



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance y final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	2.1
Vigencia	13/10/2015

Unidad Ejecutora: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Título del proyecto de investigación: Caracterización y remediación de los suelos de las huertas familiares en el Partido de La Matanza

Código del proyecto: C 174

Programa de acreditación: PROINCE

Director del proyecto: Clozza, Mario Néstor

Co-Director del proyecto: de los Ríos, Alejandra María

Integrantes del equipo: Amato, Alfredo; Garrido, Graciela; Leiva, Daniel

Fecha de inicio: 01/01/2015

Fecha de finalización: 31/12/2016

Informe final

Sumario: La creciente agriculturización de las zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de sus suelos, con desequilibrio químico y biológico, y por ende una disminución en su capacidad productiva. Además poseen una alta vulnerabilidad a ser contaminados con metales pesados, estando su presencia fuertemente relacionada con la actividad antrópica, la proximidad a cursos de agua contaminada y la procedencia del suelo en los casos de relleno. Excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena trófica. El objetivo general de este proyecto será caracterizar los suelos donde se desarrollan huertas familiares en el Partido de La Matanza determinando la presencia de metales pesados en ellos y en el material vegetal cosechado, y analizar la posibilidad de su remediación mediante prácticas de manejo.

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La creciente agriculturización de las zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de sus suelos, puesto de manifiesto por la disminución de su calidad ante un menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, y por ende una disminución en su capacidad productiva. Además poseen una alta vulnerabilidad a ser contaminados con metales pesados, estando su presencia fuertemente relacionada con la actividad antrópica, la proximidad a cursos de agua contaminada y la procedencia del suelo en los casos de relleno. Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, además del tipo de metal y de las características físicas, químicas y biológicas del sustrato, pues éstas regulan su biodisponibilidad. Excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del ambiente. En este contexto es necesario el empleo de prácticas de manejo que promuevan la recuperación y mantenimiento de los suelos, y por lo tanto la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria. Es frecuente en las huertas la utilización de materiales compostados como método para favorecer la disponibilidad de nutrientes, existiendo estudios acerca de su participación en la dinámica de los metales pesados. El objetivo de este proyecto será caracterizar los suelos donde se desarrollan huertas familiares en el Partido de La Matanza determinando la presencia de metales pesados en ellos y en el material vegetal cosechado, y analizar la posibilidad de su remediación. Se encontraron distintas respuestas a los bioensayos de toxicidad durante el período de germinación de especies hortícolas, así como también al agregado de humus ante la presencia de distintos metales pesados en el ciclo completo de una producción vegetal.

Palabras clave: Huertas familiares, contaminación, metales pesados, remediación

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

- Actividades

Se ha cumplido con la totalidad de las actividades propuestas en la programación de tareas (GANTT) para la etapa I “Relevamiento de información” y la etapa II “Investigación”, correspondientes a ambos años del proyecto.

En el marco del proyecto se llevó a cabo una reunión inicial del equipo interdisciplinario de investigadores que lo integran en el laboratorio de Química de la UNLaM, durante la cual el director realizó la presentación del proyecto. Se intercambiaron ideas acerca de la puesta en marcha, se plantearon preguntas e inquietudes y se discutió el cronograma de actividades. Se coordinó la realización de tareas, redacción de informes, difusión de resultados y se definieron los horarios dedicados a la investigación. Se adecuó un espacio físico destinado a material y documentación del proyecto en el Laboratorio de Química de la UNLaM, estableciéndose éste como lugar de trabajo para el proyecto.

Acorde a la programación de tareas correspondiente al primer año se llevó a cabo el relevamiento de información a través de la búsqueda de bibliografía en medios académicos y se confeccionó un archivo de trabajos en formato papel y formato digital. Se contactaron instituciones nacionales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Facultad de Agronomía de la UBA (FAUBA) como contrapartes en la etapa de obtención de las muestras de suelos y en la experimental con material vegetal, respectivamente. Se realizaron visitas a horticultores familiares referentes de la zona en base a puntos de muestreo georeferenciados y actividades agrícolas desarrolladas en las mismas, y se programó la obtención de muestras de sus suelos, procediendo entonces a sus análisis físicos y químicos en laboratorio.

Para el área de estudio, el material parental de sus suelos está constituido por limos, arenas y arcillas principalmente post-pampeanas, acumuladas hacia fines del Pleistoceno y en el Holoceno temprano. Se pueden diferenciar cuatro zonas: alta, con asociaciones de Argiudoles, Argialboles y Natracualfes típicos; intermedia, con asociaciones de Argialboles argiácuicos, Natracualfes mólicos, Argiudoles ácuicos y Argialboles típicos; baja, que corresponde a las zonas aledañas a los cursos de agua con suelos no diferenciados y alcalinos; y por último la superficie pavimentada correspondiente a la zona urbana. Desde el punto de vista socio-económico, el partido de La Matanza comprende una de las zonas más densamente pobladas del Conurbano Bonaerense y del país, encontrándose en una subcuenca donde la contaminación por metales pesados constituye uno de los problemas más relevantes, no solamente por su magnitud sino también por el impacto que ejerce sobre un núcleo poblacional vulnerable.

La búsqueda de información acerca de las técnicas específicas permitió que se ensayaran distintas metodologías físico-químicas y químicas para lograr la caracterización de suelos y materiales orgánicos de uso en horticultura. Se ajustaron así los procedimientos que pueden ser realizados con el instrumental existente en el Laboratorio de Química de la UNLaM, particularmente aquellos colorimétricos realizadas con el espectrofotómetro UV-visible. Se pudieron cuantificar varios parámetros sin recurrir a la contratación de laboratorios de terceros, como la determinación del pH, conductividad eléctrica, Nitrógeno total y contenido de Fósforo. Para este último se determinó el Fósforo disponible (P_{disp}) por el método de Bray-Kurtz I, mediante el cual las formas solubles del elemento son extraídas por una mezcla de NH₄F/ HCl. El Fósforo (P) del extracto se determina colorimétricamente con el método del molibdato de amonio (color azul), con ácido ascórbico como agente reductor. Se midió la transmitancia (%) con espectrofotómetro a 660nm y se calculó la absorbancia. Se estableció la relación entre la absorbancia y la concentración de P (ppm) (Figura 1), presentando un coeficiente de correlación altamente representativo. Esta curva de calibración permitió estimar las concentraciones de P en las soluciones de las muestras (Tabla 1). A su vez, la puesta a punto de la técnica implicó la elaboración de los patrones de Fósforo y los reactivos necesarios.

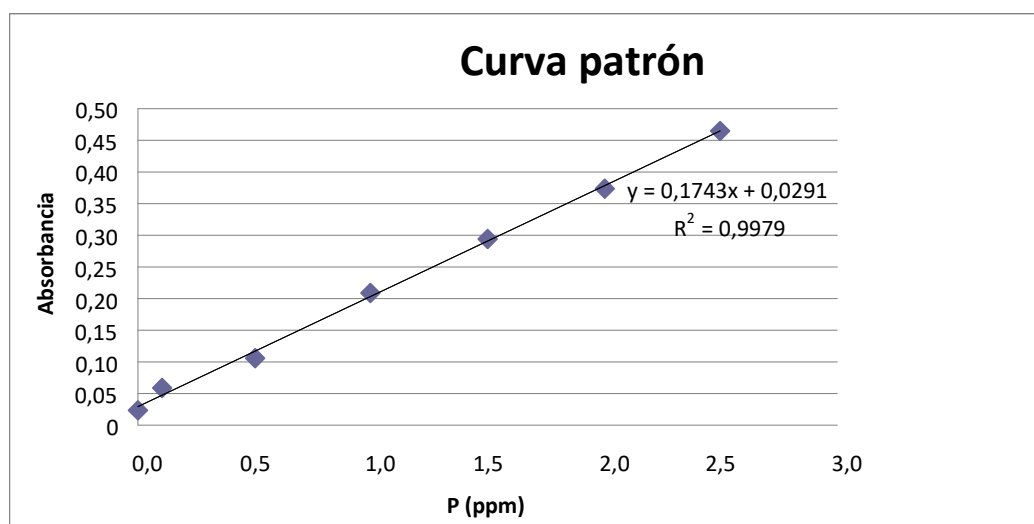


Figura 1. Relación entre absorbancia y concentración de P (ppm).

- **Caracterización de los suelos**

Como investigación exploratoria se analizaron distintos puntos georeferenciados, identificados por los técnicos del ProHuerta INTA, representativos de los distintos suelos de la zona, donde era posible hallar variabilidad y posible contaminación con metales pesados. Es así que se obtuvieron muestras de 5 suelos de huertas urbanas, con siguientes historias:

Suelo 1: este suelo corresponde a una huerta conducida bajo manejo agroecológico en la localidad de González Catán. Su actividad comenzó hace 4 años, y presenta una continuidad y diversidad en las especies hortícolas producidas.

Suelo 2: este es el suelo de una chacra en la zona de González Catán, que en los últimos 2 años no se manejó en forma productiva. Los cultivos presentes al momento del muestreo eran principalmente maíz y zapallo, con alguna línea de tomate de quinta.

Suelo 3: también ubicada en González Catán, este suelo corresponde a una huerta agroecológica familiar, con gran diversidad en sus especies hortícolas.

Suelo 4: este suelo fue extraído de un predio que llevaba adelante su primer año de cultivo, produciendo maíz y zapallo. Anteriormente era una zona de parque, en Lomas del Mirador.

Suelo 5: ubicada en la localidad de Lomas del Mirador, la parcela de la huerta donde se obtuvo esta muestra de suelo se encuentra actualmente "en descanso". En la misma se realizaba compostaje de cama de gallinero.

Posteriormente, ya en el Laboratorio de Química, fueron caracterizados a través de sus parámetros físicos y químicos, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 1):

Tabla 1: Valores de pH, Conductividad eléctrica (CE), Nitrógeno total (N total) y Fósforo disponible (P disp.)

SUELO	1	2	3	4	5
pH en agua 1:2,5	7,9	7,8	8,3	7,4	7,6
pH en pasta	7,5	7,5	7,8	7,0	7,4
CE (mS.cm⁻¹)	0,46	0,36	0,58	0,44	0,48
N total ^(*)	19,25	25,67	21,00	52,50	53,67
P disp. (mg.Kg⁻¹)	50,78	46,24	41,50	4,58	42,95

^(*) N total: Valoración de Nitrógeno total expresado como NO₃⁻ ppm (µg/g); el método incluye NH₄⁺, NO₂⁻ y NO₃⁻

Las variaciones en las características de los suelos pueden ser atribuidas tanto a su ubicación en el terreno como a la actividad desarrollada en ellos. Justamente la modalidad de horticultura agroecológica propuesta en estos predios tiende a la estabilidad en ciertos parámetros que permitan una continuidad de uso del suelo y por ende la sostenibilidad del sistema productivo.

- pH: representa el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, y tiene gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón es una propiedad muy importante al momento de caracterizarlo. Los valores medidos son muy similares entre las situaciones, ligeramente básicos.
- CE: presenta valores muy bajos, indicando una baja presencia de sales en la solución del suelo; sólo el suelo 3 presenta un valor levemente superior. En el suelo 5, con actividad anterior de compostaje de cama de gallinero, podría haberse encontrado un valor mucho mayor acorde a resultados obtenidos por este grupo de investigación en proyectos anteriores, por lo que es probable que se haya producido el lavado del mismo.
- N total: los valores medidos están dentro de los esperables en un suelo productivo, si bien en los suelos 4 y 5 se duplican respecto a 1, 2 y 3. La metodología utilizada determina la cantidad de Nitrógeno total presente en el suelo, no haciendo distinción entre el disponible y que se encuentra en solución, con aquel que constituye la materia orgánica. Es probable que por la reciente historia de los predios (uno correspondía a una zona parquizada hasta hace un año y el otro se encuentra “en descanso” luego de varios ciclos de compostaje), los suelos 4 y 5 presentan mayor contenido de materia orgánica.
- P disp.: los suelos 1, 2, 3 y 5 adquieren valores aceptables en su contenido de fósforo disponible, a diferencia del suelo 4, notoriamente inferior en la presencia de este elemento. La actividad desarrollada en cada situación le otorga al suelo una cantidad diferente de materia orgánica, principal aporte natural de este elemento, además de contar con mayor presencia de microorganismos entre los que figuran aquellos que facilitan la disponibilidad de este elemento. Es por ello que estos suelos, con continuidad de cultivos hortícolas (1, 2 y 3) o bien habiendo compostado material vegetal y estiércol de ave (5), contienen una mayor proporción de materia orgánica y por ello mayor contenido de fósforo.

- **Definición del Problema y Justificación del Estudio**

Los metales pesados representan uno de los principales contaminantes a nivel global; su toxicidad está determinada por su concentración en el medio, su biodisponibilidad y su esencialidad para la biota. La liberación al ambiente de metales pesados como consecuencia de la actividad humana genera una significativa contaminación de los ecosistemas a nivel global.

Tradicionalmente se llama metal pesado a aquel elemento metálico que presenta una densidad superior a 5 g.cm^{-3} , aunque a efectos prácticos en estudios medioambientales se amplía esta definición a todos aquellos elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación. El origen de los metales pesados en el suelo puede ser a través de la litogénesis y meteorización, y por aporte antrópico. Algunos metales pesados son esenciales en pequeñas cantidades para los organismos como el Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), Arsénico (As), Vanadio (V), Cobre (Cu), Níquel (Ni) y Molibdeno (Mo), ya que son componentes estructurales o catalizadores de procesos bioquímicos, mientras que otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos como el Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) o el Plomo (Pb).

El rango de concentración natural de los metales pesados en los suelos puede ser amplio y está condicionado, básicamente, por el tipo de roca madre y el grado de meteorización de la misma. Estos factores dependen, en gran medida, de la zona de

estudio y, por lo tanto, existe una importante variabilidad espacial en la concentración natural de metales en los suelos. Además, la presencia de estos elementos está fuertemente relacionada con la actividad antrópica, la proximidad a cursos de agua contaminada y la procedencia del suelo en los casos de relleno.

En el área del conurbano bonaerense, en sitios urbanos y periurbanos, el cultivo de huertas generalmente se realiza en suelos que se caracterizan por estar decapitados, contaminados o muy degradados debido al uso inadecuado de este recurso. En estas condiciones es fundamental la aplicación de una enmienda como la materia orgánica, ya que actúa como mejoradora del suelo y permite, a mediano y largo plazo, la regeneración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La incorporación de la misma en forma de compost favorece la agregación y estructuración del suelo, aumenta la retención hídrica, la porosidad y la aireación. Asimismo incrementa el intercambio catiónico, influye sobre los procesos de oxido-reducción y reduce el riesgo de contaminantes orgánicos e inorgánicos, siendo además fuente de nutrientes y promotor de la actividad microbiana.

En los suelos con actividad agrícola, la entrada de metales se produce mayoritariamente desde los fertilizantes, plaguicidas, estiércol, y desde la atmósfera. Por ejemplo, los fertilizantes fosforados tienen una cantidad importante de Cd, y para el control de plagas se han utilizado sales de Zn y arseniatos de Cu y Pb. También son aportados por el agua de riego y el uso, cada vez más extendido, de enmiendas orgánicas o biosólidos, entre los que destacan los lodos de depuradora y compost realizados a partir de residuos sólidos urbanos o de residuos industriales. En general se considera que la movilidad de los metales pesados es muy baja tendiendo a acumularse en los primeros centímetros del suelo quedando accesibles a la absorción por parte de las raíces de los cultivos.

La presencia de estos metales en el órgano cosechado depende de la biodisponibilidad y del objetivo de producción (hoja, tallo, raíz, flor, fruto o semilla). La biodisponibilidad de un elemento es función de: i) la forma química y física en la que se encuentra en el medio, y ii) la capacidad de los organismos para absorberlo o ingerirlo. Ambas cuestiones están influenciadas por múltiples factores, destacándose la especie vegetal, el tipo de suelo y sus características físico-químicas, y las condiciones climáticas, ya que influyen tanto en la absorción de los metales por la planta como en su distribución entre los diferentes órganos vegetales.

Los suelos cumplen funciones amortiguadoras de la contaminación por medio de neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización y adsorción. Esta capacidad depuradora o *buffer* de un suelo depende de los contenidos de materia orgánica, carbonatos y oxihidróxidos de hierro y manganeso, de la proporción y tipo de minerales de la arcilla, de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, del pH y de la capacidad óxido-reductora, textura, permeabilidad y actividad microbiana. Por lo tanto, para cada situación el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando se superan esos límites para una o varias sustancias, el suelo está contaminado y es fuente de contaminantes. La cantidad máxima admisible de un contaminante, a partir de la cual está biodisponible en cantidades que pueden ser tóxicas, se llama carga crítica, y marca el umbral de toxicidad. Debido a esto las características del suelo juegan un papel trascendente en reducir o aumentar la toxicidad de los metales presentes en él.

La solubilidad y movilidad de los metales en el suelo pueden incrementarse por tres procesos: i) descenso de pH; ii) modificaciones en las condiciones redox, y iii) incremento de la concentración de algunas sales inorgánicas y de agentes complejantes, naturales o sintéticos, que producen cambios en la especiación de los metales. Por otro lado, la

adsorción de los metales al suelo se incrementa al aumentar el contenido de arcillas, óxidos de hierro (FeO_n) y manganeso (MnO_n) o materia orgánica.

El contenido de materia orgánica interviene de manera diferente en la retención o solubilidad de los metales en función de si el suelo es ácido o básico. El pH es la característica edáfica que más afecta la adsorción de Cd, Cu y Pb, siendo explicada por diversos mecanismos: la precipitación, la hidrólisis metálica seguida de la adsorción de las especies de metales y la competencia de los cationes metálicos por los sitios de intercambio. La mayoría de los metales tiende a estar más disponibles a pH ácido porque son menos fuertemente adsorbidos por el complejo de cambio, excepto As, Mo, Se y Cr (VI), que son más móviles a pH alcalino por estar como oxianiones.

Los contenidos de arcilla y la materia orgánica humificada tienen un papel fundamental en la dinámica de los metales pesados en los suelos junto con la capacidad de intercambio catiónico, ya que pueden estar en forma intercambiable o ser fijados irreversiblemente a la fracción arcilla. Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de metales (grupos funcionales con comportamiento ácido, tales como carboxílicos, fenólicos, alcohólicos, enólicos-OH y grupos aminos), pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo.

La fitotoxicidad producida por la elevada concentración de metales pesados, afecta al crecimiento y desarrollo vegetal, y es debida tanto a la toxicidad intrínseca de los metales, como al carácter acumulativo de cada elemento. Los efectos negativos en las plantas son diversos. Algunos de los más destacables son la alteración de las relaciones planta-agua; el incremento de la permeabilidad de las raíces, que las hace menos selectivas en la absorción de elementos desde el medio; la inhibición de la fotosíntesis y respiración; y la modificación de las actividades de algunas enzimas metabólicas. También se afecta el crecimiento y la formación de raíces laterales y secundarias. Estas alteraciones pueden producir mermas en el rendimiento y por lo tanto pérdidas económicas.

El Decreto 831 de la Ley Nacional 24051, sancionada en 1991, establece los valores guía o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos en la República Argentina (Tabla 2).

Tabla 2. Máximos permisibles de metales pesados (mg.kg^{-1}) para suelos de diferentes usos

Uso del Suelo	Cd	Cu	Zn	Cr	Pb
Agrícola	3	150	600	750	375
Residencial	5	100	500	250	500
Industrial	20	500	1500	800	1000

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, además del tipo de metal y de las características físicas, químicas y biológicas del sustrato, pues éstas regulan su biodisponibilidad. Excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena trófica. La mayoría de estos

metales pueden acumularse en órganos vitales del cuerpo humano, produciendo efectos tóxicos progresivos. Los metales con mayor peligrosidad, por su toxicidad, para los seres humanos son el As, Cd, Hg y Pb.

En la Tabla 3 se indican los valores permitidos en distintos países de existencia de Pb y Zn (mg.kg^{-1}) en sustrato utilizado para cultivos.

Tabla 3. Valores (ppm) permitidos de metales pesados en sustrato para cultivo

Metal	Argentina (1)	Australia(2)	Canadá (3)	G. Bretaña (4)	Holanda (1)
Pb	375	150	60	50	85
Zn	600	200	220	150	140

Fuente: (1) Giufre et. Al, 2005; (2) Norma Australiana para pH <5; (3) Lovell et.al 1998 para suelos con pH >6; (4) Kabata-Pendias (2001; 2004); Lovell et.al 1998 para suelos con pH >6.

Es cada vez más frecuente en las huertas la utilización de materiales compostados como sustratos para los cultivos y enmienda orgánica en suelos. Además de consistir en un método para reciclar y liberar nutrientes, también existen estudios acerca de su participación en la dinámica de los metales pesados a partir de las sustancias presentes en la materia orgánica que proporcionan sitios para la adsorción de los mismos.

La incorporación de compost sólidos o de sus extractos constituye una tecnología que se contrapone con el uso intensivo de fertilizantes químicos, buscando mitigar efectos adversos sobre el suelo, el agua y la salud vegetal, protegiendo en consecuencia el medio ambiente y la salud humana. El compostaje es un tratamiento de residuos sólidos en el que diversas poblaciones microbianas (bacterias, hongos y actinomicetos) degradan secuencialmente los restos orgánicos en presencia de oxígeno, para transformarlos en dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada.

La fitotoxicidad producida por la elevada concentración de metales pesados, afecta al crecimiento y desarrollo vegetal, y es debida tanto a la toxicidad intrínseca de los metales, como al carácter acumulativo de cada elemento. Durante la germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos que son comunes a la mayoría de las semillas y que pueden verse alterados por la presencia de alguna sustancia tóxica.

Esta es por lo tanto una etapa de gran sensibilidad a los factores externos adversos, ya que el éxito o aptitud de una plántula para establecerse en un ambiente determinado es relevante para garantizar la supervivencia de la especie y lograr buenos rendimientos. La evaluación del desarrollo de la radícula y del hipocótilo constituye un indicador subletal muy sensible para la evaluación de efectos biológicos en la capacidad de establecimiento y desarrollo de la planta, aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación.

- **Objetivos**

Generales:

- a. Fortalecimiento de la investigación, mediante la inserción y formación en investigación de los docentes de la Cátedra de Química General

- b. Transferencia a la comunidad: a través del aporte de tecnologías de fácil apropiación por las huertas familiares de la comunidad

Específicos:

- a.1. Caracterizar los suelos donde se desarrollan huertas familiares en el Partido de La Matanza, identificando su aptitud química para tal fin
- a.2. Determinar la presencia de metales pesados en los suelos y el material vegetal cosechado
- a.3. Desarrollo de un proyecto de recomendación de técnicas culturales que permitan la obtención de producciones hortícolas sanas en zonas urbanas

- b.1. Analizar la posibilidad de remediación de suelos contaminados con metales pesados a través del método de estabilización química
- b.2. Transferir tecnologías de apropiación sencilla a los huerteros familiares con la finalidad de mejorar la calidad de los productos de sus cultivos

La Universidad Nacional de La Matanza lleva adelante proyectos de investigación y desarrollo que tienen entre sus objetivos abordar la resolución de problemas que demande en primera instancia la comunidad del Partido de La Matanza o a un marco territorial más amplio, como lo es la Provincia de Buenos Aires y/o el territorio nacional. Es así que, al momento de decidir las líneas de investigación del proyecto, el equipo de trabajo priorizó aquellas que permitieran acompañar a la Institución en atender las necesidades de la población en que se encuentra inmersa, quedando definidos así los objetivos señalados.

- **Hipótesis**

Existen huertas familiares en el Partido de La Matanza desarrolladas en suelos químicamente no aptos para esa actividad

- La incorporación de materia orgánica al suelo reduce la disponibilidad de metales pesados en el mismo y mejora la calidad de las especies cultivadas

3. EXPERIMENTACIÓN

- 3.1. CONTAMINACIÓN CON Pb EN ETAPAS TEMPRANAS DE CULTIVOS HORTÍCOLAS

Los bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar si el agregado de extracto de humus disminuye la fitotoxicidad producida por el plomo, así como analizar si las especies hortícolas empleadas son tolerantes a altas concentraciones de plomo en el suelo y poseen potencial de fitorremediación.

- Material y Métodos

El compost de residuos vegetales utilizado provino de la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (34° 35' LS 58° 29' LO). Para su caracterización se determinó el pH en agua (1:2,5) (adaptado del Método EPA 150.1), la conductividad eléctrica (C.E.) en pasta (adaptado del Método EPA 120.1), el porcentaje de materia orgánica (adaptado del Método EPA 160.4), el contenido de Nitrógeno total (adaptado del Método EPA 351.3), el contenido de Fósforo (adaptado del Método EPA 365.2), el contenido de Potasio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) según el método de Chapman (<http://www.caslab.com/EPA-Methods>), (APHA-AWWA-WPCF, 1992), (Chapman H.D., 1965).

Se preparó un extracto acuoso a partir del compost analizado mezclando una parte de compost húmedo al 50% con dos partes de agua desionizada. Se dejó macerar y se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 minutos (Gariglio et. al, 2002). Se midieron sus propiedades fisicoquímicas de pH, C.E. y carbono orgánico soluble (Golterman et. al, 1978).

Se llevaron a cabo bioensayos de toxicidad durante la germinación en dos especies hortícolas: tomate Platense (*Lycopersicum esculentum* L. var. Platense) y rabanito (*Raphanus sativus* L.).

Se condujeron tratamientos con 6 niveles de contaminación con Plomo (12,5, 25, 50, 100, 200 y 400 ppm de Nitrato de Plomo), en cada caso con y sin adición de extracto de compost (50% v/v) y un testigo con agua desionizada. A fin de analizar la posible incidencia del agregado de la sal otros tratamientos consistieron en el agregado de Nitrato de Potasio (7,6, 15,2, 30,5, 61, 122 y 244 ppm, respectivamente). En todos los casos se realizaron 3 repeticiones por tratamiento.

Para el ensayo de germinación se utilizaron placas de Petri y discos de papel de filtro humedecidos con 14mL de los correspondientes tratamientos, colocando 20 semillas de cada especie en sendas placas y a una temperatura promedio de 20°C.

A los 10 días se evaluó el porcentaje de semillas germinadas y se midió la longitud de las radículas.

Los datos resultantes de los tratamientos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). La existencia de diferencias significativas entre medias se evaluó a través del Test de Tukey ($\alpha=0,10$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat®.

- Resultados y Discusión

Caracterización del compost

El compost utilizado presentó baja conductividad eléctrica y pH ligeramente ácido. Por su parte, el extracto presentó condiciones ideales para su uso en el ensayo (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del compost utilizado

Propiedades	Valor
pH en agua (1:2,5)	6,70
C.E. en pasta (dS.m^{-1})	5,44
% Nitrógeno Kjeldhal	1,67
% Materia Orgánica	33,1
C/N	11,5
CIC (cmolc.kg^{-1})	80,6
Fósforo (mg.kg^{-1})	240
Potasio (cmolc.kg^{-1})	38,0

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del extracto de compost utilizado

Propiedades	Valor
pH en agua (1: 2,5)	8,03
N – NO_3^- (ppm)	125,93
Fósforo reactivo soluble (ppm)	10,98
C.E. (dS.m^{-1})	0,55
Carbono orgánico soluble (mg.L^{-1})	326,43

Fuente: elaboración propia

Longitud de radícula

La germinación es una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos (Sobrero y Ronco, 2008), y junto a la elongación de la radícula constituyen indicadores para la evaluación de efectos biológicos en etapas iniciales del cultivo (Tabla 6). El crecimiento de la radícula fue altamente afectado por las concentraciones de plomo e incluso de nitrato en ambas especies, presentando una gran variabilidad de respuesta. El crecimiento de la radícula en rabanito y tomate mostró muy alta sensibilidad a la presencia de plomo, incluso a bajas concentraciones; la suplementación con extracto mejoró notablemente el crecimiento de las raíces, lográndose los mayores valores de largo de radícula en rabanito. En tomate, la elongación de la raíz mostró menor sensibilidad al plomo que el rabanito; podría afirmarse que la respuesta fue condicionada por la concentración del mismo: a altas concentraciones la suplementación con extracto no mejoró los valores de largo de raíz. Asimismo, las radículas más largas de tomate se obtuvieron en los tratamientos con extracto o con bajas concentraciones de plomo o nitratos. Nuevamente, si bien se observaron diferencias altamente significativas, las respuestas fueron más heterogéneas, estableciendo diferencias entre estas especies.

Tabla 6. Longitud de radícula en rabanito y tomate

Tratamiento	Concentración (ppm)	Longitud de radícula (mm)	
		Rabanito	Tomate
Nitrato de plomo	0	76,40 abcd	52,96 bcd
	12,5	78,76 abc	34,55efg
	25	73,53 abcd	33,34 efg
	50	70,69 abcde	31,54 efg
	100	41,94 f	24,80 fgh
	200	20,10 g	22,49 gh
	400	6,82 g	11,56 h
Nitrato de plomo + Extracto	0	76,09 abcd	60,77 ab
	12,5	83,31 a	67,29 a
	25	67,66 bcde	57,04 abc
	50	79,41 abc	53,19 bcd
	100	72,45 abcde	52,78 bcd
	200	57,77 e	43,58 cde
	400	42,28 f	38,02 def
Nitrato de potasio	0	70,04 abcde	52,96 bcd
	2,3	72,78 abcd	50,98 bcd
	4,9	75,92 abcd	51,54 bcd
	9,2	81,37 ab	43,49 cde
	18,2	75,00 abcd	45,38 cde
	36,7	63,42 de	50,15 bcd
	73,1	66,78 cde	52,26 bcd

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($P < 0,10$)

Fuente: elaboración propia

Bioensayo de toxicidad

Las respuestas obtenidas en los ensayos realizados para evaluar la fitotoxicidad del plomo y las posibilidades de disminuir los efectos adversos con la aplicación de compost se describen en la Tabla 7. Es importante destacar que durante el período de germinación y los primeros días del ciclo ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir en la supervivencia y el desarrollo posterior normal de la planta (Wang et. al, 2001), (White et. al, 2008).

Tabla 7: Porcentaje de Germinación en rabanito y tomate

Tratamiento	Concentración (ppm)	% Germinación	
		Rabanito	Tomate
Nitrato de plomo	0	81,67 abc	93,33 a
	12,5	81,67 abc	90,00 a
	25	88,33 ab	98,33 a
	50	83,33 abc	91,67 a
	100	88,33 ab	85,00 ab
	200	81,67 abc	91,67 a
	400	83,33 abc	85,00 ab
	Nitrato de plomo + Extracto	0	75,00 abc
	12,5	81,67 abc	98,33 a
	25	68,33 c	93,33 a
	50	81,67 abc	91,67 a
	100	81,67 abc	96,67 a
	200	80,00 abc	91,67 a
	400	78,33 abc	95,00 a
Nitrato de potasio	0	75,00 abc	93,33 a
	2,3	91,67 a	72,73 b
	4,9	88,33 ab	83,33 ab
	9,2	90,00 ab	84,84 ab
	18,2	73,33 bc	72,72 b
	36,7	83,33 abc	83,33 ab
	73,1	83,33 abc	86,36 ab

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($P < 0,10$)

Fuente: elaboración propia

Las plántulas jóvenes son más susceptibles que las plantas ya desarrolladas a la toxicidad causada por diversas sustancias y/o factores ambientales. En bajas concentraciones no afectan la germinación pero disminuye el crecimiento de las raíces, aunque estas respuestas son variables entre especies e incluso entre cultivares.

Las especies ensayadas mostraron diferente sensibilidad frente a los tratamientos en sus porcentajes de germinación, si bien estos fueron relativamente altos en todas las situaciones. El rabanito fue más sensible al plomo y nitratos que el tomate, mientras que la suplementación con el extracto mejoró significativamente los porcentajes de germinación en los tratamientos con plomo. En tomate las respuestas fueron más erráticas y no siempre se observaron diferencias significativas, si bien pequeñas concentraciones de nitratos mejoraron significativamente el porcentaje de germinación.

- 3.2. CONTAMINACIÓN CON Pb y Zn EN UN CULTIVO DE LECHUGA

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, además del tipo de metal y de las características físicas, químicas y biológicas del sustrato, pues éstas regulan su biodisponibilidad. A su vez, la adsorción de los metales al suelo se incrementa al aumentar el contenido de arcillas, óxidos de hierro (FeO_n) y manganeso (MnO_n) o materia orgánica.

- **Material y Métodos**

La etapa biológica del proyecto correspondiente al cultivo de una especie vegetal se desarrolló en la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía UBA (34° 35' LS 58° 29' LO).

El experimento consistió en el desarrollo del ciclo completo de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante ensayos controlados en macetas sopladas de 0,5 litros de capacidad, las cuales contenían uno de los suelos identificados (el suelo 2, por presentar valores medios en sus parámetros físicos y químicos) y las mezclas correspondientes a cada tratamiento. Previo al inicio del ensayo, el suelo utilizado fue contaminado con Pb y Zn, regándolo con una solución 100 ppm Pb hasta totalizar 400 mg Pb kg^{-1} suelo, y otra 100 ppm Zn hasta acumular 600 mg Zn kg^{-1} suelo, respectivamente. Los tratamientos aplicados fueron:

- T: Testigo, usando como sustrato el suelo 2 sin ser contaminado

- TPb: el sustrato conformado por el suelo 2, contaminado con 400ppm Pb
- TPb10: suelo 2 contaminado con Pb y un 10% en volumen de agregado de materia orgánica en forma de humus
- TPb20: ídem anterior, pero con un 20% de agregado de humus
- TPb30: ídem anterior, pero con un 30% de agregado de humus
- TPb40: ídem anterior, pero con un 40% de agregado de humus

- TZn: el sustrato conformado por el suelo 2, contaminado con 600ppm Zn
- TZn10: suelo 2 contaminado con Zn y un 10% en volumen de agregado de materia orgánica en forma de humus
- TZn20: ídem anterior, pero con un 20% de agregado de humus
- TZn30: ídem anterior, pero con un 30% de agregado de humus
- TZn40: ídem anterior, pero con un 40% de agregado de humus

Las macetas se dispusieron en un diseño en bloques completamente aleatorizados, con la cantidad de repeticiones necesarias para realizar el posterior análisis estadístico de los resultados obtenidos.

Al finalizar el ensayo se cosecharon las plantas y se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante. A través de un equipo Perkin Elmer® 1100B del Centro Nacional de Energía Atómica (CNEA) se midió la concentración de varios elementos por espectrometría de absorción atómica (EAA), entre ellos Pb y Zn, objetivo del experimento.

- **Resultados y Discusión**

Las Tablas 8 y 9 reflejan las concentraciones en materia seca vegetal (ppm) de distintos elementos para los tratamientos con Pb y Zn, respectivamente.

Tabla 8. Concentración de elementos (ppm) en materia seca para tratamientos con Pb

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS (ppm)						
Elemento	T	TPb	TPb10	TPb20	TPb30	TPb40
P	3470	2565	3009	3186	2263	3737
S	1146	1620	1342	1472	1007	1411
K	41566	47572	40288	39838	22060	41507
Ca	9202	8512	6929	6797	4149	5574
Mn	29,13	66,25	31,62	35,00	12,69	36,93
Fe	70,72	122,53	95,98	101,34	52,91	89,10
Cu	4,66	4,28	3,22	5,24	2,23	5,74
Zn	40,20	49,83	41,14	45,80	30,40	44,24
Pb	0,31	14,99	9,17	7,87	3,42	2,56

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Concentración de elementos (ppm) en materia seca para tratamientos con Zn

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS (ppm)						
Elemento	T	TZn	TZn10	TZn20	TZn30	TZn40
P	3470	3098	4896	5655	3018	2969
S	1146	2214	3483	3864	2368	2013
K	41566	37790	54375	58602	40626	29512
Ca	9202	9533	14608	16167	10552	7655
Mn	29,13	34,78	53,05	69,61	40,07	31,57
Fe	70,72	103,77	72,11	110,99	62,79	57,29
Cu	4,66	5,00	7,05	6,63	3,63	3,45
Zn	40,20	302,06	411,71	577,22	342,38	247,26
Pb	0,31	0,48	0,56	0,27	0,16	0,31

Fuente: elaboración propia

En el caso de los tratamientos contaminados con Pb se incrementó casi 50 veces la concentración del elemento en el material vegetal. Con un agregado de 10% de humus, la presencia del elemento se redujo a 30 veces; con un 20% 25 veces; con un 30% 11 veces y ya con un agregado de un 40% de humus la cantidad de Pb encontrada en el material vegetal se redujo a un 8% (Tabla 8).

Cuando la contaminación fue con Zn, se incrementó 7,5 veces la concentración del elemento en la planta. Los sucesivos agregados de humus no repercutieron en la forma esperada, siendo incluso mayor el contenido del metal presente en el material vegetal al incorporar al sustrato mayores dosis de materia orgánica (con 10% de humus se incrementó en un 36%, con 20% en un 91%, con 30% en un 13% y sólo con un agregado de un 40% de humus la cantidad de Zn en material vegetal disminuyó un 18% (Tabla 9).

- **Conclusión**

La ventaja de aplicar las pruebas de germinación y elongación radicular con diferentes especies permite la generación de bases de datos sobre fitotoxicidad, desde las que se obtienen valores de referencia. Los bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos de distintos compuestos en el proceso de germinación y posterior desarrollo de las plántulas.

En cuanto al ciclo completo de un cultivo, lechuga en este caso, no se vio modificado su desarrollo ante la contaminación con metales pesados como Pb y Zn, aunque la calidad del material vegetal fue afectada ante un aumento en la absorción de dichos elementos.

La presencia de materia orgánica (humus), con alta afinidad por los iones metálicos, puede formar complejos órgano-metálicos, quedando los metales pesados adsorbidos en la materia orgánica del suelo y en otras formas de materia orgánica humificada. Por lo tanto al aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo también aumenta la formación de complejos metálicos grandes, forma en la que las plantas no pueden absorber el metal, disminuyendo así su biodisponibilidad. Lo antedicho se comprobó en este proyecto para el Pb, donde en la medida que se adicionaba materia orgánica en su forma humificada al sustrato, disminuía el contenido del metal en el material vegetal cosechado. Por su parte, el Zn presentó un comportamiento errático, pareciendo incluso perjudicial la incorporación progresiva de humus.

Por los resultados obtenidos, se considera importante continuar en futuros trabajos sobre esta temática, haciendo lo propio con otras especies hortícolas habitualmente cultivadas y consumidas en el periurbano, y poder caracterizarlas a través de su susceptibilidad a la presencia en el suelo de compuestos como los ensayados.

- **Bibliografía**

- ALS Environmental. EPA Methods. <http://www.caslab.com/EPA-Methods/>
- APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods. 1992. Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Ediciones Días de Santos, SA. XVII edición.
- Chapman, H.D. 1965. Cation-Exchange Capacity. In C. A. Black (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph. 9, ASA and SSSA, Madison, WI. p.891-901.
- Gariglio, N.F.; Buyatti, M.A.; Pilatti, R.A.; González Russia, D.E.; Acosta, M.R. 2002. Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix* sp.) sawdust New Zealand. Journal of Crop and Horticultural Science, 30: 135-139.
- Giuffre, L.; Ratto, S.; Marbán, L.; Schonwald, J.; Romaniuk, R. 2005. Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. [en línea]. Ciencia del suelo 23: 101-106. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185020672005000100012&lng=es&nrm=iso.
- Golterman, H.; Clymo, R.; Ohndtad, M. 1978. Methods for the physical and chemical examination of freshwaters. Oxford. Ed. Blackwell. 166 pp.

- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. Florida 3rd Ed. CRC Press. 413 pp.
- Kabata-Pendias, A. 2004. Soil-plant transfer of trace elements. *Geoderma*, 122:143-149.
- Ley 24501. Régimen de Desechos peligrosos. Buenos Aires. 17 de Diciembre de 1991. Boletín Oficial.
- Lovell, B.; Toombs, M.; Blackie, M.; Schleihauf, J. Land application of sewage biosolids for crop productions [en línea] <http://www.gov.on.ca:80/OMAFRA/english/environment/facts/95-069.htm>.
- Sobrero, M.C.; Ronco, A. 2008. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. En: Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. (P. Ramírez Romero y A. Mendoza Cantú, Comp.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México p.55-68.
- Wang, X.; Sun, C.; Gao, S.H.; Wang, L.; Shokui, H. 2001. Validation of germination rate and root elongation as indicator to assess phytotoxicity with *Cucumis sativus*. *Chemosphere* 44:1711-1721.
- White, A.L.; Boutin, C.; Dalton, R.L.; Henkelmann, B.; Carpenter, D. 2008. Germination requirements for 29 terrestrial and wetland wild plant species appropriate for phytotoxicity testing. *Pest.Manage.Sci.* 65:19-26.

- **Producción científico-tecnológica**

A. Publicaciones

- Alfredo Amato, Alejandra de los Ríos, Graciela Garrido, Daniel Leiva, Teresita Fanger, Teodoro Ferrón, Liliana Aranibar. 2015. Prácticas de laboratorio para el abordaje de procesos redox espontáneos y corrosión electroquímica con materiales de uso cotidiano: pila de monedas. The Journal of the Argentine Chemical Society. 102(1-2) January-December. ISSN: 1852-1207.

Libros Digitales

- Alfredo Amato, Alejandra de los Ríos, Graciela Garrido, Daniel Leiva, Teodoro Ferrón, Teresita Fanger, Liliana Aranibar. 2015. Pilas no convencionales: determinación de la pureza de un ánodo de sacrificio comercial. CD- ROM, PDF. Compiladora: L. Habarta. Editorial UNCAUS. Universidad Nacional del Chaco Austral. ISBN 978-987-457 11-3-7.
- de los Ríos, Alejandra María, Clozza, Mario Néstor, Garrido, Graciela Rosana, Leiva, Daniel Rodolfo, Amato, Alfredo, Ferrón, Teodoro, Recondo, Verónica. Aplicación de compost como atenuante del efecto tóxico del plomo en etapas tempranas de cultivos hortícolas. 2016. En: Actas del III Congreso Argentino de Ingeniería: CADI 2016. 1º Edición, 2989-2994. Compilado por Alejandro Rubén Farías, Jorge Pilar, César J. Acuña Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia. Libro digital, PDF-Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-42-0173-1.

Revistas con referato

- Amato, Alfredo; de los Ríos, Alejandra; Garrido, Graciela; Leiva, Daniel; Ferrón, Teodoro; Clozza, Mario; Aranibar, Liliana. 2016. Procesos redox espontáneos y corrosión electroquímica con materiales de uso cotidiano. EdUTecNe, Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. ISBN 978-987-1896-74-5.

B. Presentaciones en eventos científicos

a) Congresos Nacionales

- Primeras Jornadas Técnicas Producciones Orgánicas y Agroecológicas (POA) Sustentabilidad en Producciones Periurbanas. Predio Ferial FESPAL. Chabás, Pcia. Santa Fé. Argentina. 14 y 15 de Mayo 2015.
 - Clozza, M.N.; de los Ríos, A.M.; Leiva, D.R.; Ferrón, T.; Garrido, G.R.; Amato, A.V.; Fanger, T. Caracterización y remediación de los suelos de las huertas familiares en el Partido de La Matanza.
 - de los Ríos, A. M.; Clozza, M.N.; Leiva, D.R.; Garrido, G.R.; Amato, A.V.; Giardina, E.B.; Ferrón, T.; Vilella, F.; Aranibar, L.G. Caracterización del compost y bioensayos de toxicidad.
- XVII Reunión de Educadores de la Química. 12-14 Agosto 2015. Universidad Nacional de Chaco Austral. ISBN 978-987-457 11-3-7
 - Alfredo Amato, Alejandra de los Ríos, Graciela Garrido, Daniel Leiva, Teodoro Ferrón, Teresita Fanger, Liliana Aranibar. Pilas no convencionales: determinación de la pureza de un ánodo de sacrificio comercial.

- VIII Congreso de Ingeniería Industrial. COINI 2015. Córdoba, Argentina. 12 y 13 de noviembre 2015.

- de los Ríos, Alejandra M.; Clozza, Mario N.; Fanger, Teresita A; Garrido, Graciela R.; Leiva, Daniel R.; Amato, Alfredo V.; Ferrón, Teodoro. Índices de germinación y elongación radical de especies vegetales hortícolas y ornamentales para el biomonitoreo de la calidad de suelos y sustratos.

- Clozza, Mario; de los Ríos, Alejandra; Amato, Alfredo; Leiva, Daniel; Ferrón Teodoro; Garrido, Graciela; Fanger, Teresita y Aranibar, Liliana. Caracterización de compost de residuos vegetales y su efecto sobre la acumulación de metales pesados en lechuga.

- IX Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2016. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Salta, Argentina. 3 y 4 de Noviembre de 2016.

- Amato, A.; de los Ríos, A.; Garrido, G.; Leiva, D.; Ferrón, T.; Clozza, M.; Aranibar, L.: Procesos redox espontáneos y corrosión electroquímica con materiales de uso cotidiano.

b) Congresos Internacionales

- X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. Asociación Química Argentina (AQA). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 6 al 10 de Octubre de 2015.

- Alfredo Amato, Alejandra de los Ríos, Graciela Garrido, Daniel Leiva, Teresita Fanger, Teodoro Ferrón, Liliana Aranibar. Prácticas de laboratorio para el abordaje de procesos redox espontáneos y corrosión electroquímica con materiales de uso cotidiano: pila de monedas.

c) Disertaciones

- X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. Asociación Química Argentina (AQA).

- de los Ríos Alejandra María: Invitada como disertante a participar en la mesa redonda: Química en las escuelas técnicas: visiones actuales. CABA. 6 al 10 de Octubre de 2015.

C. Formación de recursos humanos

C.1. El Ing. Alfredo Amato, la Lic. Graciela Garrido y el Lic. Daniel Leiva, integrantes de este Proyecto PROINCE 2015-2016 como investigadores en formación, también lo fueron del Proyecto de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, correspondiente al Programa de Investigación PROINCE 2013-2014, que llevó por título Caracterización del compostaje de residuos vegetales y su efecto sobre la acumulación de nitratos y metales pesados en especies hortícolas, bajo la misma dirección.

Su inclusión en el equipo de trabajo del Laboratorio de Química permitió su inserción en la investigación, habiendo también participado en la presentación de trabajos en eventos científicos.

A inicios de 2017 fueron notificados de haber sido categorizados en el Programa de Incentivos.

C.2. de los Ríos, Alejandra María

XVII Reunión de Educadores de la Química. 12-14 Agosto 2015. Universidad Nacional de Chaco Austral.

- Coordinadora del Taller T2: Armas químicas hace 100 años ¿y hoy? Propuestas para trabajar en el aula.
- Asistencia y aprobación del Taller T13: Correcto empleo del idioma y lenguaje técnico. La importancia de la comunicación oral y escrita en química.
- Asistencia y aprobación del Taller T15: Herramientas para potenciar recursos en el aula. Coaching, mediación y liderazgo para crear un clima pacífico en las instituciones.
- Asistente de la XVII Reunión de Educadores en la enseñanza de la química.

Seminario Internacional de Producción Orgánica: Investigación, Manejo Agroecológico y Valor Nutricional. Facultad de Agronomía UBA. Ciudad Aut. Buenos Aires 2/10/2015.

- Asistencia

X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. Asociación Química Argentina (AQA). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 6 al 10 de Octubre de 2015.

- Asistente al Taller: A 100 años del uso de las armas químicas modernas. Desafíos actuales.
- Asistente al Taller: Experimentos con magia: trucos de química.
- Asistente al Taller: La preservación de objetos y materiales de uso de valor patrimonial en los laboratorios de química.

C.3. Leiva, Daniel Rodolfo

X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. Asociación Química Argentina (AQA). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 6 al 10 de Octubre de 2015.

- Asistente al Taller: Experimentos con magia: trucos de química.