



PROYECTO INTERNO PII-DEMEX-04-2017
"Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico"

En la ciudad de Quito D.M., a los trece días del mes de marzo del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno **PII-DEMEX-04-2017 "Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico"**, por una parte la **Ph.D. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra la **Ph.D. Alicia del Carmen Guevara Caiquetán** en calidad de **Directora del Proyecto Interno**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) Mediante Memorando Nro. EPN-DEMEX-2017-0091-M del 12 de abril del 2017, la Jefa del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) solicita al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social (VIPS), que se asigne código y se registre el proyecto "Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico" propuesto por la Ph.D. Alicia Guevara.
- b) Mediante Memorando Nro. EPN-VIPS-2017-0797-M del 18 de abril del 2017, el VIPS notifica a la Jefa del DEMEX que el proyecto de Investigación Interno de la Ph.D. Alicia Guevara ha sido registrado con el código PII-DEMEX-04-2017.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	<i>PII-DEMEX-04-2017</i>
Nombre del Proyecto	<i>Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico</i>
Directora del Proyecto	<i>Ph.D. Alicia del Carmen Guevara Caiquetán</i>
Colaboradores del Proyecto	<i>Ph.D. Ernesto Hale de la Torre Chauvín Ph.D. Vera Selene Báez Jácome</i>
Departamento	<i>Metalurgia Extractiva (DEMEX)</i>
Líneas de Investigación	<i>Impacto de efluentes en aguas y suelos. Estudio de suelos y sedimentos</i>
Objetivo	<i>Evaluar la fitorremediación como técnica para depuración de suelos contaminados con arsénico</i>
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Inicio: 17 de abril del 2017• Fin: 16 de abril del 2018• Prórroga: 6 meses, hasta el 16 de octubre del 2018• Duración total: 18 meses.
Entrega del Informe Final	<i>6 de marzo de 2019</i>



3. INFORME FINAL:

El 3 de marzo del 2019, la Ph.D. Alicia Guevara presenta el Informe Final del proyecto; mismo que es revisado por la Dirección de Investigación y Proyección Social, y se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- La evaluación de la capacidad de remoción de arsénico en solución ($4,5 \text{ mg.L}^{-1}$) de 14 tipos de plantas desarrolladas, permitió determinar que las tres especies más resistentes y su porcentaje de absorción del metal son: llantén menor (24,8 %), pasto azul (27,7 %) y pasto anual (31,9 %). Estas plantas presentan porcentajes de mortalidad bajos, que van de 0 a 14 % y porcentajes de marchitamiento de 0 a 18%.
- El llantén menor y el pasto azul cultivado dos meses por medios hidropónicos permite una depuración del 72 % y 75 % del arsénico presente en solución sintética ($4,5 \text{ mg.L}^{-1}$) respectivamente, con porcentajes bajos de mortalidad (4 - 5 %) y marchitamiento (2 - 3 %) evaluados en 7 días de ensayo.
- El pasto azul permite una reducción de la concentración de arsénico en dos suelos contaminados ($13 - 15 \text{ mg.kg}^{-1}$), provenientes tanto de zonas aledañas a una planta de extracción de oro (Azuay) como en suelos volcánicos (Tungurahua), hasta un valor inferior a 12 mg.kg^{-1} definido como el máximo permisible en el Anexo 2 del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), esto en un tiempo de 17 a 21 días para el suelo de Azuay y de 32 - 46 días para el suelo de Tungurahua.
- El llantén menor permite la reducción de la concentración de arsénico en suelo contaminado del Azuay ($13 - 15 \text{ mg.kg}^{-1}$), hasta un valor inferior a 12 mg.kg^{-1} definido en TULSMA, esto en un tiempo de 17 a 32 días y para un suelo de Tungurahua se requieren 29 días para la depuración, siempre y cuando la concentración sea de máxima de 13 mg.kg^{-1} , ya que a valores superiores no se alcanzan concentraciones inferiores a la normativa vigente.
- El pasto azul es la especie que permite remediar un suelo aledaño a una planta de extracción de oro (Azuay) y un suelo volcánico (Tungurahua) en un periodo de 7 semanas, con porcentajes bajos mortalidad (9 - 11 %) y marchitamiento (15 - 19%) y una distribución del metal contaminante del 97 % en la zona radicular.
- Se puede remediar con pasto azul una hectárea de suelo ecuatoriano (de Azuay o Tungurahua) contaminado con As, empleando 500 surcos separados 20 cm, con un total de 834 plantas por hilera, en un periodo de 17 a 46 días.
- Para el caso de soluciones contaminadas con arsénico, el jacinto de agua es la especie que presenta la mayor capacidad de depuración de soluciones sintéticas arsenicales de concentraciones $0,154 \text{ mg.L}^{-1}$, $0,375 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,874 \text{ mg.L}^{-1}$, con porcentajes de 98 %, 58 % y 64 %, respectivamente, y una tasa de reducción del crecimiento del 62 %. La capacidad de remoción que posee la planta depende de la concentración inicial del metal en solución, ya que mientras mayor es la concentración inicial menor es su capacidad de depuración.



- El jacinto de agua redujo la concentración de arsénico del agua natural de la Laguna de Papallacta desde $0,803 \text{ mg.L}^{-1}$ hasta valores inferiores a $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ a los establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108, en un periodo de tiempo de 30 días. Esto convierte al jacinto de agua en una importante alternativa de depuración para aguas naturales con concentraciones elevadas de arsénico, factible de aplicar con un control del desarrollo del crecimiento a lo largo de todo el proceso de descontaminación.
- Para depurar por fitorremediación 50 L.día^{-1} de agua natural originaria de Papallacta, con la especie jacinto de agua se puede emplear un sistema de humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical, adaptado para utilizar plantas macrófitas flotantes, con un área superficial de $3,21 \text{ m}^2$, de $1,46 \text{ m}$ de ancho, $2,19 \text{ m}$ de longitud, en un tiempo de retención de 3 días y con el uso de 2 celdas en paralelo de similares características.

PRODUCTOS:

1. Artículo aceptado: "Evaluation of Arsenic Removal in Soils Contaminated by the Phytoremediation Technique"; Ibujes V., Barreto P., Guevara A.; ICSGRE 2019: 21st International Conference on Soil, Groundwater Remediation and Excavation, Berlín, Alemania; Conference proceeding; enero 2019.
2. Artículo aceptado: "Evaluation of Arsenic Removal in Synthetic Solutions and Natural Waters by Rhizofiltration"; Barreto P., Ibujes V., Guevara A.; ICSGRE 2019: 21st International Conference on Soil, Groundwater Remediation and Excavation, Berlín, Alemania; Conference proceeding; enero 2019.
3. Proyecto de Titulación de Ingeniera Químico: "Evaluación de la Remoción de Arsénico en Suelos Contaminados por la Técnica de Fitorremediación"; Ibujes Flores Valeria Salomé; diciembre 2018.
4. Proyecto de Titulación de Ingeniera Químico: "Evaluación de la Remoción de Arsénico en Soluciones Sintéticas y Aguas Naturales por Rizofiltración"; Barreto Liger Maricela Paola; diciembre 2018.
5. Charla de difusión a la comunidad politécnica: "Presentación de resultados proyecto PII-DEMEX-04-2017"; Ibujes V., Barreto M.; Aulas DEMEX, EPN; enero 2019.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto Interno sin Financiamiento o Autogestionado PII-DEMEX-04-2017 no contó con asignación presupuestaria del Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social (VIPS).



5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno *PII-DEMEX-04-2017 "Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico"*.

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.


Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los trece días del mes de marzo del año dos mil diecinueve.

Ph.D. Alexandra Alvarado
**Vicerrectora de Investigación
y Proyección Social**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Y PROYECCIÓN SOCIAL

Ph.D. Alicia Guevara
**Directora del Proyecto
PII-DEMEX-04-2017**

sp/cc

Recibido 
08/01/2019