

Recibido  
Ximena Díaz

PROYECTO INTERNO SIN FINANCIAMIENTO  
PII-DEMEX-02-2017

**"Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud"**

En la ciudad de Quito D.M., a los once días del mes de agosto de dos mil veintiuno, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento **PII-DEMEX-02-2017 "Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud"**, por una parte la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra la **Dra. Ximena de las Mercedes Díaz Reinoso** en calidad de **Directora del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DEMEX-02-2017**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) Mediante Memorando Nro. EPN-DEMEX-2017-0091-M del 12 de abril de 2017, la Jefa del Departamento de Metalurgia Extractiva, notifica al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, que Consejo de Departamento ha avalado y aprobado la propuesta del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento titulada "*Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud*" presentada por la Dra. Ximena Díaz.
- b) Mediante Memorando Nro. EPN-VIPS-2017-0797-M del 18 de abril de 2017, la Dirección de Investigación y Proyección Social, notifica a la Jefa del Departamento de Metalurgia Extractiva, que el proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento presentado ha sido registrado con el código PII-DEMEX-02-2017, con fecha de inicio 17 de abril de 2017 y fecha de finalización 17 de abril de 2018.
- c) Mediante Memorando Nro. EPN-VIPS-2018-1093-M del 14 de mayo de 2018, el Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, notifica que la prórroga solicitada para el proyecto PII-DEMEX-02-2017 ha sido autorizada y registrada, con lo cual la fecha de finalización del proyecto se extiende hasta el 16 de octubre de 2018.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PII-DEMEX-02-2017
Nombre del Proyecto	<i>Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud</i>
Directora del Proyecto	XIMENA DE LAS MERCEDES DIAZ REINOSO
Colaboradores del Proyecto	EDDY FERNANDO PAZMIÑO IBARRA JENNY CUMANDÁ RUALES NÁJERA
Departamento	Metalurgia Extractiva (DEMEX)
Línea de Investigación	• Metalurgia extractiva

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidad de alimentos</li> </ul>
<b>Objetivo</b>	Determinar el grado de disolución de metales pesados de ollas metálicas usadas para la cocción de alimentos
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fecha de Inicio: 17 de abril de 2017</li> <li>• Fecha de fin: 17 de abril de 2018</li> <li>• Prórroga: 6 meses, desde el 18 de abril de 2018 al 16 de octubre de 2018</li> <li>• Duración total: 18 meses</li> </ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	24 de abril de 2021

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DEMEX-2021-0108-M del 24 de abril de 2021, la Dra. Ximena De las Mercedes Díaz Reinoso, Directora del Proyecto PII-DEMEX-02-2017, entrega el Informe Final del proyecto que dirige. El Informe Final es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Se realizó el análisis químico de 45 elementos, en las soluciones lixiviadas obtenidas, luego de la cocción de agua en ollas de aluminio, de acuerdo con el modelo experimental definido. Estos resultados permitieron la identificación y cuantificación de los elementos disueltos por la cocción, bajo diversas condiciones de operación. Los análisis químicos fueron realizados en el ICP-MS del Earth Core Facility de la Universidad de Utah, gracias al Convenio de Cooperación (MOU) que mantiene la EPN con la Universidad de Utah.
- Mediante encuestas in situ, en los 4 mercados más grandes de la ciudad de Quito, se determinó las condiciones de cocción de los principales tipos de alimentos que se expenden en los mercados. Con base a estos resultados, se definieron: 4 modelos de cocción, 5 tipos de ollas de aluminio, con o sin presión, 2 tiempos y 5 valores de pH iniciales. Las simulaciones de laboratorio, utilizando agua como solvente universal y los parámetros anteriores, permitieron cuantificar el grado de disolución de los metales pesados.
- El análisis de varianza ANOVA realizado sobre los resultados de disolución de metales pesados, permitió observar una dependencia estadísticamente significativa de Al, Ba, Pb, Fe, Ni, Cd, As y Sr por la acidez del modelo de cocción; con p-value menor a 0,05 en todos los casos y F de 8,952 para el Al. El Sr presentó mayor F-value. El Al fue el metal pesado más abundante.
- Por su parte, el 63,3% de la variabilidad de los datos se pudo explicar con 2 componentes en el PCA. Así, el coeficiente de correlación de Pearson de 0,70 reflejó la fuerte dependencia estadística entre Al y pH<sub>f</sub>, así como el ángulo entre aquellas dos variables fue de 7°. Por su parte el coeficiente de correlación de Pearson para Pb-pH<sub>f</sub> fue -0,52, y el ángulo fue de 168°. Además, se evidenció una correlación fuerte entre la concentración de aluminio y el modelo de cocción, así como entre el modelo de cocción y el pH<sub>f</sub>, que se contrastó con el máximo liberado de 4500 ug/L de Al.
- El estudio evidenció repetibilidad, pues se obtuvo valores similares en pruebas duplicadas de los experimentos más significativos estadísticamente.
- Por su parte, la regresión categórica con R<sup>2</sup> de 0,792 y el ANOVA de esta regresión, reflejaron un modelo estadísticamente confiable y significativo, en que los predictores pH<sub>f</sub> y modelo de cocción explicaron el 79,2% del modelo del experimento.



- Los resultados obtenidos relacionados con el cociente de peligro para riesgo no-carcinógeno, HQ para el Al, superan al valor de 1, considerado como seguro. Los valores máximos obtenidos de HQ varían entre 2 y 41 unidades, según los modelos de cocción. Estos resultados sugieren que existe un elevado potencial de riesgo a la salud en la población ecuatoriana.
- Con los modelos de cocción utilizados, el Al sobrepasó el límite permisible por la OMS/UE, de 1 a 11 veces. Tal situación se considera como un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades como anemia, degeneración ósea, Alzheimer entre otras, según la literatura científica revisada.

#### PRODUCTOS:

- Artículo: "*Liberación de aluminio y metales pesados durante la cocción en ollas metálicas y el riesgo asociado a la salud*"; Ximena Díaz, Diego Fernández, Jenny Ruales, Michelle Avilés, Memorias del Seminario Taller Avances en biociencias e Inocuidad Alimentaria en Ecuador; ISBN: 978-9942-36-373-2; julio 2019.
- Artículo en formato de la Revista Politécnica: "*Study of Aluminum and Heavy Metal's Release During the Coking in Metallic Pots and the Health Risk Associeated*"; Ximena Díaz, Diego Fernández, Jenny Ruales, Michelle Avilés.
- Ponencia: "*Liberación de aluminio y metales pesados durante la cocción en ollas metálicas y el riesgo asociado a la salud*"; Jenny Ruales; Seminario taller "Avances en Biociencias e Inocuidad Alimentaria en el Ecuador"; VLIR Network Ecuador; julio 2019.
- Presentación a la comunidad politécnica: "*Presentación de resultados Proyecto Interno PII-DEMEX-02-2017: Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud*"; Ximena Díaz, Michelle Avilés; Departamento de Metalurgia Extractiva de la Escuela Politécnica Nacional; marzo 2019.
- Proyecto de mayor alcance: Proyecto de Investigación Externo PIE-CEPRA-XIII-2019-04 "*Fortalecimiento de la inocuidad alimentaria en el Ecuador: Estudio de los contaminantes microbianos, micotóxicos y de metales pesados en alimentos y establecimiento de un sistema nacional de capacitación en línea*" cuyo objetivo es contribuir al mejoramiento de la inocuidad alimentaria en el Ecuador mediante el desarrollo de estrategias de mitigación de los contaminantes microbianos, micotóxicos y de metales pesados en los alimentos más consumidos en país y validación del impacto de un programa de capacitación de alcance nacional.
- Paper para la obtención del título de Ingeniería Química: "*Estudio de la liberación de aluminio y metales pesados durante la cocción en ollas metálicas y el riesgo asociado a la salud*"; Michelle Fernanda Avilés; URL: [https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=72568&shelfbrowse\\_itemnumber=93344](https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=72568&shelfbrowse_itemnumber=93344); 2019.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DEMEX-02-2017 no contó con asignación presupuestaria.

## 5. FINALIZACIÓN:

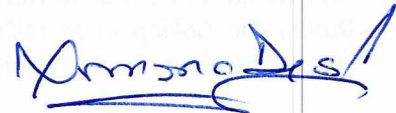
Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DEMEX-02-2017 "*Identificación de metales tóxicos liberados durante cocción de alimentos de ollas metálicas usadas en mercados de la ciudad de Quito y su potencial efecto en la salud*".

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 once días del mes de agosto de dos mil veintiuno.



Dra. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación



Dra. Ximena Díaz  
Directora del Proyecto  
PII-DEMEX-02-2017

cr/sp