoea Batatas</i>)	Costa-Oriente	16 %
PAPA CHINA, (<i>Colocasia Esculenta</i>)	Oriente-Costa	44 %
YUCA, (<i>Manihot Ssp</i>)	Oriente-Costa	6 %

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

- Al realizar la lectura del estándar característico de cada metal con intervalos de lectura de veinte muestras, se verificó que el equipo mantiene su calibración correcta proporcionando resultados confiables con un error de $\pm 20\%$.
- Los modelos de predicción que fueron generados de contaminación de Cromo, Plomo y Zinc, requirió de 42 puntos, todos distribuidos de la siguiente manera. Se tomó muestras en cada uno de los vértices de una grilla de 100 metros de intervalo, cinco muestras de los lugares probablemente mayor contaminados (Piscina de tratamiento y Galpones de Pintura).
- La distribución de los puntos para el metal Cromo permitió determinar que si existía continuidad en concentración del contaminante lo cual permitió realizar un modelo confiable de predicción de la concentración del metal Cromo.
- La distribución de los puntos para el metal Plomo permitió determinar que si existía continuidad aceptable en concentración del contaminante lo cual permitió realizar un modelo confiable de predicción de la concentración metal Plomo.
- La distribución de los puntos para el metal Zinc permitió determinar que no existe continuidad en concentración del contaminante lo cual no permitió realizar un modelo de predicción de concentración de este metal.

- A fin de eliminar las concentraciones de Cromo, Plomo y Zinc en los sitios de mayor concentración de estos metales en el suelo del complejo industrial FABRILFAME, es recomendable realizar el proceso de fitorremediación con el tubérculo del rábano. Este tubérculo tiene un 35 % de absorción y es de un corto periodo de desarrollo del bulbo.
- Valores considerables de concentración de Plomo y Cromo se encuentran en el área de la piscina de tratamiento abandonada y en el sector de los galpones donde se realiza el pintado del material de metálico.
- El porcentaje obtenido en concentraciones de Cromo y Plomo no sobrepasan los límites permisibles según las normas T.U.L.S.M.A. de calidad de suelo.
- El porcentaje obtenido en concentraciones de Zinc en algunos puntos del Complejo Industrial sobrepasan los límites permisibles según las normas T.U.L.S.M.A. de calidad de suelo.
- El software ArcGis 10.2 puede generar y validar modelos con considerables errores considerables, según los datos que sean empleados como insumos.
- La continuidad que dispone cada contaminante, está directamente relacionado con la generación del modelo de predicción correcto.
- El metal Zinc, no tiene una continuidad en su comportamiento de dispersión en el suelo, por lo cual no se pudo generar el modelo de predicción para este contaminante.
- Para determinar el poder bioacumulador del metal cromo se analizó dos tubérculos de las regiones Costa, Sierra y Oriente de nuestro país.
- Los suelos analizados en el estudio, tiene Cromo total entre 0,092 y 1,8 ppm en su composición, por lo cual este valor se utilizó como fondo en las lecturas analizadas, a fin de poder determinar el valor real de concentración de Cromo total en cada una de las muestras analizadas.
- Debido al extenso periodo de tiempo que requiere el desarrollo completo del tubérculo, el análisis del poder bioacumulador de Cromo fue cuantificado una vez que se verifico que el bulbo del tubérculo haya alcanzado un desarrollo que permitió ejecutar este estudio. Esto podemos visualizarle en la tabla 25.
- Los tubérculos que alcanzaron mayor porcentaje de absorción del cromo total fueron; la papa con el 30 %, el rábano con el 35%, y la papa china con el 44%.
- Tomando en cuenta los cortos periodo en que se desarrolla el cultivo de la papa, el rábano y la papa china, sería estos tubérculos factibles emplear como método para remediar suelos contaminados con metales pesados en la región sierra, costa y oriente.

- Por la sensibilidad de estos tubérculos a la absorción de metales pesados del suelo, dependiendo del sector donde se encuentren estos cultivos, estos pudieran absorber grandes cantidades de contaminantes que pudieran afectar a la salud del ser humano, así tenemos por ejemplo que al contaminar los tubérculos estudiados con concentraciones de 1000 ppm, estos absorbieron entre 22 y 351 ppm de cromo total dentro de la estructura del tubérculo.
- Los tubérculos analizados, tuvieron diferentes reacciones a la aplicación del contaminante Cromo. Así tenemos que en la Papa, la Papa china y el Camote a mayor concentración del cromo, los tubérculos desarrollaron menor cantidad de follaje, en cambio en el Rábano, la Malanga y la Yuca, no se presentó mayor cambio en la estructura del Tubérculo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Plan Nacional del Buen Vivir. (2009). Quito: SEMPLADES.

Alvaro, M. (1977). *Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales*. Obtenido de

<http://www.books.google.com.ec/books?id=GaQgAQAAIAAJ>

Arnol, F. (Marzo de 2011). *El Rabano en el Ecuador*. Obtenido de

http://www.elrbanoenecuador-juan.blogspot.com/2011_03_01_archive.html

Arrieta Ramírez, O. M. (2011). *Evaluación de la influencia del Bioestímulo sobre un suelo contaminado con diesel y su integración a la Gestión Ambiental*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Becerril J.M., B. O. (2007). Bioindicadores de la calidad del suelo. *Ecosistemas*, 16 (2), 50-55.

Bioacumulación y Biomagnificación. (s.f.). Obtenido de

www.educagratias.org/moodle/mod/resource/view.php?id=17351

Cardenas Guizar, E. (17 de Marzo de 2014). *El Camote: Orgullo Poblano*. Obtenido de

<http://www.elcamotepoblano.blogspot.com>

Carrión, C., & Lema, E. (2013). *Generación de un modelo Geoestadístico de concentración de Plomo en el suelo de las parroquias SAN RAFAEL Y SANGOLQUÍ*. Sangolqui: ESPE.

- Castillo, F. (2005). *Biotecnología ambiental*. Madrid: TÉBAR, S.
- Chaney, R., Malik, M., & Yin, L. (9 de Julio de 1997). *La fitorremediación de metales del suelo*. Obtenido de http://soils.wisc.edu/facstaff/barak/temp/opin_fin.htm
- Cóndor Pozo, P. J. (2010). *Investigación de la Papa China y Propuesta Gastronómica*. Quito: UTE.
- Encarta. (2005). *Cultivo de Verduras*. Obtenido de Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta:
http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/rabano_tcm7-315480.pdf
- Infoagro. (2013). *El cultivo del rábano*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>
- Linares, E., Bye, R., Ramirez, R., & Miranda, P. (2008). *El Camote*. Mexico: Conabio.
- López, A. (1995). *Fitorremediación 1*. Obtenido de Biorremediación y fitorremediación en suelos contaminados: <http://es.scribd.com/doc/191562827/fitorremediacion-1>
- MAE. (2013). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito.
- Morquecho Maldonado, P. A. (2013). *Investigación de la Yuca, Propiedades Nutricionales y Propuesta Gastronómica*. Quito: UTE.
- Ms.C.J. Salomon, L., Ms.C.J. Castillo, G., Dra. Estevez, A., Ms.C.J. Arzuaga, & Ortiz, U. (2010). *Evaluación de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.) para caracteres reproductivos y agronómicos*. La Habana: Ediciones Inca.
- Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Universidad de Alcalá.
- Suquilanda, M. (Marzo de 2001). *El Rabano en el Ecuador*. Obtenido de http://www.elrbanoenecuador-juan.blogspot.com/2011_03_01_archive.html
- Viteri, J. (2009). *Estudio de factibilidad para producción de malanga blanca en el Canton Santo Domingo de los Colorados*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Wikipedia. (29 de Marzo de 2014). *Manihot esculenta*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Manihot_esculenta