



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	3
Vigencia	13/3/2018

Unidad Ejecutora: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Código del proyecto: C 201

Título del proyecto de investigación:

Manejo agroecológico de las huertas urbanas en el Partido de La Matanza

Programa de acreditación: PROINCE

Director del proyecto: CLOZZA, Mario Néstor

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

Integrantes del equipo:

AMATO, Alfredo

DEGAETANI, Omar

GARRIDO, Graciela

LEIVA, Daniel

Fecha de inicio: 01/01/2017

Fecha de finalización: 31/12/2018

Informe final

Índice

	página
Resumen y palabras clave.....	2
Memoria descriptiva.....	3
Metodología e instrumentos aplicados.....	3
Resultados obtenidos.....	5
Conclusiones.....	8
Referencias bibliográficas consultadas.....	8
Difusión en eventos científicos.....	9
Anexo I: Certificados de participación.....	10
Anexo II: Artículos en publicaciones periódicas.....	14

1. Resumen y palabras clave

La demanda por alimentos de calidad crece exponencialmente a nivel mundial. El desafío es la producción mediante técnicas y utilización de insumos que preserven el medio garantizando la sostenibilidad del sistema productivo. Un tema de relevancia en la producción orgánica lo constituye el aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química, mientras que la producción agroecológica se vale de alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo.

El objetivo general de este proyecto es evaluar el efecto de la incorporación de materiales aceptados por la producción orgánica sobre el contenido de fósforo en el suelo y el material vegetal. Los experimentos constaron de distintos tratamientos: i) Testigo: situación inicial del suelo y las especies vegetales autóctonas; ii) Distintos materiales caracterizados como aportes de fósforo, no obtenidos de síntesis química.

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 facilitó la 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 humus a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Esta característica de repetibilidad permite 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

2. Memoria descriptiva

- Actividades

Se ha cumplido con la totalidad de las actividades propuestas en la programación de tareas para las etapas de “Relevamiento de información”, “Investigación” y “Análisis de los resultados” del primer año, presentando los resultados mediante un trabajo completo en el 1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería CLADI 2017. Durante el segundo año también se cumplió con las actividades programadas, restando la etapa de “Difusión” de los resultados finales. La demora se debe a la carga horaria de investigación del personal técnico de la Cátedra, que es baja en relación al tiempo que requirieron los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo y material vegetal realizados con el equipamiento del Laboratorio de Química de la UNLaM, previstos para la etapa de investigación del segundo año de ejecución.

- Actuación del equipo de investigación

El equipo de trabajo cuenta con el antecedente de dos Proyectos de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, correspondientes al Programa de Investigación PROINCE: “Caracterización del compostaje de residuos vegetales y su efecto sobre la acumulación de nitratos y metales pesados en especies hortícolas” (C147, 2013-2014), y “Caracterización y remediación de los suelos de las huertas familiares en el Partido de La Matanza” (C174, 2015-2016).

Los objetivos generales consistieron en determinar las características y propiedades físico-químicas de los compost obtenidos a partir de residuos de diferentes orígenes agropecuarios y sus combinaciones, caracterizar físico y químicamente los suelos donde se desarrollan huertas familiares en el Partido de La Matanza, y transferir tecnologías de fácil apropiación por los huerteros familiares con la finalidad de mejorar su calidad de alimentación.

Estas experiencias posibilitaron la inserción y formación en investigación de los docentes de la Cátedra de Química General integrantes de este proyecto, habiendo también participado en la presentación de trabajos en eventos científicos.

Metodología e instrumentos aplicados

- Material 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 %).

Con 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.

Resultados obtenidos

- Etapa preliminar

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

TABLA I
PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN LOS SITIOS MUESTREADOS DE SUELO

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 humus.

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

TABLA II
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 I) 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 II) no se correlaciona en forma directa con el existente en el suelo correspondiente.

- Posterior a los tratamientos

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

TABLA III
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 IV
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. Estar de esta manera, en tiempo y forma química, para que las plantas lo puedan absorber se visualiza en la Tabla IV. 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 IV).

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).

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 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.

Los resultados obtenidos en el actual experimento podrán ser utilizados como base de investigación para nuevos estudios acerca del uso de abonos, fertilizantes y enmiendas autorizadas por la normativa orgánica.

Cabe destacar que más allá de los avances que se puedan lograr en esta temática, el objetivo es la transferencia de conocimiento mediante la vinculación de la UNLaM con la sociedad, tanto a través de la formación de profesionales de grado como así también mediante proyectos de investigación aplicados a la necesidad y realidad social tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente.

Referencias bibliográficas consultadas

- 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.
- Álvarez, R. 2006. Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
- 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.
- Cavallaro Junior, M.L. 2006. Organic and mineral fertilizers as source of N and P to rocket salad and tomato productions. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Pós-Graduação - IAC.

- Clozza, M.; E. Giardina; E. Wright y F. Vilella. 2008. Producción orgánica de arándanos. Pág. 277-298. En “Avances en cultivos frutales no tradicionales: arándanos-cerezas-frutillas-granadas”. Editorial Fac. Agronomía. Buenos Aires.
- Codex Alimentarius. 2007. Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Editorial FAO/OMS. Roma, Italia.
- INTA. 1989. Análisis Químico de Suelos y de Aguas. Primer curso para auxiliares de laboratorio. 104 páginas.
- 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.
- PEEA 2010-2020: Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. 2016.
- Rodríguez H., Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17:319-339.

Difusión en eventos científicos

- 1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería CLADI. Entre Ríos, Argentina. 11-13 Septiembre 2017
Alejandra de los Ríos, Daniel Leiva, Graciela Garrido, Caroline Lizot, Alfredo Amato, Mario Clozza. “Fertilización fosforada en la producción orgánica”.
 Disponible en la publicación de CLADI 2017, Congreso Latinoamericano de Ingeniería. Autores: Cuenca Pletsch, Liliana / Gentiletti, Gabriel / Berardi, Omar Enrique / Fachinotti, Víctor / Waigandt, Diana / Burgos, Enrique Sergio / Gandulfo, María Itatí / Giuliano, Héctor Gustavo / Milevicich, Liliana / Spector, Mario / et. al. ISBN 978-987-1896-84-4. Fecha de catalogación 17/11/2017. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - <http://www.edutecne.utn.edu.ar/inicio.html>).
- 1er. Foro de Docentes-Investigadores de la Universidad Nacional de La Matanza. San Justo, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 14 Noviembre 2017.
- Seminario Regional y Taller: “Producción orgánica como estrategia de agregado de valor en la agroindustria”. Lincoln, Prov. Buenos Aires, Argentina. 21 y 22 Septiembre 2017.
- Jornadas de Producción Responsable y Diferenciada: “El desafío de la integración de los mercados”. Vte. López, Prov. Buenos Aires, Argentina. 1º Noviembre 2017.

- **Anexo I:** Certificados de participación de integrantes en eventos científicos



1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería

1er Congreso Latino-Americano de Engenharia

Se certifica que / É certificado que:

MARIO NESTOR CLOZZA

Ha participado en calidad de / Tem participado como

Expositor de Trabajos

en el / no 1º Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI)
Centro Provincial de Convenciones Paraná | Entre Ríos - Argentina
13, 14 y/e 15 de septiembre/setembro 2017


Mg. Ing. Liliana Cuenca Pletsch
Presidente CONFEDI
Decana UTN - FRRe


Ing. Omar Enrique Berardi
Decano FRP - UTN


Dr. Bioing. Gabriel Gentiletti
Decano UNER - FI



1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería

1er Congreso Latino-Americano de Engenharia

Se certifica que / É certificado que:

MARIO NESTOR CLOZZA

Ha participado en calidad de / Tem participado como

Asistente

en el / no 1º Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI)
Centro Provincial de Convenciones Paraná | Entre Ríos - Argentina
13, 14 y/e 15 de septiembre/setembro 2017


Mg. Ing. Liliana Cuenca Pletsch
Presidente CONFEDI
Decana UTN - FRRe


Ing. Omar Enrique Berardi
Decano FRP - UTN


Dr. Bioing. Gabriel Gentiletti
Decano UNER - FI



Buenos Aires, 25 de septiembre de 2017

Dr. Mario Clozza

**Director de la Tecnicatura en Producción Vegetal Orgánica
Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires**

S. _____ / _____ D.

Estimado Dr Clozza

La Municipalidad de Lincoln, el Minagri y la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (CIAO), agradecemos su participación, disertación y coordinación durante el seminario y taller regional de Agricultura Orgánica realizados los días 21 y 22 de septiembre del corriente año en la Ciudad de Lincoln, Pcia de Buenos Aires.

Esperamos continuar contando con su apoyo y participación en las actividades que se realizan para el desarrollo de la Agricultura Orgánica.

Saludo muy cordialmente,

Graciela Lacaze
Secretaria Ejecutiva de la CIAO



CERTIFICADO DE ASISTENCIA

La Municipalidad de Lincoln, Ministerio de Agroindustria de Nación y el IICA-CIAO certifican que el Sr. CLOZZA MARIO ha participado en calidad de asistente del Seminario Regional **PRODUCCIÓN ORGÁNICA COMO ESTRATEGIA DE AGREGADO DE VALOR EN LA AGROINDUSTRIA** desarrollado en la ciudad de Lincoln el **21 de septiembre de 2017**.


Facundo Soria
Ministerio de Agroindustria


Salvador Serenal
Intendente Municipal


Graciela Emilice Lacaze
IICA-CIAO



CERTIFICADO DE ASISTENCIA

La Municipalidad de Lincoln, Ministerio de Agroindustria de Nación y el IICA-CIAO certifican que el Sr. Clozza Mario ha participado en calidad de asistente del Taller **PRODUCCIÓN ORGÁNICA COMO ESTRATEGIA DE AGREGADO DE VALOR EN LA AGROINDUSTRIA** desarrollado en la ciudad de Lincoln el **22 de septiembre de 2017**.


Facundo Soria
Ministerio de Agroindustria


Salvador Serenal
Intendente Municipal


Graciela Emilice Lacaze
IICA-CIAO



PROD

JORNADAS DE PRODUCCIÓN
RESPONSABLE
Y DIFERENCIADA

“El desafío de la integración de los mercados”


Se certifica que

Mario Néstor Clozza

Participó en la Jornada de Producción Responsable y Diferenciada en el marco del 18° encuentro anual de productores, procesadores y comercializadores diferenciados, realizada el 1 de Noviembre de 2017, Vicente López, Buenos Aires, Argentina.



Organización Internacional Agropecuaria


Pedro A. Landa
OIA

Por el presente, se certifica que:

Clozza, Mario

participó en calidad de *asistente* en el 1er Foro de Docentes-Investigadores de la Universidad Nacional de La Matanza, que se llevó a cabo el 14 de noviembre de 2017 en la Universidad y fue organizado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología.

1er FORO de
**Docentes
Investigadores**
UNLaM

Mag. Ana Bidiña
Secretaría de Ciencia y Tecnología
UNLaM



Universidad Nacional de La Matanza
Secretaría de Ciencia y Tecnología



Fertilización fosforada en la producción orgánica

Alejandra de los Ríos, Daniel Leiva, Graciela Garrido, Caroline Lizot, Alfredo Amato, Mario Clozza
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza
adelosrios@unlam.edu.ar

Resumen – En las producciones vegetales se debe asegurar la provisión de aquellos minerales considerados esenciales a fin de garantizar su crecimiento. La producción orgánica prohíbe el uso de productos de síntesis, entre los cuales se encuentran los fertilizantes frecuentemente utilizados. Surge así la necesidad de aportarlos a través de materiales naturales o con un mínimo procesamiento. En el caso del Fósforo son escasos los recursos para proveerlo en forma orgánica, además de ser particularmente inmóvil dentro del suelo y condicionar su disponibilidad para el cultivo a determinadas características edáficas. Roca fosfórica, harina de hueso, humus y microorganismos son los materiales más aceptados por los productores, si bien no existe un análisis comparativo de la eficiencia de su absorción y uso. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la incorporación de estos materiales sobre el contenido de Fósforo en el suelo y el material vegetal. Como investigación exploratoria se analizaron suelos de distintos sitios georeferenciados a fin de estudiar sus características físico-químicas. Se procederá ahora al desarrollo del experimento, cuantificando a su finalización los mismos parámetros de la primera etapa y evaluando el efecto de los tratamientos aplicados.

Palabras clave – Fósforo, producción orgánica, absorción, suelo, vegetal

I. INTRODUCCIÓN

Argentina posee condiciones agroecológicas aptas para las producciones agropecuarias orgánicas, contando con una legislación y un sistema de control y certificación acorde a las exigencias internacionales y una Comisión Asesora para la Producción Orgánica como ámbito de discusión de los sectores público y privado. La demanda de estos productos presenta un alto potencial de desarrollo a nivel nacional y se encuentra en continua expansión a nivel internacional [1].

Según el Codex Alimentarius *la agricultura orgánica es un sistema de manejo holístico de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema, incluyendo los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. La agricultura orgánica se basa en el uso mínimo de insumos externos y evita los fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Se utilizan métodos para reducir al mínimo la contaminación del aire, el suelo y el agua. El objetivo principal de la agricultura orgánica es optimizar la salud y la productividad de las comunidades interdependientes del suelo, las plantas, los animales y las personas* [2].

La producción orgánica se basa en cinco principios básicos: i) Aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo; ii) Existencia de biodiversidad, iii) No utilización de productos de síntesis ni organismos genéticamente modificados; iv) Trazabilidad; v) Bienestar animal. Los productos orgánicos se obtienen así de sistemas productivos sostenibles, mediante el uso racional de los recursos naturales y el empleo de variedades adaptadas a las características de la región [3].

Su primer principio básico constituye un tema de gran relevancia en los cultivos orgánicos: la caracterización y el manejo de la fertilidad del suelo es un componente esencial de la productividad de los agroecosistemas. La preservación de la calidad física y biológica del suelo, la disponibilidad de nutrientes y su sincronización con los requerimientos de los cultivos, el manejo de la materia orgánica y las prácticas que atienden al manejo integral de la fertilidad son fundamentales en un uso sostenible de los recursos.

La producción orgánica se apoya en el equilibrio del sistema, donde los microorganismos del suelo juegan un papel fundamental en la conservación e incremento del mismo, garantizando su sostenibilidad. Éstos pueden constituir también una provisión de nutrientes a través de la elaboración de biofertilizantes, un atenuante de la presencia de enfermedades, insectos y malezas, y mejoradores de las condiciones físicas y químicas del suelo mediante el compostaje de residuos orgánicos.

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 orgánica se vale de otras alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Entre los elementos esenciales en la nutrición mineral es particularmente importante el Fósforo (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.

El origen del P del suelo es la roca madre, y se encuentra en el mismo en forma inorgánica y orgánica. El componente orgánico está comprendido por una fracción más fácil de mineralizar y otra más resistente a la degradación microbiana. Dentro de la fracción inorgánica puede encontrarse en solución (una fracción muy pequeña), adsorbido a los coloides del suelo, precipitado con calcio, hierro o aluminio, o en los minerales primarios. El P adsorbido o precipitado puede o no estar en equilibrio con el de la solución del suelo, considerándose dos componentes: P lábil y P fijado [4].

El P inorgánico es el principal responsable de la renovación del P en solución, el que será absorbido por las plantas durante todo el ciclo del cultivo. La cantidad de P en solución es muy baja, y en la medida que es absorbido se va reponiendo a través de otras formas de P en el suelo. El adsorbido a los coloides y precipitados solubles son los que lo hacen con mayor velocidad. La cantidad de P en solución es muy baja comparada con el requerimiento de un cultivo, por lo que tiene que reponerse de manera continua desde las otras fracciones.

Los métodos de determinación del P disponible han procurado reproducir la extracción por parte de las raíces del cultivo. Para evaluar la disponibilidad de P se utiliza el análisis de P Bray que evalúa dicha fracción. La profundidad de muestreo más utilizada es de 20 cm porque en general allí se concentra la mayor cantidad de P extractable y raíces del cultivo. El P llega hasta las raíces por difusión, o sea por diferencia de concentración, que implica un movimiento a muy cortas distancias.

Para un buen diagnóstico de la fertilidad fosforada de un suelo es necesario realizar un correcto muestreo, de modo que la muestra a ser analizada sea representativa del ambiente a evaluar. La escasa movilidad del elemento en el suelo determina la precisión al realizar el muestreo, siendo necesarias varias submuestras. 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.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal se puede clasificar 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 estructura, el contenido de materia orgánica, el pH y la temperatura y humedad.

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:

- Roca fosfórica: se obtiene de depósitos geológicos, siendo la apatita, un mineral de fosfato de calcio, el componente principal. Su composición promedio ronda un 20 a 30% de P_2O_5 , y además entre un 16 y 24% de Calcio. 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. El P presente en la roca es P soluble en ácido cítrico pero no en agua. Esto es una diferencia esencial con los fertilizantes sintéticos más comunes como superfosfato triple, fosfato mono y diamónico que son solubles en agua. Por lo tanto, para que el P de la roca fosfórica pase a estar disponible para el cultivo se requiere que el pH edáfico sea menor a 6, que haya buena humedad y que el P del fertilizante posea buena solubilidad en ácido cítrico (reactividad). La efectividad de la fertilización con roca fosfórica depende del tamaño de la partícula, el 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 [4]. En Argentina no se encuentra en forma natural, por lo que se dificulta su disponibilidad en el mercado.

- Harina de hueso: son restos óseos molidos de animales, principalmente bovinos, provenientes de mataderos y frigoríficos. También se recomienda elaborar este producto calcinando el hueso, eliminándose el potencial de transmitir enfermedades. La harina de hueso como fertilizante presenta baja solubilidad en agua, aunque mayor

que la roca fosfórica, y buena en ácidos débiles, por lo que se comporta como un nutriente de disponibilidad lenta. La velocidad de disponibilidad de P al cultivo por medio de este insumo depende, además de las características del fertilizante, del tipo de suelo y la capacidad de extracción de fósforo por la planta [5]. Su uso fundamental es como aporte de Fósforo y Calcio, además de ser una fuente de Nitrógeno. Posee en promedio un contenido de 15 a 30% de Fósforo como pentóxido (P_2O_5), Nitrógeno 6 a 7%, Calcio 20 a 30% y Materia Orgánica 50 a 57%. Estos son valores promedios, pudiendo variar bastante dependiendo del tipo de hueso usado y de la manera en que fueron procesados. Su comercialización resulta ser muy variada, presentándose en el mercado tanto en envases pequeños como a granel.

- Bacterias solubilizantes: Los microorganismos del suelo actúan en la descomposición de los residuos y la mineralización de la materia orgánica, liberando P a la solución del suelo. En planteos de producción orgánica, con alto aporte de abonos, se observa mayor biomasa microbiana y mineralización de P. De todas formas, es importante destacar que la mayor contribución de P para los vegetales proviene de las fracciones inorgánicas. También hay microorganismos que mejoran el aprovechamiento del P edáfico como las micorrizas, *Pseudomonas* y *Azospirillum*. Los microorganismos pueden ejercer su efecto benéfico de dos maneras, directa o indirectamente. En los mecanismos directos existe una íntima interacción entre el microorganismo y la planta, donde el microorganismo le provee algún nutriente como Nitrógeno o Fósforo y la planta le entrega compuestos carbonados. En los mecanismos indirectos existe un grupo heterogéneo de bacterias que cumplen con diversas funciones que benefician al crecimiento de la planta. Hay formulaciones que se desarrollaron en base a cepas para un determinado cultivo y otras que pueden ser utilizadas en una gran diversidad, aunque también existen microorganismos que no están asociados específicamente a ningún cultivo. 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 fosfatasas ácidas desempeñan un papel importante en la mineralización del P 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 [6]-[8].

- Humus: es el resultado de la transformación de materiales orgánicos de origen vegetal (restos de cultivos, cenizas de vegetal, residuos derivados de diferentes industrias, residuos agroindustriales, etc.) y animal (estiércoles) a un producto estable apto para el uso agrícola. La composición del producto final es muy variada, dependiendo de los materiales que se usaron y de las proporciones utilizadas para confeccionar este producto. En el mercado argentino las características promedio son: Materia Orgánica 10 a 42 %, Humedad: 15 a 55 %, relación Carbono:Nitrógeno 16:1 a 35:1, pH: 5,8 a 6,5. Por su elevado contenido de materia orgánica, estos productos mejoran la estructura del suelo y sus características físicas. El contenido de materia orgánica en el suelo favorece la actividad de los microorganismos, y con ello la estructura y características físicas del mismo; incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC), y contribuye a la retención de agua y nutrientes. Como son aplicados en altas dosis producen un importante aporte de nutrientes. La porosidad así lograda permite equilibrar su aireación y humedad, mejorando la disponibilidad del P. Además, la CIC del humus facilita la adsorción de otros elementos nutritivos y la pronta disponibilidad en la solución del suelo [9]. Su principal uso está orientado a producciones intensivas, como hortícolas, frutales, viveros y semilleros. La comercialización en nuestro país es muy variada, vendiéndose a granel o bien en pequeñas bolsas.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la incorporación de materiales aceptados por la producción orgánica sobre el contenido de Fósforo en el suelo y el material vegetal.

La hipótesis es que los materiales que se utilizarán generan distinta disponibilidad del elemento en el suelo y su consecuente dispar absorción por parte de los vegetales que crecen sobre él.

El presente proyecto se encuadra dentro de la investigación aplicada, ya que a través de trabajos experimentales y originales se tiene como objetivo la generación de nuevos conocimientos dirigidos hacia una aplicación práctica específica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizará 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, conductividad eléctrica (C.E., mS/cm), contenido de Materia Orgánica (MO %), Carbono fácilmente oxidable (CO %) y contenido de Fósforo (P %). Para el material vegetal cosechado en cada punto se midió el contenido de Fósforo (P %).

Con los resultados obtenidos en esta primera etapa del experimento, se procederá al montaje y seguimiento del mismo por el término de nueve meses.

El experimento constará 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. El diseño experimental indicará la cantidad de repeticiones necesarias para realizar el posterior análisis estadístico de los resultados obtenidos.

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

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

TABLA I
PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN LOS SITIOS MUESTREADOS DE SUELO

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 humus.

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

TABLA II
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 I) 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 II) no se correlaciona en forma directa con el existente en el suelo correspondiente.

IV. 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 roca fosfórica, 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 esperados 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.

V. TRABAJOS FUTUROS

El equipo de trabajo cuenta con el antecedente de dos Proyectos de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, correspondiente a los Programas de Investigación PROINCE 2013-2014 y 2015-2016. El objetivo general consistió en caracterizar compost obtenidos a partir de residuos de diferentes orígenes agropecuarios y su incorporación en sistemas productivos.

Los resultados obtenidos en el actual experimento podrán ser utilizados como base de investigación para nuevos estudios acerca del uso de abonos, fertilizantes y enmiendas autorizadas por la normativa orgánica.

Cabe destacar que más allá de los avances que se puedan lograr en esta temática, el objetivo es la transferencia de conocimiento mediante la vinculación de la UNLaM con la sociedad, tanto a través de la formación de profesionales de grado como así también mediante proyectos de investigación aplicados a la necesidad y realidad social tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente.

Referencias

- PEAA 2010-2020: Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. 2016.
- Codex Alimentarius. Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Editorial FAO/OMS. Roma, Italia. 2007.
- Clozza, M.; E. Giardina; E. Wright y F. Vilella. Producción orgánica de arándanos. Pág. 277-298. En "Avances en cultivos frutales no tradicionales: arándanos-cerezas-frutillas-granadas". Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 2008.
- Álvarez R., Prystupa P., Rodríguez M. y Álvarez C. Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y Recomendación en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 2012.
- Cavallaro Junior, M.L. Organic and mineral fertilizers as source of N and P to rocket salad and tomato productions. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Pós-Graduação - IAC. 2006.
- Ahmad Ali Khan, Ghulam Jilani, Mohammad Saleem Akhtar, Syed Muhammad Saqlan Naqvi, Mohammad Rasheed. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. J. AGRIC. BIOL. SCI. 1(1):48-58. 2009.
- Manish K., Dhananjaya P., Ratna P., Ashutosh K., Lalan S. Role of Microbial Inoculants in Nutrient Use Efficiency. Capítulo 9. En: Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity. Edit. Springer. India. 2016.
- Rodríguez H., Fraga R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17:319-339. 1999.
- Álvarez, R. Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 2006.