



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

**Programa de acreditación:
CyTMA2**

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto: C2-ING-063

**Título del proyecto:
Prácticas de remediación ambiental: efecto del agregado de
sustancias orgánicas sobre la calidad del suelo**

PIDC:

Elija un elemento.

PII:

Elija un elemento.

Directora: de los Ríos, Alejandra María

Codirectora: Rodríguez, Myrian Roxana

**Integrantes:
Garrido, Graciela Rosana**

Leiva, Daniel Rodolfo

Amato, Alfredo Vladimiro

Asesor Externo: Micaela Soledad Patitucci

Resolución Rectoral de acreditación: N° 518/2019

Fecha de inicio: 01/01/2019

Fecha de finalización:30/04/2021

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

A. Desarrollo del proyecto (adjuntar el protocolo)

A.1. Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización (desarrolle en no más de dos (2) páginas)

La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. 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 agroecosistemas. La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost.

El objetivo de nuestro proyecto es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

Para abordar este objetivo se realizaron ensayos experimentales para conocer las características físico – químicas de los materiales a utilizar, así como la respuesta de una especie vegetal a la contaminación.

Se realizaron ensayos de contaminación sobre dos tipos de sustratos: i) un suelo degradado proveniente de una zona de huertas de González Catán y ii) tierra fértil comercial utilizada para el crecimiento de plantines hortícolas en almácigos. Se trabajó con lechuga (*Lactuca sativa*) como especie indicadora.

Dichos sustratos fueron contaminados con soluciones preparadas para tal fin, de metales frecuentemente hallados en suelos contaminados: Cobre (Cu); Zinc (Zn) y Plomo (Pb) en distintas concentraciones. La concentración de las soluciones se seleccionó siguiendo el criterio establecido por la ley nacional 24.051 (Tabla 1) para suelos de uso agrícola.

Tabla 1. Máximos permisibles de metales pesados (mg.kg^{-1}) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario 831 de la Ley 24.051).

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

Se prepararon soluciones de los metales mencionados en dos concentraciones, la máxima permitida y a la mitad de dicha concentración (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de soluciones de metales pesados (mg.kg^{-1}) empleadas para el riego.

Solución	Concentración (ppm del metal)
CuSO_4 (sulfato de cobre II)	75
	150
ZnSO_4 (sulfato de cinc)	300
	600
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de plomo II)	200
	400



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Como se dijo, la horticultura es una actividad intensiva, extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. En este contexto se llevaron a cabo dos ensayos:

Ensayo 1: Contaminación

En bandejas plásticas se pesaron 250g de los dos sustratos separadamente, los cuales fueron regados por única vez hasta saturación con las soluciones de los tres contaminantes en dos concentraciones distintas. Se dejó reposar durante 21 días. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento. El testigo fue regado con agua destilada.

Se prepararon extractos acuosos a partir de los sustratos contaminados en proporción 1:2 (1 parte de sustrato, 2 partes de agua destilada). Posteriormente se midió el pH y la conductividad eléctrica de los extractos acuosos obtenidos a partir de cada tratamiento: sustratos contaminados y testigo.

Ensayo 2: Germinación

Se realizó un ensayo de germinación de lechuga en placas de Petri. Se colocaron 10 semillas/ placa sobre discos de papel de filtro con 7 ml de cada extracto preparado. Se mantuvo a una temperatura de 22 ± 2 °C y en condición de oscuridad. A los 6 días se midió la longitud de las radículas para estudiar el efecto de los metales contaminantes sobre la germinación y el desarrollo radicular de la especie. Con los datos registrados se calculó la elongación radicular relativa (ER%) y la germinación relativa (GR%) y en base a estos resultados se calculó el índice de germinación (IG%).

Estos parámetros se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

$$ER\% = \frac{\text{Longitud radicular tratamiento}}{\text{Longitud radicular blanco}} 100$$

$$GR\% = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas tratamiento}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas blanco}} 100$$

En base a estos resultados se calculó el índice de germinación (IG%) según:

$$IG (\%) = \frac{(ER\% * GR\%)}{100}$$

Resultados

	MUESTRA	pH	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ER%	GR%	IG%
TIERRA FÉRTIL	Cu 75	7,82	1537,67	91,78	76,00	69,75
	Cu 150	7,89	1487,00	96,04	72,00	69,15
	Pb 200	7,77	1347,67	93,97	72,00	67,66
	Pb 400	7,76	1305,33	74,74	92,00	68,76
	Zn 300	7,79	1636,67	98,95	80,00	79,16
	Zn 600	7,60	1934,33	98,73	68,00	67,13
SUELO	Cu 75	6,36	234,33	91,71	60,00	55,03
	Cu 150	6,06	395,33	66,85	72,00	48,13
	Pb 200	6,30	345,33	51,92	60,00	31,15
	Pb 400	6,14	389,67	73,53	64,00	47,06
	Zn 300	6,15	487,67	55,35	24,00	13,28
	Zn 600	6,02	690,00	72,73	76,00	55,27

Comentado [C1]: Ver tabla la veo sobre el encabezado de la página siguiente.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

En el suelo hortícola contaminado se verificaron en general bajos valores para los parámetros medidos, tanto físico – químicos como biológicos en relación a los mismos parámetros medidos en el sustrato comercial: pH levemente ácido (alrededor de 6), baja conductividad eléctrica que puede deberse a una baja concentración de cationes y aniones que constituyen la fertilidad del suelo. Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica. Ambos juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo.

Con respecto al índice de germinación en suelo contaminado es bajo ($IG \leq 55\%$) en todos los tratamientos. Un IG menor a 50% indica alta fitotoxicidad (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de germinación (IG%) tomado de Ermino y Warman (2004)

IG%	Categoría
<50%	Alta fitotoxicidad
50% - 80%	Moderada fitotoxicidad
> 80%	No se detecta fitotoxicidad

En los tratamientos sobre tierra fértil los valores de %IG muestran una moderada fitotoxicidad, posiblemente debido al mayor contenido de materia orgánica que presenta este tipo de sustrato. Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos, pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo. Por lo tanto, el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la incorporación de sustancias orgánicas.

Durante el periodo 2019 se han cumplido con los objetivos propuestos. En el contexto del Aislamiento Social Preventivo Obligatorio (ASPO) establecido por el Poder Ejecutivo Nacional, entre el 20/3/2020 y el 06/11/2020 y el posterior Distanciamiento Social Preventivo Obligatorio (DiSPO) extendido se llevaron a cabo distintas acciones tendientes a cumplir con el plan propuesto y en concordancia con una beca estudiantil propuesta en el marco de este proyecto.

En el año 2020 la propuesta era realizar los ensayos físico- químicos y biológicos poniendo a prueba el efecto del agregado de sustancias orgánicas sobre la capacidad reguladora de los suelos estudiados. La gravedad de la pandemia y la situación de ASPO nos impidió continuar con la fase experimental de laboratorio, tema que se propone abordar en un próximo proyecto dada la relevancia de la temática detectada a nivel nacional y provincial como los programas Argentina Futura y la Mesa contra el Hambre.

Análisis urbano para la implementación de huertas

Aun en contexto de pandemia y ASPO mencionados se pudo avanzar en el objetivo fijados en la beca de evaluar la factibilidad de la implementación de huertas, en la localidad de Virrey del Pino, elaborando un análisis urbano general del sector micro, mezo y macro.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Tanto el ámbito rural como el urbano poseen actores, elementos, propiedades y funciones diversas que interactúan y se entrecruzan y a su vez, se diferencian. Con el propósito de generar herramientas de evaluación del territorio para estudiar la factibilidad de implementación de huertas urbanas con el principal objetivo de proveer de alimentos a aquellos sectores económicamente vulnerables, se realizó un estudio a nivel macro, mezo y micro de la localidad de Virrey del Pino (figura 1).

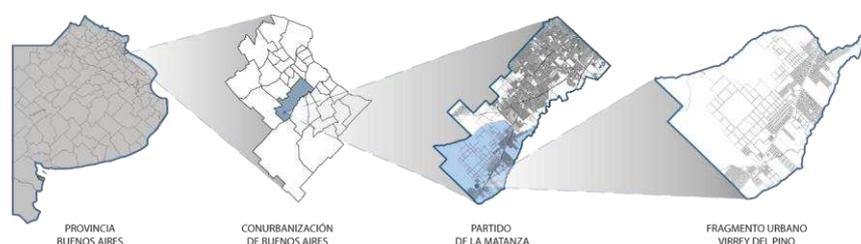


Figura 1: Estudio de la localidad de Virrey del Pino

Así mismo, se realizó una consulta a productores y consumidores de frutas y verduras del Partido de la Matanza, con el objeto de indagar acerca de la producción y el acceso a productos saludables de la población para una alimentación adecuada, buscando llegar a un gran número de personas a través de un formulario al que podían acceder en sus dispositivos móviles. Sobre 109 respuestas a la encuesta, donde el 93% corresponde a personas que viven en el partido de La Matanza, el 12% se identificó como productor y un 71,3% del mismo como productores de la agricultura familiar; 13,6 % definió su producción como orgánica, 9,1% como agroecológica y un 6% agricultura convencional. Al consultar a los productores sobre la manera en que comercializaban a sus productos un 36,4% manifestó que lo hacían en plazas y espacios públicos, 27,3% en el mismo lugar donde producían, a través de las redes sociales (27,3%) y en Ferias o eventos organizados por el municipio un 3%, entre otras opciones. Entre los principales inconvenientes que observaron para poder vender sus productos fueron la baja valoración social reflejada en los precios de los productos originados por la agricultura familiar, ausencia de canales comerciales, no contar con un lugar específico para comercializar sus productos, entre otros.

El programa ProHuerta es un programa de políticas públicas dirigido a familias y organizaciones de productores/as en situación de vulnerabilidad social que promueve las prácticas productivas agroecológicas para el autoabastecimiento, la educación alimentaria, la promoción de ferias y mercados alternativos con una mirada inclusiva de las familias productoras.

Durante el 2020, el ProHuerta cumplió 30 años de historia, transformándose en una de las políticas públicas alimentarias más importantes de Argentina y Latinoamérica. Aun así, el 64,2% de las personas que respondieron a la consulta manifestaron no conocerlo.

Los resultados de este trabajo permitirán realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan suelos impactados ambientalmente.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

B. Principales resultados de la investigación

B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	<i>de los Ríos, Alejandra; Clozza, Mario; Garrido, Graciela; Leiva, Daniel; Amato, Alfredo</i>
Título	<i>Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos</i>
Año	<i>2019</i>
Evento	<i>XII Congreso de Ingeniería Industrial (COINI 2019)</i>
Lugar de realización	<i>Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>01/11/2019</i>
Entidad que organiza	<i>Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (aacini) y UTN Santa Cruz</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4478</i>

Autores	<i>de los Ríos, Alejandra; Garrido, Graciela; Leiva, Daniel; Amato, Alfredo; Patitucci, Micaela; Rodríguez, Miryan</i>
Título	<i>Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo</i>
Año	<i>2019</i>
Evento	<i>XII Congreso de Ingeniería Industrial (COINI 2019)</i>
Lugar de realización	<i>Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>01/11/2019</i>
Entidad que organiza	<i>Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (aacini) y UTN Santa Cruz</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4478</i>



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Autores	<i>de los Ríos, Alejandra; Garrido, Graciela; Amato, Alfredo; Leiva, Daniel; Patitucci, Micaela; Rodríguez, Miryan</i>
Título	<i>Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación.</i>
Año	2020
Evento	<i>XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial y Afines (COINI 2020)</i>
Lugar de realización	<i>Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional San Rafael, Mendoza (virtual)</i>
Fecha de presentación de la ponencia	21/10/2020
Entidad que organiza	<i>Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (aacini) y UTN San Rafael y VirtualEd.</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

Autores	<i>de los Ríos, Alejandra; Garrido, Graciela; Amato, Alfredo; Leiva, Daniel; Patitucci, Micaela; Rodríguez, Miryan</i>
Título	<i>Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación.</i>
Año	2020
Evento	<i>IV Encuentro del Programa MEP -Mejora de las Estrategias Pedagógicas.</i>
Lugar de realización	<i>Universidad Nacional de La Matanza (virtual)</i>
Fecha de presentación de la ponencia	04/12/2020
Entidad que organiza	<i>Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada ²
Zurita, Mathías Leandro DNI: 35604794	Alumno becario	DIIT - UNLaM	01/03/2020 a 28/02/2021	Evaluar la factibilidad de la implementación de huertas, en la localidad de Virrey del Pino, elaborando un análisis urbano general del sector micro, mezo y macro.

F. Vinculación³: Se conformaron redes de intercambio científico, de instrumental y toma de muestras con el área de Producción Vegetal Orgánica, la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía UBA, y la Estación Experimental Agropecuaria Área Metropolitana de Buenos Aires del INTA con quienes se establece un intercambio dinámico y actualizado. Así también, con la ONG Identidad Vecinal de González Catán quienes cuentan con comedores y prevén el establecimiento de huertas en los mismos.

G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.

El equipo de trabajo conformado por los docentes e investigadores de la cátedra de Química General del DIIT ha colaborado en el desarrollo del proyecto de fin de carrera de los alumnos Miguel Gallo, Matías Alí, Rodolfo Alonso, Hernán Enciso, Lucas Francini y Leonel Gobbi de la carrera de Ingeniería en Informática quienes crearon una plataforma educativa que les permite a los estudiantes ampliar sus saberes abordados por esta asignatura desde el juego y la experimentación. Se trata de un programa de computación que lleva el nombre SIAMM, por las siglas de Simulación Interactiva de Átomos, Moléculas y Materiales, que permite obtener información sobre la formación, composición y distribución de los elementos químicos, interactuando mediante un entorno creativo y curioso. También el equipo ha colaborado con el alumno Pablo Becerra y sus compañeros, estudiantes de ingeniería informática asesorándolos y preparando en el laboratorio soluciones de glucosa en distintas concentraciones para poner a prueba el glucómetro que construyeron como proyecto de fin de carrera.

² Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)

³ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

H. Cuerpo de anexos:

- Anexo I: Copia de cada uno de los trabajos mencionados en los puntos B, C y D, y certificaciones cuando corresponda.⁴
- Anexo II:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.
 - FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Anexo III: Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto (FPI 017)
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

Ing. de los Ríos, Alejandra María
Firma y aclaración
del director del proyecto.

Lugar y fecha : 25 de abril 2021

- Presentar una copia impresa firmada del presente documento junto con los Anexos, y enviar todo en archivo PDF por correo electrónico a la Secretaría de Investigación Departamental. **Límite de entrega: 28 de febrero de 2020**

⁴ En caso de libros, podrá presentarse una fotocopia de la primera hoja significativa o su equivalente y el índice.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

ANEXO 1

Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos

de los Ríos, A. *; Clozza, M.; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A.

Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires. Argentina.
adelosrios@unlam.edu.ar

RESUMEN

La demanda por alimentos de calidad crece exponencialmente a nivel mundial. El desafío actual es la producción agrícola empleando técnicas e insumos que preserven el ambiente garantizando la sostenibilidad del sistema productivo, siendo de relevancia el aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química, mientras que la producción orgánica se vale de alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo. En la nutrición vegetal es particularmente importante el Fósforo (P), siendo escasos los materiales para proveerlo que estén aprobados por la normativa orgánica. El objetivo general de este proyecto es evaluar el efecto de la incorporación de estos materiales sobre el contenido de Fósforo en el suelo y el material vegetal. Los experimentos constaron de los siguientes tratamientos: i) Testigo: situación inicial del suelo y las especies vegetales autóctonas; ii) Distintos materiales caracterizados como aportes de P, no obtenidos de síntesis química. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron prioritariamente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitó su disponibilidad y absorción. Los tratamientos con Harina de hueso y su combinación con Microorganismos incrementaron el P en el suelo, aunque la forma química en la que se encontraba no lo hizo disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales. Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento fueron similares a los disponibles por los agricultores. La provisión de Harina de hueso y Microorganismos, así como la obtención local de Compost a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Esta característica de repetibilidad promueve la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Palabras clave: Huertas urbanas; Fósforo; manejo orgánico; Partido de La Matanza

ABSTRACT

Consumers demand for quality food grows exponentially worldwide. The current trend is agricultural production using techniques and inputs that preserve the environment, guaranteeing sustainability and increasing soil fertility. Conventional agriculture uses chemical synthetic products, while organic production uses natural alternatives for incorporation and availability of nutrients in soil. Phosphorus (P) is particularly important in plant nutrition, but only a few materials to provide it are approved by organic regulations. The aim of this project is to evaluate the effect of incorporating these materials on phosphorus content in soil and plants. Treatments were: i) Control: initial situation of soil and native plant species; ii) Different materials characterized as P providers and accepted for organic production. Incorporation of compost and microorganisms did not provide P, although the addition of organic matter and biotic activity facilitated P availability and absorption. Treatments with bone meal and its combination with microorganisms increased P content in soil, but the chemical form it was did not make it available immediately to be absorbed by the vegetables. Production conditions and materials tested in this experiment are available by farmers. Provision of bone meal and microorganisms, and compost obtained with residues of different origin, would allow repeating the incorporation practices. This repeatability characteristic promotes the community appropriation of the results of this research, transferring a simple and feasible technology.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

1. INTRODUCCIÓN

El origen del Fósforo (P) del suelo es la roca madre, encontrándose en forma orgánica e inorgánica. Entre los componentes orgánicos encontramos residuos vegetales y animales, organismos vivos y la materia orgánica humificada, existiendo una fracción más fácilmente mineralizable (más lábil) y otra más resistente. Dentro del inorgánico podemos encontrar una fracción muy pequeña de P en solución, además de estar adsorbido a coloides del suelo, precipitado, o en los minerales primarios. La planta absorbe el P que está en solución, el cual se va reponiendo mediante un lento mecanismo de difusión, además del que puede pasar a la solución durante el ciclo del cultivo. El P inorgánico es así el principal responsable de la renovación del P en solución absorbido por las plantas, siendo mínima su presencia en la solución. Al ser absorbida, otras formas van reponiéndola con distinta velocidad. Esta fuerte interacción del P con la fase sólida del suelo hace que posea una muy baja movilidad en el perfil y una baja concentración en la solución del suelo.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal se puede clasificar entonces al P del suelo en tres fracciones: i) el P en solución ($H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-}); ii) el P lábil, que incluye fosfatos adsorbidos, orgánicos y precipitados con Fe, Ca y Al; y iii) el P no lábil, constitutivo de minerales primarios y secundarios. La fracción de P en solución es la forma que se encuentra disponible para las plantas. Los principales factores del suelo que afectan la disponibilidad del P presente para el cultivo incluyen la textura, su aireación y compactación, el contenido de materia orgánica, el pH y la temperatura y humedad.

Las formas de aporte de P al suelo en producciones intensivas se pueden resumir en: i) la roca fosfórica, que puede ser utilizada en planteos orgánicos previo control de concentración de metales pesados; ii) abonos orgánicos (compost de origen vegetal, animal o combinado), con baja concentración de fósforo, que oscilan entre 0,15% y 1,70%; iii) los microorganismos del suelo, ya sea a través de la descomposición de los residuos y la mineralización de la materia orgánica liberando P a la solución del suelo, o mejorando el aprovechamiento del P edáfico (micorrizas, *Pseudomonas* y *Azospirillum*); iv) la harina de hueso, material con más solubilidad que la roca fosfórica.

El muestreo de P del suelo se realiza, en general, hasta los 20 cm de profundidad debido a su baja movilidad. Para saber si el suelo contiene un adecuado nivel de P extractable, el valor obtenido en laboratorio es comparado con un valor umbral, el cual determina el estado de suficiencia del nutriente.

1.1. Problemática a investigar

Un tema de gran relevancia cuando se habla de producción agroecológica, y en particular orgánica, lo constituye el principio básico del aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Su caracterización y manejo es un componente esencial de la productividad de los agroecosistemas. Resulta fundamental conocer los procesos que hacen a la disponibilidad de nutrientes, su sincronización con los requerimientos de los cultivos, el manejo de la materia orgánica y la preservación de la calidad física y biológica del suelo. Asimismo, es importante el conocimiento de las prácticas que atienden al manejo integral de la fertilidad en el marco de un uso sostenible de los recursos.

Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química a fin de garantizar la productividad y el mantenimiento de las condiciones nutricionales del suelo, siendo varios de ellos cuestionados por ser perjudiciales para el ambiente y la salud humana. Por su parte, la producción agroecológica se vale de otras alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo.

1.2. Fósforo: contenido y disponibilidad

Entre los elementos esenciales en la nutrición mineral es particularmente importante el P, dada su importancia relativa en el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como su presencia en el suelo. Forma parte de los nucleótidos fosfato, interviniendo por ello en los procesos metabólicos involucrados en la transferencia y almacenamiento de energía; es constituyente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de los fosfolípidos de las membranas. Participa en la regulación del pH de las células, como así también en la formación de los órganos reproductores durante la etapa de maduración de semillas y frutos. Es un elemento muy móvil en la planta, particularmente presente en células meristemáticas, de metabolismo muy activo. La movilidad del P en el suelo es muy limitada, y por lo tanto las raíces pueden absorberlo solamente de su entorno inmediato. Dado que la cantidad de este elemento en la solución del suelo es baja, la mayor parte de la absorción es activa, contra el gradiente de la concentración.

Una adecuada provisión de este elemento en un sistema de producción orgánica, ya sea a través de su agregado o su aumento en la solución del suelo, puede lograrse mediante la incorporación de los siguientes materiales:



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

- **Roca fosfórica:** se obtiene de depósitos geológicos, siendo la apatita, un mineral de fosfato de calcio, el componente principal. La mayoría de la roca fosfórica se utiliza para producir fertilizantes fosfatados solubles, de fácil disolución al ser agregados al suelo, pero éstos no son aceptados por la normativa de producción orgánica. Cuando la roca fosfórica se añade directamente al suelo se disuelve lentamente para liberar gradualmente los nutrientes, pero en algunos suelos la velocidad de disolución puede ser demasiado lenta para sostener el crecimiento del cultivo. La efectividad de la fertilización con roca fosfórica depende del pH del suelo (preferentemente condiciones ácidas), la capacidad de fijación de P del suelo (se incrementa con un alto contenido de arcillas), un alto contenido de materia orgánica y bajo de Calcio, la incorporación con la labranza y la especie a implantar [1].
- **Compost:** el contenido de materia orgánica en el suelo favorece la actividad de los microorganismos, y con ello la estructura del mismo. La porosidad así lograda permite equilibrar su aireación y humedad, mejorando la disponibilidad del P. Además, la capacidad de intercambio catiónico del compost facilita la adsorción de otros elementos nutritivos y la pronta disponibilidad en la solución del suelo [2].
- **Microorganismos:** las cepas de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium* se encuentran entre la mayoría de los microorganismos solubilizadores de P. El principal mecanismo para la solubilización del fosfato mineral es la reducción del pH del suelo por la producción microbiana de ácidos orgánicos, mientras que las fosfatasa ácidas desempeñan un papel importante en la mineralización del fósforo orgánico en el suelo. Estas bacterias también aumentarían las perspectivas de la utilización de rocas fosfóricas que, con un alto contenido de P total pero con baja reactividad y lenta disolución, proveen de escasa nutrición al cultivo [3-5].
- **Harina de hueso:** es otra alternativa para la fertilización con P, siendo más soluble que la roca fosfórica. El hueso comercial es un producto que es tratado a altas temperaturas eliminándose el potencial de transmitir enfermedades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el predio de la Huerta Experimental Orgánica de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina (34° 59' S, 58° 48' O).

Como investigación exploratoria se analizaron los suelos de distintos sitios georeferenciados dentro de la huerta, a fin de estudiar su homogeneidad y/o variabilidad en parámetros que pueden modificar efectos sobre los resultados. A partir de técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de los suelos. Se ajustaron los procedimientos que pudieron ser realizados con el instrumental existente en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza, particularmente aquellos colorimétricos realizados con el espectrofotómetro UV-visible. Se cuantificaron varios parámetros, tales como la determinación del pH y la conductividad eléctrica (C.E., mS/cm) (peachímetro y conductímetro HANNA Combo Tester Modelo HI98129, contenido de Materia Orgánica (MO %), Carbono fácilmente oxidable (CO %) (método de Walkley-Black) y contenido de Fósforo (P %) (espectrofotómetro UV-visible). Para el material vegetal cosechado en cada punto se midió el contenido de Fósforo (P %).

A partir de los resultados obtenidos en una primera etapa del experimento se procedió al montaje y seguimiento del mismo por el término de seis meses. El experimento constó de distintos tratamientos: un testigo, utilizando el suelo tal cual en cada punto georeferenciado de la zona, y tratamientos con cada uno de los materiales incorporados: Compost, Harina de hueso, Microorganismos. El diseño experimental determinó la cantidad de repeticiones necesarias para realizar el posterior análisis estadístico de los resultados obtenidos. Dada la homogeneidad encontrada en las características físicoquímicas del suelo en las distintas parcelas, se pudo realizar un diseño completamente aleatorizado (DCA). El mismo constó de 5 tratamientos y 6 repeticiones por cada uno de ellos, quedando así 30 sitios de 1m². Los tratamientos fueron dispuestos en el terreno en forma aleatorizada.

Las muestras de suelo se tomaron en la zona central de cada parcela, 3 muestras en una transecta diagonal, dejando unos 20cm perimetrales a fin de evitar un efecto bordura. Se utilizó un barreno, extrayendo el suelo de los primeros 20cm. En laboratorio, luego del secado al aire de las mismas, se homogeneizaron las 3 muestras de cada parcela, conformando así una muestra compuesta. Este procedimiento se realizó previo a la aplicación de los tratamientos y a la finalización del experimento.

Las muestras de material vegetal se tomaron en la misma zona central de cada parcela donde se muestreó el suelo; se cosechó el material vegetal aéreo que creció en forma espontánea, compuesto principalmente por gramíneas. En laboratorio fue secado a estufa hasta peso constante, y se procesó con molinillo eléctrico hasta un tamaño de partícula adecuado para su análisis químico.

Finalizado el tiempo establecido se obtuvieron nuevamente muestras de suelo y material vegetal de los mismos sitios, procediendo a cuantificar los mismos parámetros que en la primera etapa.

Comentado [C2]: Ver encabezados en general porque veo texto y figuras superpuestas.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Etapa preliminar

En la Tabla 1 se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los suelos.

Tabla1 *Parámetros que caracterizan los suelos de los sitios muestreados*

Sitio	C.E.	pH	MO %	CO %	P %
1	0,26	5,93	1,72	2,96	0,15
2	0,21	5,63	1,48	2,56	0,08
3	0,20	5,80	1,69	2,92	0,14
4	0,20	5,70	1,68	2,89	0,08
5	0,22	5,67	1,68	2,89	0,08
6	0,22	5,70	1,57	2,70	0,08
7	0,21	5,93	1,47	2,54	0,07
8	0,22	5,77	1,56	2,69	0,14
9	0,21	5,73	1,62	2,80	0,07
10	0,22	5,77	1,49	2,56	0,13
11	0,26	5,83	1,68	2,90	0,09
12	0,23	5,87	1,64	2,83	0,14

Del análisis de los parámetros podemos expresar que los distintos sitios comparten ciertas características. La conductividad eléctrica presenta valores muy cercanos entre sí y definitivamente bajos, lo cual indica que no hay situaciones de salinidad. El pH asume valores similares para los distintos sitios, y corresponde a un grado de acidez óptimo en cuanto a su incidencia en la disponibilidad del P, por lo cual no inducirá a errores de interpretación de los resultados que se obtengan del experimento.

Por su parte, tanto el contenido de Materia Orgánica como el Carbono fácilmente oxidable arrojaron valores aceptables, aunque relativamente bajos considerando que se trata de un ambiente dedicado a la producción hortícola. Estos parámetros serán especialmente considerados en el tratamiento consistente en el aporte de P a través de la incorporación de compost.

La Tabla 2 muestra el contenido de P en el material vegetal cosechado en los sitios de estudio, expresado en porcentaje.

Tabla 2 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Sitio	P %	Sitio	P %	Sitio	P %
1	0,30	5	0,22	9	0,20
2	0,18	6	0,23	10	0,27
3	0,25	7	0,20	11	0,27
4	0,22	8	0,22	12	0,25

El P determinado en los sitios (Tabla 1) presentó su típica respuesta errática, afirmando su comportamiento en el suelo, y que fuera descrita detalladamente en la introducción de este trabajo. Incluso el contenido de este elemento en el material vegetal de cada sitio (Tabla 2) no se correlaciona en forma directa con el existente en el suelo correspondiente.

3.2. Posterior a los tratamientos

La Tabla 3 muestra los contenidos de P en suelo, inicial y final, correspondientes a cada tratamiento. La Tabla 4 hace lo propio con los contenidos del elemento en el material vegetal espontáneo crecido en el lugar.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Tabla 3 *Contenido de Fósforo en las muestras de suelo*

Tratamiento	Contenido de P (mg P. kg ⁻¹ suelo)		
	Inicial	Final	Variación (%)
Testigo	800	741,80	-7,28
Compost	800	808,80	1,10
Harina de hueso	800	899,75	12,47
Microorganismos	800	823,83	2,98
Harina + Microorg.	800	1047,20	30,90

Tabla 4 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Tratamiento	P (mg P. kg ⁻¹ material vegetal)
Testigo	210
Compost	212
Harina de hueso	175
Microorganismos	222
Harina + Microorg.	182

Solamente el tratamiento Testigo disminuyó el contenido de P en suelo. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron mayormente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitaría su disponibilidad.

Justamente los tratamientos con agregado de Compost y de Microorganismos registran los mayores contenidos de P en las muestras de material vegetal (1% y 5,7% más que el tratamiento Testigo).

El tratamiento con Harina de hueso incrementó en un 12,47% el P en el suelo, dato esperable dado el contenido del elemento que posee la estructura ósea. El fósforo junto con el calcio son los minerales más abundantes en los huesos, mientras que en los animales cerca del 85% del fósforo se localiza en los huesos. A pesar de la mayor concentración de P en el suelo, la forma química en la que se encuentra no lo hace disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales, lo que se refleja en un contenido en el material vegetal un 17% menor que en el Testigo (Tabla 4).

La combinación del agregado de Harina de hueso y Microorganismos presenta el mayor incremento de P en suelo (30,9%). Llamativamente es un valor muy superior al obtenido con el tratamiento Harina de hueso, teniendo en cuenta que solamente este producto aporta P en forma representativa, y no los Microorganismos. En cuanto al contenido de P en el material vegetal, la presencia de estos microorganismos solubilizadores de P lo mejoró en un 4% (182 vs 175 mg P. kg⁻¹ material vegetal).

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. La provisión de harina de hueso y microorganismos, así como la obtención local de humus a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Estas características de repetibilidad permiten la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Los resultados obtenidos en este trabajo serán un importante aporte a la producción orgánica en lo referido al aumento y/o mantenimiento de la fertilidad fosforada, dado el comportamiento particular de este nutriente esencial en el suelo, brindando soluciones integradas a los problemas agroambientales. A su vez, los mismos podrán ser utilizados como base de investigación para nuevos estudios acerca del uso de abonos, fertilizantes y enmiendas autorizadas por la normativa orgánica.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

5. REFERENCIAS

- [1] Álvarez R., Prystupa P., Rodríguez M. y Álvarez C. 2012. Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y Recomendación en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 174 pág. (lo agregué).
- [2] Álvarez, R. 2006. Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 206 pág. (lo agregué).
- [3] Rodríguez H., Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17:319-339.
- [4] Ahmad Ali Khan, Ghulam Jilani, Mohammad Saleem Akhtar, Syed Muhammad Saqlan Naqvi, Mohammad Rasheed. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. *J. AGRIC. BIOL. SCI.* 1(1):48-58.
- [5] Manish K., Dhananjaya P., Ratna P., Ashutosh K., Lalan S. 2016. Role of Microbial Inoculants in Nutrient Use Efficiency. Capítulo 9. En: *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*. Edit. Springer. India.





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

OSINI 2019
XIP CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Leiva Daniel Rodolfo

Ha Presentado el Trabajo "TECNOLOGÍAS QUE PROMUEVEN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS" (CO19-A10), en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARO. MIGUEL BISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

OSINI 2019
XIP CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Amato Alfredo V.

Ha Presentado el Trabajo "TECNOLOGÍAS QUE PROMUEVEN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS" (CO19-A10), en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARO. MIGUEL BISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

OSINI 2019
XIP CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Graciela Rosana Garrido

Ha Presentado el Trabajo "CO19 - A10 - Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARO. MIGUEL BISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo

de los Ríos, A. *; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A; Patitucci, M.; Rodríguez, M.

Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires. Argentina.
adelosrios@unlam.edu.ar

RESUMEN

La promoción y el desarrollo de un modelo agrícola sostenible y resiliente está relacionado con la aplicación de técnicas e insumos que aseguren la preservación del medio garantizando la sostenibilidad del sistema productivo. La creciente industrialización de zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de los cursos de agua y como consecuencia de sus suelos, puesto de manifiesto en un menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, presencia de elementos contaminantes y por ende una disminución en su capacidad productiva. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las zonas más bajas topográficamente. La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación o al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

A su vez, el desarrollo de la conciencia ambiental de las personas, así como los cuidados de la salud, hacen que cada vez sea mayor la demanda de soluciones frente a la problemática de la contaminación.

La contaminación antrópica de los suelos justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. Para que la fitoextracción sea posible, los contaminantes deben estar presentes en los horizontes del suelo cercanos a la zona radical de las plantas, en formas biodisponibles para las mismas. Las plantas acumuladoras presentan predisposición genética a compartimentalizar los metales extraídos y así evitar su toxicidad. Pueden adicionarse agentes quelantes orgánicos naturales o sintéticos para incrementar la biodisponibilidad de metales en el suelo. En este trabajo se estudiará el efecto sobre los suelos y vegetales de la adición de sustancias orgánicas y su efecto en la calidad del suelo, a través de análisis físico-químicos y ecotoxicológicos.

Palabras clave: remediación- huertas urbanas- agentes quelantes

ABSTRACT

The promotion and development of a sustainable and resilient agricultural model is related to the application of techniques and inputs that ensure the preservation of the environment, by guaranteeing the sustainability of the productive system. The growing industrialization of peri-urban areas has brought as a consequence a marked deterioration of watercourses and as a consequence of their soils, manifested in a lower content of organic matter, with chemical and biological imbalance, presence of contaminating elements and therefore a decrease in their productive capacity. The waste dumped in the basins, although not intentionally, ends up in the water due to the dragging effect exerted by the rain, which leads them to the lower areas topographically. The degradation of these ecosystems sooner or later affects the quality of life of the population, either directly in health, by the cost of water purification, the deterioration of the landscape, the reduction of spaces for recreation or by incapacitating the productive potential of soils. At the same time, the development of people's environmental awareness, as well as health care, make the demand for solutions to the problem of pollution ever greater. Anthropogenic soil contamination justifies the study of low-cost remediation strategies, such as phytoremediation and the addition of natural and synthetic organic compounds. In order for phytoextraction to be possible, contaminants must be present in the soil horizons close to the root zone of plants, in forms bioavailable to them. Accumulating plants are genetically predisposed to compartmentalize the extracted metals and thus avoid their toxicity. Natural or synthetic organic chelating agents can be added to increase the bioavailability of metals in the soil. In this work we will study the effect on soils and plants of the addition of organic substances and their effect on soil quality, through physical-chemical and ecotoxicological analyzes.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

1. INTRODUCCIÓN

Los cursos de agua urbanos y los grandes ríos y estuarios del mundo se encuentran altamente impactados por las actividades humanas. Esto se debe a su colonización temprana como vías navegables, como zonas de embarco o desembarco, a actividades industriales y a los asentamientos humanos que surgen asociados a estas actividades. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las partes más bajas topográficamente. Todo tipo de urbanización, sea ésta grande o pequeña, produce desechos tanto por vía atmosférica, terrestre o hídrica, y en cualquiera de los casos, el destino final es el cuerpo de agua donde drena la cuenca entera [1].

La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación, o simplemente al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización y adsorción. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos, así como la concentración y tipo de metales que se encuentran presentes. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica, los óxidos de hierro y el contenido de arcillas minerales, que juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo [2].

Por lo tanto, para cada situación el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la aplicación de compost.

Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos (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. 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.

En el caso de la República Argentina, los "valores guía" o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos se encuentran tabulados en el Decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (Tabla 1), la cual fue sancionada en el año 1991 [3].

Tabla 1. Máximos permisibles de metales pesados ($mg.kg^{-1}$) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario de la Ley 24.051).

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

La cuenca Matanza-Riachuelo es la región ambiental y socialmente más degradada de Argentina, y una de las diez más contaminadas del planeta.

La presencia de plantas en el suelo afecta la concentración de los metales al absorberlos y acumularlos en su biomasa, y a partir de la generación de cambios en su movilidad a lo largo del perfil del mismo.

La fitorremediación puede inducir cambios físico-químicos en el suelo por el efecto que produce la vegetación, afectando el destino de los elementos traza de diversas maneras [4], entre las que pueden mencionarse: - Cambios en los movimientos de agua, - Agregado de materia orgánica al suelo, - Cambios en el pH del suelo, - Cambios en la especiación de los metales, - Promoción del crecimiento de los organismos del suelo, - Bioacumulación, - Cambios en las características físicas del suelo,

1.3. Problemática a investigar

Las regiones urbanas y periurbanas de la provincia de Buenos Aires han sufrido amplias modificaciones en el paisaje y en la provisión de los servicios ecosistémicos en los últimos años. Si la concentración de metales en los suelos supera los niveles máximos admisibles establecidos en la ley 24.051 para casi todos los usos, esto constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general. El vertido de aguas residuales con o sin tratamiento, provenientes de la industria, efluentes cloacales, desechos domésticos y los contaminantes asociados al escurrimiento superficial de aguas pluviales, han llevado a esta situación [1].



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. 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 agroecosistemas.

La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost. El compost está reconocido mundialmente como un material agrónomicamente completo y fuente de recursos minerales, pudiendo ser aplicado como fertilizante (suministrador de nutrientes) y como enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo), permitiendo recuperar distintas especies químicas contenidas en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que algunos de éstos ejercen sobre el medio ambiente.

La fitoextracción es otro de los procedimientos que pueden utilizarse para el saneamiento ambiental. Es una tecnología emergente que consiste en el empleo de especies vegetales acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se emplea con el objetivo de mejorar ambientes degradados y, en comparación con otras técnicas como la remoción de suelo o la lixiviación química de contaminantes, tiene menores costos de implementación y menor impacto ambiental.

La fitoextracción recae principalmente en especies que puedan trastocar grandes cantidades de uno o más metales hacia la parte aérea de la planta. Numerosos estudios indican la efectividad de plantas del género *Brassica* en la acumulación y translocación de metales pesados del suelo. Teóricamente, sitios contaminados con metales pueden ser remediados tras repetidos cultivos, con la condición de que la biomasa de plantas cosechada supere en contenido de metales a posibles nuevas entradas al sistema, hasta lograr que la concentración en el suelo alcance niveles aceptables, como aquellos establecidos en la legislación mencionada. Es bien conocido que el pH es uno de los parámetros que más influyen sobre la movilidad y/o disponibilidad de los metales [5]. Por ello utilizar agentes químicos que actúen sobre este parámetro puede llegar a ser una alternativa para aumentar la disponibilidad de metales para las plantas utilizadas para remediar la contaminación de los suelos [6].

A pesar de los antecedentes hallados que permiten considerar a una planta como fitoextractora, o no, de algún metal, es esencial poner a prueba su potencial de fitoextracción en el suelo específico a ser remediado. El objetivo del presente trabajo es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo tomadas de zonas de huertas del partido de La Matanza fueron secadas al aire y luego molidas y tamizadas, para obtener un sustrato homogéneo a partir de un muestreo compuesto.

A partir de las técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de suelos y materiales orgánicos de uso en horticultura. Se ajustaron los procedimientos. Se comenzó con la caracterización dichos suelos con y sin la aplicación de tratamientos de aplicación de compost, a través de sus parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica) y químicos (Nitrógeno, Carbono fácilmente oxidable, relación C/N, Fósforo, cationes, contenido de materia orgánica).

Se llevarán a cabo bioensayos de ecotoxicología (pruebas de fitotoxicidad).

Se realizarán ensayos de fitorremediación para evaluar la capacidad extractiva de las sustancias orgánicas y sintéticas seleccionadas, añadiéndolas a las muestras de suelos contaminados.

Los análisis de laboratorio se llevarán a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Se caracterizaron en el laboratorio los compost que serán utilizados en las mezclas empleadas en los experimentos biológicos, a través de sus propiedades físico-químicas y químicas más relevantes. Se trata de compost provenientes de huertas orgánicas y de productores hortícolas, todos producidos a partir de restos vegetales. Los mismos fueron identificados como compost 1, 2, 3, 4, 5 y 6. En todos los casos se realizaron 3 repeticiones de cada muestra para cada parámetro determinado.

En las tablas se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los compost.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Tabla 2: Valores de pH determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
pH en agua 1:2,5	7,6	7,4	7,2	7,6	6,8	7,6
pH en pasta	7,1	7,1	7,2	7,3	6,7	7,4

Tabla 3: Valores de Carbono fácilmente oxidable, Carbono total y contenido de materia orgánica determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
%C fox	1,30	2,74	2,18	2,47	12,01	14,14
%C total	1,69	3,56	2,83	3,12	15,61	18,38
% MO	2,86	6,04	4,80	5,47	26,42	31,10

Tabla 4: Contenido de Fósforo disponible en las muestras de compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
P disp. (mg.Kg ⁻¹)	182,36	184,36	195,42	185,36	181,37	171,49

En esta etapa se están caracterizando los materiales que se emplearán en los experimentos. Los mismos se completarán para los suelos y sustratos utilizados.

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. Como resultado de este trabajo se espera poder realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan con suelos impactados ambientalmente,

5. REFERENCIAS

- [1] Malpartida, A.R. 2003. La cuenca del río Matanza-Riachuelo: revisión de antecedentes: recursos naturales, compuestos xenobióticos y otros contaminantes. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/InformesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.php3
- [2] Tipping, E.; Rieuwerts, J.; Pan, G.; Ashmore, M.R.; Lofts, S.; Hill, M.T.R. 2003. The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales. *Environ Pollut* 125:213–225.
- [3] ACUMAR. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/>
- [4] Robinson, B.H.; Fernández, J.E.; Madejón, P.; Marañón, T.; Murillo, J.M.; Green, S.R.; Clothier, B.E. 2003a. Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability. *Plant Soil* 249, 1: 117–125.
- [5] Alkorta, I.; Epelde, L.; Mijangos, I.; Amezcaga, I.; Garbisu, C. 2006. Bioluminescent bacterial biosensors for the assessment of metal toxicity and bioavailability in soils. *Rev Environ Health* 21:139–152.
- [6] Page A.L., R.H. Miller, D. Keeny. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Soil Sci. Of America Madison WI USA. 1159 pp.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Logo: **CoINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO DE AUTOR
de los Ríos, Alejandra María

Ha Presentado el Trabajo "C019 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

Logo: **CoINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO DE AUTOR
Garrido, Graciela Rosana

Ha Presentado el Trabajo "C019 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

Logo: **CoINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO DE AUTOR
Leiva, Daniel Rodolfo

Ha Presentado el Trabajo "C019 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Logo: **COINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Patitucci, Micaela

Ha Presentado el Trabajo "CO19 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

Logo: **COINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Rodríguez, Miryan Roxana

Ha Presentado el Trabajo "CO19 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG

Logo: **COINI 2019**
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO
DE AUTOR

Amato, Alfredo V.

Ha Presentado el Trabajo "CO19 - A16 - Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo", en su carácter de Autor en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. ING. MARIO LURBE
ESP. ARQ. MIGUEL RISSETTO
LIC. SEBASTIÁN PUIG



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación

de los Ríos, A. *; Garrido, G.; Amato, A; Leiva, D.; Patitucci, M.; Rodríguez, M.

*Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires. Argentina.
adelosrios@unlam.edu.ar*

RESUMEN

El desarrollo de la conciencia ambiental de las personas, así como los cuidados de la salud, hacen que cada vez sea mayor la demanda de soluciones frente a la problemática de la contaminación. La creciente industrialización de zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de los suelos (menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, presencia de contaminantes) y por ende una disminución en su capacidad productiva. La contaminación antrópica de los suelos justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. Para que la fitoextracción sea posible, los contaminantes deben estar cercanos a la zona radical de las plantas, en formas biodisponibles. Las plantas acumuladoras tienen predisposición genética a compartimentar los metales extraídos y así evitar su toxicidad. Pueden adicionarse agentes quelantes orgánicos naturales o sintéticos para incrementar la biodisponibilidad de metales en el suelo. En este trabajo se estudiará el efecto, sobre la calidad de los suelos y vegetales, de la adición de sustancias orgánicas a través de análisis físico-químicos y ecotoxicológicos.

Palabras clave: remediación- huertas urbanas- agentes quelantes

SUMMARY

The development of people's environmental awareness, as well as health care, make the demand for solutions to the problem of pollution ever greater. The increasing industrialization of peri-urban areas has resulted in a marked deterioration of soils (lower content of organic matter, with chemical and biological imbalance, presence of pollutants) and therefore a decrease in their productive capacity. The anthropic contamination of soils justifies the study of low-cost remediation strategies, such as phytoremediation and the addition of natural and synthetic organic compounds. For phytoextraction to be possible, the contaminants must be close to the root zone of the plants, in bioavailable forms. Accumulating plants have a genetic predisposition to compartmentalize the extracted metals and thus avoid their toxicity. Natural or synthetic organic chelating agents can be added to increase the bioavailability of metals in the soil. In this work the effect, on the quality of soils and plants, of the addition of organic substances through physicochemical and ecotoxicological analyzes will be studied.

1. INTRODUCCIÓN

Las regiones urbanas y periurbanas de la provincia de Buenos Aires han sufrido amplias modificaciones en el paisaje y en la provisión de los servicios ecosistémicos en los últimos años. El vertido de aguas residuales con o sin tratamiento, provenientes de la industria, efluentes cloacales, desechos domésticos y los contaminantes asociados al escurrimiento superficial de aguas pluviales, han llevado a esta situación [1]. Si la concentración de metales en los suelos supera ciertos niveles máximos admisibles, esto constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general. [2]. En el caso de la República Argentina, los "valores guía" o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos se encuentran tabulados en el Decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (Tabla 1), la cual fue sancionada en el año 1991 [3].

La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. 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 agroecosistemas.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost. El compost está reconocido mundialmente como un material agrónomicamente completo y fuente de recursos minerales, pudiendo ser aplicado como fertilizante (suministrador de nutrientes) y como enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo), permitiendo recuperar distintas especies químicas contenidas en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que algunos de éstos ejercen sobre el medio ambiente.

La fitoextracción es otro de los procedimientos que pueden utilizarse para el saneamiento ambiental. Es una tecnología emergente que consiste en el empleo de especies vegetales acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se emplea con el objetivo de mejorar ambientes degradados y, en comparación con otras técnicas como la remoción de suelo o la lixiviación química de contaminantes, tiene menores costos de implementación y menor impacto ambiental. La fitoextracción recae principalmente en especies que puedan trastocar grandes cantidades de uno o más metales hacia la parte aérea de la planta. La implementación de cultivos sucesivos en un sitio contaminado con metales puede ser una alternativa, con la condición de que la biomasa de plantas cosechada supere en contenido de metales a posibles nuevas entradas al sistema, hasta lograr que la concentración en el suelo alcance niveles aceptables, como aquellos establecidos en la legislación mencionada. Es bien conocido que el pH es uno de los parámetros que más influyen sobre la movilidad y/o disponibilidad de los metales [4]. Por ello utilizar agentes químicos que actúen sobre este parámetro puede llegar a ser una alternativa para aumentar la disponibilidad de metales para las plantas utilizadas para remediar la contaminación de los suelos [5]. A pesar de los antecedentes hallados que permiten considerar a una planta como fitoextractora, o no, de algún metal, es esencial poner a prueba su potencial de fitoextracción en el suelo específico a ser remediado.

El objetivo del presente trabajo, que se encuentra en proceso, es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Suelos y sustratos

Las muestras de suelo y de compost tomadas de zonas de huertas del partido de La Matanza fueron secadas al aire y luego molidas y tamizadas, para obtener un sustrato homogéneo a partir de un muestreo compuesto. A partir de las técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de suelos y materiales orgánicos de uso en horticultura. Se ajustaron los procedimientos. Se comenzó con la caracterización dichos suelos con y sin la aplicación de tratamientos de aplicación de compost, a través de sus parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica) y químicos (Nitrógeno, Carbono fácilmente oxidable, relación C/N, Fósforo, cationes, contenido de materia orgánica).

2.2. Ensayo de contaminación

Se realizaron ensayos de contaminación sobre dos tipos de sustratos: i) un suelo degradado proveniente de una zona de huertas de González Catán y tierra fértil comercial utilizada para el crecimiento de plantines hortícolas en almácigos.

Dichos sustratos fueron contaminados con soluciones preparadas para tal fin, de metales frecuentemente hallados en suelos contaminados: Cobre (Cu); Zinc (Zn) y Plomo (Pb) en distintas concentraciones. La concentración de las soluciones se seleccionó siguiendo el criterio establecido por la ley nacional 24.051 (Tabla 1) para suelos de uso agrícola.

Tabla 1. Máximos permisibles de metales pesados ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario 831 de la Ley 24.051).

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



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Se prepararon soluciones de los metales mencionados en dos concentraciones, la máxima permitida y a la mitad de dicha concentración (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de soluciones de metales pesados (mg.kg^{-1}) empleadas para el riego.

Solución	Concentración (ppm del metal)
CuSO_4 (sulfato de cobre II)	75
	150
ZnSO_4 (sulfato de cinc)	300
	600
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de plomo II)	200
	400

En bandejas plásticas se pesaron 250g de los dos sustratos separadamente, los cuales fueron regados con las soluciones de los tres contaminantes en dos concentraciones distintas durante 21 días. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento. El testigo fue regado con agua destilada.

Se prepararon extractos acuosos a partir de los sustratos contaminados en proporción 1:2 (1 parte de mezcla, 2 partes de agua destilada). Posteriormente se midió el pH y la conductividad eléctrica de los extractos acuosos obtenidos a partir de cada tratamiento: sustratos contaminados y testigo.

2.3. Ensayo de Germinación

Se diseñaron bioensayos de ecotoxicología (pruebas de fitotoxicidad). Para ello se realizó un ensayo de germinación de lechuga (*Lactuca sativa*) en placas de Petri. Se colocaron 10 semillas/ placa sobre discos de papel de filtro con 7 ml de cada extracto preparado. Se mantuvo a una temperatura de 22 ± 2 °C y en condición de oscuridad. A los 6 días se midió la longitud de las radículas para estudiar el efecto de los metales contaminantes sobre la germinación y el desarrollo radicular de la especie. Con los datos registrados se calculó la elongación radicular relativa (ER%) y la germinación relativa (GR%) y en base a estos resultados se calculó el índice de germinación (IG%).

3. RESULTADOS PRELIMINARES

En el presente periodo se desarrollaron los ensayos experimentales que nos permiten conocer las características físico – químicas de los materiales a utilizar, así como la respuesta de una especie vegetal a la contaminación.

3.1. Caracterización físico-química de sustratos

Se caracterizaron en el laboratorio los compost que serán utilizados en las mezclas empleadas en los experimentos biológicos, a través de sus propiedades físico-químicas y químicas más relevantes. Se trata de compost provenientes de huertas orgánicas y de productores hortícolas, todos producidos a partir de restos vegetales. Los mismos fueron identificados como compost 1 a 6. En todos los casos se realizaron 3 repeticiones de cada muestra para cada parámetro determinado.

En las tablas se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los compost.

Tabla 3: Valores de pH determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
pH en agua 1:2,5	7,6	7,4	7,2	7,6	6,8	7,6
pH en pasta	7,1	7,1	7,2	7,3	6,7	7,4

Tabla 4: Valores de Carbono fácilmente oxidable, Carbono total y contenido de materia orgánica determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
%C fox	1,30	2,74	2,18	2,47	12,01	14,14
%C total	1,69	3,56	2,83	3,12	15,61	18,38
% MO	2,86	6,04	4,80	5,47	26,42	31,10



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Tabla 5: Contenido de Fósforo disponible en las muestras de compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
P disp. (mg.Kg⁻¹)	182,36	184,36	195,42	185,36	181,37	171,49

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las determinaciones físico- químicas realizadas sobre las mezclas de sustratos contaminados.

Tabla 6: Determinación de pH y conductividad eléctrica en sustratos contaminados.

	MUESTRA	pH	C.E. (µS)
TIERRA FÉRTIL	Cu 75	7,82	1537,67
	Cu 150	7,89	1487,00
	Pb 200	7,77	1347,67
	Pb 400	7,76	1305,33
	Zn 300	7,79	1636,67
	Zn 600	7,60	1934,33
SUELO	Cu 75	6,36	234,33
	Cu 150	6,06	395,33
	Pb 200	6,30	345,33
	Pb 400	6,14	389,67
	Zn 300	6,15	487,67
	Zn 600	6,02	690,00

En el suelo hortícola contaminado se verificó en general bajos valores para los parámetros medidos, tanto físico – químicos como biológicos en relación a los mismos parámetros medidos en el sustrato comercial: pH levemente ácido (alrededor de 6), baja conductividad eléctrica que puede deberse a una baja concentración de cationes y aniones que constituyen la fertilidad del suelo. Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica. Ambos juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo.

3.2 Germinación

Con respecto al índice de germinación en suelo contaminado es bajo (IG ≤ 55%) en todos los tratamientos. Un IG menor a 50% indica alta fitotoxicidad (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de germinación (IG%) tomado de Ermino y Warman (2004)

IG%	Categoría
<50%	Alta fitotoxicidad
50% - 80%	Moderada fitotoxicidad
> 80%	No se detecta fitotoxicidad

En los tratamientos sobre tierra fértil los valores de %IG muestran una moderada fitotoxicidad, posiblemente debido al mayor contenido de materia orgánica que presenta este tipo de sustrato. Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos, pudiendo ser la principal fuente de la



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo. Por lo tanto, el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la incorporación de sustancias orgánicas.

Tabla 7: Determinación de pH y conductividad eléctrica en sustratos contaminados

	MUESTRA	%ER	%GR	%IG
TIERRA FÉRTIL	Cu 75	91,78	76,00	69,75
	Cu 150	96,04	72,00	69,15
	Pb 200	93,97	72,00	67,66
	Pb 400	74,74	92,00	68,76
	Zn 300	98,95	80,00	79,16
	Zn 600	98,73	68,00	67,13
SUELO	Cu 75	91,71	60,00	55,03
	Cu 150	66,85	72,00	48,13
	Pb 200	51,92	60,00	31,15
	Pb 400	73,53	64,00	47,06
	Zn 300	55,35	24,00	13,28
	Zn 600	72,73	76,00	55,27

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. Este año nos habíamos propuesto complementar con los ensayos físico- químicos y biológicos poniendo a prueba el efecto del agregado de sustancias orgánicas sobre la capacidad reguladora de los suelos estudiados. La situación actual de pandemia no nos ha permitido continuar y concluir nuestro estudio. El próximo paso será realizar ensayos de fitoremediación para evaluar la capacidad extractiva de las sustancias orgánicas y sintéticas seleccionadas, añadiéndolas a las muestras de suelos contaminados. Esperamos con este trabajo poder realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan con suelos impactados ambientalmente.

5. REFERENCIAS

- [1] Malpartida, A.R. 2003. La cuenca del río Matanza-Riachuelo: revisión de antecedentes: recursos naturales, compuestos xenobióticos y otros contaminantes. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/InformesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.php3
- [2] Tipping, E.; Rieuwerts, J.; Pan, G.; Ashmore, M.R.; Lofts, S.; Hill, M.T.R. 2003. The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales. *Environ Pollut* 125:213–225.
- [3] ACUMAR. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/>
- [4] Alkorta, I.; Epelde, L.; Mijangos, I.; Amezaga, I.; Garbisu, C. 2006. Bioluminescent bacterial biosensors for the assessment of metal toxicity and bioavailability in soils. *Rev Environ Health* 21:139–152.
- [5] Page A.L., R.H. Miller, D. Keeney. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Soil Sci. Of America Madison WI USA. 1159 pp.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

CoINI 2020
XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AFINES
Se certifica que
de los Ríos, A.; Garrido, G.; Amato, A.; Leiva, D.; Patitucci, M.; Rodríguez, M.
Ha participado del XIII COINI 2020 – VIRTUAL del 19 al 24 de octubre de 2020
Como AUTOR del trabajo:
Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación

Mg. Rodolfo Iván Barón
Director Ing. Industrial
UTN FRSR

Ing. Horacio Pissano
Director
UTN FR SR SAN RAFAEL

Esp. Miguel Ángel Rissetto
Director de Acreditación UTN
Presidente AACINI

Organizadores
aacini ASOCIACIÓN ARGENTINA DE INGENIEROS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UTN FRSR Facultad Regional San Rafael
VirtualEd Virtual Education

CoINI 2020
XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AFINES
Se certifica que
de los Ríos, Alejandra María
Ha participado del XIII COINI 2020 – VIRTUAL del 19 al 24 de octubre de 2020
Como EXPOSITOR del trabajo:
Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación

Mg. Rodolfo Iván Barón
Director Ing. Industrial
UTN FRSR

Ing. Horacio Pissano
Director
UTN FR SR SAN RAFAEL

Esp. Miguel Ángel Rissetto
Director de Acreditación UTN
Presidente AACINI

Organizadores
aacini ASOCIACIÓN ARGENTINA DE INGENIEROS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UTN FRSR Facultad Regional San Rafael
VirtualEd Virtual Education



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Mejora de las Estrategias Pedagógicas
San Justo, 15 de diciembre de 2020

Se certifica que

Alejandra María de los Ríos
DNI: 16.559.706

participó como Expositor en el "IV Encuentro del Programa MEP - Mejora de las Estrategias Pedagógicas-" (Resolución de Rectorado N° 294), dictado por la Dra. Bettina Donadello, el 4 de diciembre del corriente, en esta Casa de Altos Estudios.


Dra. Bettina Donadello
Secretaría de Investigaciones


Mg. Ing. Jorge Eterovic
Decano

Activ
Ve a C



Mejora de las Estrategias Pedagógicas
San Justo, 15 de diciembre de 2020

Se certifica que

Graciela Rosana Garrido
DNI: 14.575.276

asistió al "IV Encuentro del Programa MEP - Mejora de las Estrategias Pedagógicas-" (Resolución de Rectorado N° 294), dictado por la Dra. Bettina Donadello, el 4 de diciembre del corriente, en esta Casa de Altos Estudios.


Dra. Bettina Donadello
Secretaría de Investigaciones


Mg. Ing. Jorge Eterovic
Decano

Activ
Ve a C



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Mejora de las Estrategias Pedagógicas
San Justo, 15 de diciembre de 2020

Se certifica que

Micaela Patitucci
DNI: 32.947.154

asistió al "IV Encuentro del Programa MEP -Mejora de las Estrategias Pedagógicas-"
(Resolución de Rectorado N° 294), dictado por la Dra. Bettina Donadello, el 4 de diciembre del corriente, en esta Casa de Altos Estudios.



Dra. Bettina Donadello
Secretaría de Investigaciones



Mg. Ing. Jorge Eterovic
Decano

Activo
Ve a C



Mejora de las Estrategias Pedagógicas
San Justo, 15 de diciembre de 2020

Se certifica que

Alejandra María de los Rios
DNI: 16.559.706

asistió al "IV Encuentro del Programa MEP -Mejora de las Estrategias Pedagógicas-"
(Resolución de Rectorado N° 294), dictado por la Dra. Bettina Donadello, el 4 de diciembre del corriente, en esta Casa de Altos Estudios.



Dra. Bettina Donadello
Secretaría de Investigaciones



Mg. Ing. Jorge Eterovic
Decano

Activo
Ve a C

ANEXO 2