

2022

TRABAJO DE TESINA PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE GRADO
LICENCIATURA EN AGROECOLOGÍA

1. DENOMINACIÓN DEL TRABAJO

1.1 **Título:** Evaluación de la aplicación de biofertilizantes como herramienta para el manejo de la nutrición de cultivos en sistemas agroecológicos.

2. DIRECTORA Y CO DIRECTORA

2.1 **Apellido y nombres:** Cremona, Maria Victoria

2.2 **Cargo:** Docente PAD Simple. Lic. en Agroecología. Sede Andina UNRN

2.3 **Dedicación:** Simple

2.4 **Apellido y nombres:** Cardozo, Andrea Gabriela

2.5 **Cargo:** Docente JTP Simple. Lic. en Agroecología. Sede Andina UNRN

2.6 **Dedicación:** Simple

3. TESISISTA

3.1 **Apellido y Nombres:** Sanchez Pablo.

3.2 **DNI:** 34.403.221

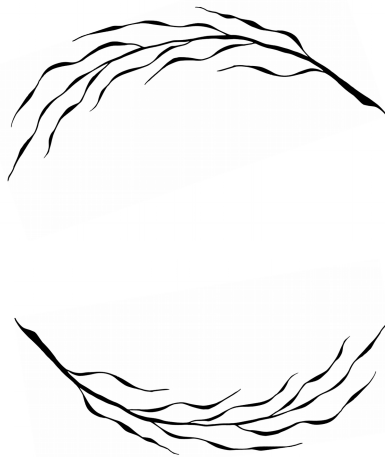
3.3 **Correo electrónico:** pablosanchez21@gmail.com

3.4 **Teléfono:** 294 4832330

3.5 **Dirección:** Lote 19 Fracción 14, Paraje Entre Ríos, Lago Puelo, Chubut.

3.6 **Año de inscripción:** 2016

Evaluación de la aplicación de biofertilizantes como herramienta para el manejo de la nutrición de cultivos en sistemas Agroecológicos.



**Sanchez P.
2022**

UNRN Universidad Nacional
de **Río Negro**

Agradecimientos

Este trabajo se lo dedico a las plantas, los microorganismos y las personas que me dieron fuerza y me transmitieron libertad para completar esta etapa universitaria principalmente mi madre y mi padre.

Primero quiero agradecer a Victoria, quien dirigió esta tesina, por su generosa ayuda y su gran paciencia en acompañarme en este largo proceso de pensamiento, análisis y escritura del presente documento.

A las y los chicos de Chacra Rizoma por abrirme las puertas y brindarme todo lo que necesité para realizar el ensayo, en especial a Casandra, quien estaba realizando previo a que todo esto ocurriera, sus propias pruebas con supermagro y bioles.

También agradecer a Andrea, coodirectora de mi tesina, quien trajo la convicción en el tema EM y bioles, empezó a trabajar localmente con estas tecnologías y propuso abordar esta línea dentro del INTA Bolsón.

A Nazareno y a Sergio que son dos grandes amigos, con mucha fuerza en la agroecología.

A muchas personas que participaron y ayudaron de alguna forma en mi trabajo y también con quienes empezamos a pensar e interesarnos en los biofertilizantes para las producciones locales. Hicimos un viaje con Andrea, Agus, Casandra e Iban a Inta Travelin, donde recibían la visita de un técnico de Japón que hablaría de EM. Ese viaje que realizamos íntegramente bajo copiosa lluvia fue muy inspirador, mates, conversaciones, ideas, interrogantes, todo fue haciendo crecer el interés en el tema.

A las y los docentes de la Licenciatura en Agroecología que me transmitieron inspiración y motivaron mi curiosidad personal. Gracias a Alejandra por los aportes en el documento y el planteo estadístico.

También quiero agradecer a los amigos y amigas de Zavalla. Juntos teníamos muchas preguntas acerca del pensamiento hegemónico que se transmitía en Agronomía y ellas nos llevaron a donde estamos.

La voluntad personal se sostiene en nuestros seres queridos y sale desde lo más profundo e íntimo de cada uno.



Los biofertilizantes constituyen una herramienta biotecnológica dirigida a cultivar la diversidad biológica de los suelos donde se desarrollan las producciones agrícolas. Esta práctica de cultivo y estímulo de diversidad en el suelo, repercute en procesos beneficiosos para las plantas en una multiplicidad de aspectos: suministrar nutrientes adicionales, liberación de sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, producción de antibióticos y otros. En este trabajo se evaluó el uso de biofertilizantes como herramienta para el manejo de la nutrición de cultivos en un sistema agroecológico. Con tal fin se realizó un ensayo a campo ubicado en el territorio de la Comarca Andina del Paralelo 42° (CAP 42°) concretamente en chacra "Rizoma", ubicada en el Camino de los Nogales hacia el Nor-Este de la ciudad de El Bolsón, Río Negro. Junto a quienes administran la chacra se co-diseñó el ensayo, elección del biofertilizante, cultivo y tratamientos. El biofertilizante elegido es denominado *supermagro* y se obtiene mediante un proceso de fermentación. El cultivo sobre el que se desarrolló el experimento fue papa (*Solanum tuberosum*), evaluando diferentes manejos de fertilización que se dividieron en 4 tratamientos: Estiércol + Bioorganutsa, Supermagro, Supermagro + estiércol y Testigo. Se realizó un diseño experimental en bloques completos al azar. Se evaluaron diferentes parámetros: pH, conductividad eléctrica, nutrientes totales, nutrientes disponibles, respiración de suelo y rendimiento a cosecha. Los resultados obtenidos en conductividad eléctrica presentaron valores significativamente más altos en Estiércol + Bioorganutsa, lo cual se lo adjudicó al aporte de sales que incorpora el fertilizante orgánico que recibió. Este mismo tratamiento arrojó niveles significativamente altos en nitrato, que podría ser por el mismo motivo. Los valores de rendimiento fueron inferiores a las referencias de máximos locales y se igualaron a los reportados en ensayos de INTA en experimentos locales. Entre los tratamientos, no se observaron diferencias estadísticas significativas, pero se podría observar una tendencia más alta en Supermagro + estiércol. La actividad biológica del suelo tuvo efectos significativos para el mismo tratamiento (mayor actividad) tratamiento que incluía el biofertilizante acompañado de estiércol. Se destaca este resultado que podría vincularse con la tendencia observada en el rendimiento. Si bien en el ensayo se esperaba poder visualizar un efecto más claro del biofertilizante sobre los nutrientes totales y disponibles, los resultados obtenidos muestran una tendencia beneficiosa del uso de biofertilizantes en el sistema de cultivo estudiado. Estos resultados alientan la continuidad de los estudios en la temática, en ensayos a campo que permitan controlar más adecuadamente la variabilidad.

Índice de contenido

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Índice de contenido.....	5
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	6
Introducción.....	7
Microbiología y química del suelo.....	8
Uso de biofertilizantes en la nutrición de cultivos.....	9
Microorganismos eficientes.....	10
Problemática de estudio.....	11
Características del supermagro.....	12
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
Materiales y Métodos.....	14
Tratamientos y análisis.....	15
Diseño experimental.....	16
Cultivo evaluado: Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	18
Elaboración de MM sólido.....	18
Elaboración del biofertilizante “supermagro”.....	19
Montaje del ensayo a campo.....	20
Mediciones en suelo.....	23
Procesamiento de las muestras en laboratorio.....	23
Mediciones a nivel de planta.....	24
Análisis estadístico.....	25
Resultados.....	26
Rendimiento del cultivo.....	26
Variables de suelo.....	27
pH.....	29
CE.....	29
Nitrógeno.....	30
Amonio.....	31
Nitrato.....	31
Fósforo.....	32

Actividad biológica del suelo.....	31
Discusión y conclusiones.....	34
Bibliografía.....	40
ANEXO.....	44

Índice de figuras

Figura 1. Diversos medios a través de los cuales los microorganismos eficientes promueven el crecimiento de las plantas.....	11
Figura 2. Croquis a escala del ensayo con la distribución de tratamientos.....	17
Figura 3. Plantas en momento cercano al período crítico del cultivo en los dos bloques del ensayo.....	22
Figura 4. Fenología del cultivo de papa y muestreos.....	24
Figura 5. Rendimiento medio a cosecha y Rendimiento de papa comercial.....	27
Figura 6. Clasificación de los tubérculos según calidades.....	27
Figura 7. pH en agua.....	28
Figura 8. Conductividad eléctrica.....	28
Figura 9. Nitrógeno total.....	29
Figura 10. Amonio.....	30
Figura 11. Nitratos.....	30
Figura 12. Fósforo disponible.....	31
Figura 13. Respiración de suelo a campo.....	32
Figura 14. Tasa de respiración instantánea en laboratorio.....	32
Figura 15. Tasa de respiración acumulada en incubación en 24 hs en condiciones de laboratorio.....	33

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados del análisis de suelo realizado en la parcela del ensayo previo a iniciar los trabajos de montaje a campo del mismo	16
Tabla 2. Cronograma de tareas culturales y aplicaciones de biofertilizante en el ciclo del cultivo.....	21
Tabla 3. Datos de referencia locales y resultados de muestras en suelo del ensayo para N y P.....	26

INTRODUCCIÓN



Los sistemas productivos dominantes han atravesado un proceso denominado de intensificación agrícola, que implica una transformación del sistema ambiental, a través de una mayor presión sobre sus propiedades estructurales y/o funcionales, configurando sistemas más simples, homogéneos y especializados, donde aumenta la velocidad de los flujos, se modifican los ciclos biogeoquímicos y el funcionamiento del sistema se abre al aporte de cantidades crecientes de insumos, con mayor dependencia de fuentes externas y disminución de su capacidad general de regulación interna (Gazzano y Achkar, 2014). Esta forma de producción se ha expandido y cubre alrededor del 80 % de las 1.500 millones de hectáreas de tierra cultivable a nivel mundial. Sin embargo, no ha sido capaz de resolver los problemas de alimentación en el mundo, sino por el contrario ha traído consigo la concentración y especialización de la producción, provocando una situación de extremo desequilibrio en relación a la alimentación (Altieri y Nicholls, 2013).

Desde el marco de la Agroecología surgen caminos de búsqueda de transformación de los sistemas productivos, con el fin de fortalecer la autogestión y un manejo con recursos cercanos a los mismos (origen local). En esta dirección surge el concepto de *Intensificación Ecológica*, que se define como la búsqueda de sistemas de producción de alto rendimiento, sustentables desde el punto de vista productivo, económico y ambiental. Esto es, la posibilidad de lograr altos rendimientos en suelos aptos para el cultivo y reducir la expansión agrícola hacia tierras menos aptas para el cultivo, maximizar la eficiencia productiva y económica del uso de recursos e insumos, y preservar y/o mejorar la calidad del ambiente (García, 2007). A su vez, implica el reemplazo de insumos agrícolas por procesos ecológicos para aumentar la productividad de los factores productivos y reducir el impacto ambiental (Tittonell, 2013). En la intensificación ecológica, el objetivo es hacer uso de los insumos de una manera eficiente mediante la aplicación del conocimiento y la comprensión de los procesos ecológicos, de cómo ocurre la absorción de recursos por la planta y su rendimiento por unidad de recurso utilizado (Struik y Kuiper, 2017). ¿De qué modo se trabaja hacia una intensificación ecológica? No hay una receta, no hay un solo camino o pauta de manejo, ya que hay una serie de particularidades a considerar regionalmente y en cada sistema productivo. Este nuevo paradigma de agricultura busca maximizar los estándares de producción y calidad agrícola, a través de la promoción de la diversidad biológica y de las interacciones ecológicas que ocurren tanto dentro del cultivo, como entre éste y el paisaje agrario en el que se encuentra inmerso,

reduciendo el uso de inputs agrícolas (compuestos químicos de síntesis) y realizando un manejo del agroecosistema que contemple, además de la producción económica, otros factores de índole ambiental y social (Gaba et al., 2014, Puerta y Rodríguez, 2019). En este sentido, la intensificación ecológica de la agricultura se basa en los principios de persistencia y resiliencia del agroecosistema.

Una forma de maximizar la producción a través de la intensificación ecológica es administrar organismos que brinden servicios de regulación como el control de plagas, la polinización y los nutrientes del suelo (Gaba et al., 2014). El suelo no es un conjunto residencial donde los seres vivos coexisten sin interactuar unos con otros. Desde varias décadas atrás, Primavesi (1980) sostiene la idea de que en el suelo no existen especies aisladas, habitualmente clasificadas, sino que existe, una sociedad íntimamente interrelacionada. En los sistemas agropecuarios, el medio sobre el que se desarrolla la producción es el suelo. Los seres vivos del suelo forman parte del mismo, modificándolo e influenciándose mutuamente. El suelo se forma a través de su vida, la vida es típica a las características específicas del suelo. Quiere decir: el suelo determina su vida y la vida determina el suelo (Primavesi, 1980).

El interés en la diversidad microbiana presente en el suelo ha crecido rápidamente en la comunidad científica. Se está prestando cada vez más atención a los microorganismos porque la fertilidad del suelo depende no solo de su composición química, sino también de la naturaleza cualitativa y cuantitativa de los microorganismos que lo habitan. El mantenimiento de poblaciones viables y diversas, y comunidades microbianas en funcionamiento en el suelo es esencial para una agricultura sostenible (Buscot y Varma, 2005). Diferentes formas de vida participan en los procesos que se llevan a cabo en el suelo, pero las comunidades microbianas poseen un papel principal, ya que de ellas dependen funciones como hacer disponibles los nutrientes para ellas mismas y para otras formas de vida como las plantas (Cerón Rincón y Aristizábal, 2012).

Microbiología y química del suelo

Varias comunidades microbianas, a saber, hongos, bacterias, actinomicetos y levaduras se usan como inoculantes que principalmente promueven el crecimiento de las plantas a través de la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio, secreción de exopolisacáridos, actividad de biocontrol, descomposición de materia orgánica, producción de sideróforos, etc. El fósforo, un nutriente clave del suelo presente en forma compleja no disponible, se transforma a través de microbios solubilizadores de fósforo que los hacen disponibles para la absorción de la planta. Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR, siglas en inglés), las bacterias promotoras del

crecimiento de las plantas (PGPB, siglas en inglés) y los hongos micorrizas vesiculares-arbusculares (AMF, siglas en inglés) son los subgrupos de microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM) (Naik et al., 2019). Las PGPB consisten en un gran grupo de microorganismos que se pueden encontrar en la rizosfera (las PGPR), en la superficie de la raíz o asociadas a ella. Estas bacterias viven e interactúan con las plantas y mejoran el crecimiento de las mismas. Estos organismos son parte indispensable de este ecosistema y su presencia es beneficiosa para el crecimiento vegetal. A veces, las propias raíces estimulan la colonización de bacterias en la rizosfera al exudar iones, oxígeno libre, agua, enzimas, mucílagos y diversos metabolitos primarios y secundarios que contienen carbono, que pueden ser utilizados por los microorganismos; por lo tanto, la población bacteriana puede ser hasta mil veces más densa en la rizosfera que en el suelo general (Ferreira et al., 2019). La alteración del microbioma del suelo mediante la inoculación con un consorcio de PGPR puede mejorar el desarrollo de las plantas y mitigar los agentes patógenos y el estrés abiótico (Arif et al., 2020). La manipulación del holobionte de la planta mediante la ingeniería de microbiomas es una estrategia biotecnológica emergente para mejorar los rendimientos y la resistencia de los cultivos. Los enfoques indirectos para la ingeniería de microbiomas incluyen el uso de enmiendas del suelo o sustratos selectivos, y los enfoques directos incluyen la inoculación con microbios probióticos específicos, consorcios microbianos artificiales y el mejoramiento y trasplante de microbiomas (Arif et al., 2020).

Las plantas necesitan una variedad de elementos / nutrientes en mayor cantidad que otros, además del carbono que obtienen de la atmósfera, obtienen otros macronutrientes importantes del suelo, como nitrógeno, fósforo, potasio o azufre. Con respecto a los macronutrientes del suelo, el PGPB debería, por definición, ser capaz de suministrar nutrientes adicionales a las plantas hospederas o facilitar la adquisición de los nutrientes existentes. Algunas bacterias por ejemplo pueden fijar N₂ (conversión de nitrógeno atmosférico en amonio) y suministrar nitrógeno a las plantas (Ferreira et al., 2019).

Uso de biofertilizantes en la nutrición de cultivos

Teniendo en cuenta el camino desarrollado en los conceptos anteriores, una tecnología que trabaja sobre el suelo entendiéndolo como un organismo vivo y que a su vez podría dirigirse en el camino de una intensificación ecológica, es la preparación de biofertilizantes. Podemos entender como biofertilizantes los productos que contienen células vivas o latentes de diferentes tipos de microorganismos (generalmente bacterias, hongos y actinomicetos), que cuando se aplican, consiguen colonizar la rizósfera (AdminFertilizer, 2018; Kour et al., 2020) y promueven el aumento del suministro de nutrientes, como amonio, sulfato, fosfato (Ferreira et al., 2019).

Los biofertilizantes se han convertido en un componente importante del sistema integrado de suministro de nutrientes y tienen un gran potencial para mejorar los rendimientos de los cultivos cuidando el medio ambiente. Éstos mantienen el ambiente del suelo rico en todo tipo de micronutrientes y macronutrientes a través de la fijación de nitrógeno, solubilización o mineralización de fosfato y potasio, liberación de sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, producción de antibióticos y biodegradación de materia orgánica en el suelo proporcionando una mejor absorción de nutrientes y una mayor tolerancia a la sequía y al estrés por humedad (Suhag, 2016). Los biofertilizantes son una de las formas más prometedoras de aumentar la productividad de los cultivos de una manera ecológica. Se ha reconocido que los inoculantes microbianos constituyen el componente principal del manejo integrado de nutrientes, lo que conduce a la sostenibilidad (Kour et al., 2020).

El suelo modificado orgánicamente suele albergar un microbioma operativo potencialmente mejor, con actividades microbianas más positivas y especies más interrelacionadas funcionalmente que los suelos donde se aplicaron fertilizantes químicos (Arif et al., 2020). Será necesario caracterizar los grupos funcionales de microbios que están asociados con enmiendas orgánicas particulares para comprender mejor la salud del suelo. Ajustar y optimizar el uso de enmiendas orgánicas para combinaciones específicas de suelo/cultivo establecería una salud sostenible y duradera del suelo y sus servicios de ecosistema microbiano, dando como resultado rendimientos iguales o mejores que los fertilizantes químicos solos (Arif et al., 2020).

Microorganismos eficientes

Los microorganismos están naturalmente dotados de muchos rasgos especiales que ninguno o muy pocos organismos superiores poseen. Estos tienen un uso muy extenso en las prácticas agrícolas. Los más especiales con compatibilidad fisicoquímica y biológica son cultivados, formulados y aplicados juntos como microorganismos eficientes (EM, sus siglas en inglés).

Los EM (varios hongos, bacterias, actinomicetos y grupos de levaduras) son microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas (PGPM) que mejoran el rendimiento del cultivo a través de la fijación de N₂, la producción de sideróforos, actividades de desaminasa y fitohormonas ACC, solubilización de fósforo y minerales, mejorando las características del suelo, etc. (Figura 1). Además, los microbios pueden actuar como biocontrol y bioplaguicida para las plantas. Se ha reportado que, EM mejora el desarrollo y la productividad del cultivo al incrementar la fotosíntesis, sintetizar sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que controlan las enfermedades del suelo y la

descomposición de la lignina en el suelo (Naik et al., 2019). Por lo tanto, EM mejora la biodiversidad del suelo y la composición de la comunidad y ayuda a la agricultura sostenible (Naik et al., 2019).

En las últimas décadas numerosas líneas de investigación han demostrado que la inoculación con microorganismos efectivos (EM) pueden incrementar la calidad y salud de los suelos, así como el crecimiento, rendimiento y sanidad de los cultivos (Echeverría y García, 2014).

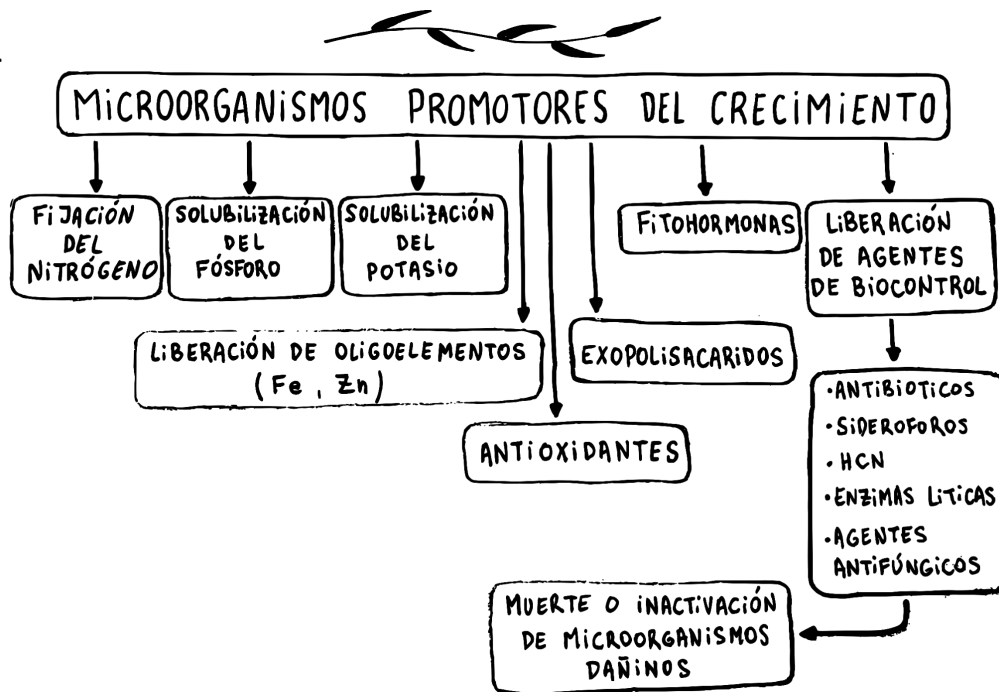


Figura 1. Diversos medios a través de los cuales los microorganismos eficientes promueven el crecimiento de las plantas (Naik K. et al., 2019).

Problemática de estudio

En la Comarca Andina del paralelo 42° (CAP 42°) un manejo muy frecuente en la fertilización de los sistemas agroecológicos se basa en el uso de abono de chivo (proveniente de establecimientos ganaderos de la región,

principalmente de la estepa patagónica) y/o fertilizantes-bioinsumos comerciales orgánicos. Dicho manejo resuelve la fertilización con insumos que a pesar de tener diferente lógica o cadena de producción (estiércol-fertilizantes), constituyen un ingreso externo al sistema. Este ingreso externo por un lado simplifica los procesos que son abarcados en las chacras, pero por el otro genera una dependencia a la provisión de dichos insumos. Implica la exportación de carbono y nutrientes desde la estepa y sus sistemas ecológicos frágiles pierden materia orgánica que se importa hacia los valles cordilleranos.

El uso de biofertilizantes como estrategia de manejo de la fertilidad del suelo en los sistemas productivos locales podría contribuir una alternativa que se sume al manejo de la fertilidad a la vez que ayude a disminuir la dependencia de insumos externos a la localidad.

Frente a la búsqueda de alternativas que aporten a la nutrición de los cultivos intensivos en la zona de la CAP42° numerosos productores han mostrado interés en el uso de bioinsumos. Los y las productoras realizaron intentos de preparar biofertilizantes (o bioles) a partir de fuentes naturales (e.g. mantillo de bosque, residuos vegetales, estiércol animal), sin obtener los resultados esperados por ellos (mayor rendimiento y calidad del cultivo). El resultado negativo del desarrollo y aplicación de estos bioles, puede tener múltiples orígenes, ya que no se utilizó un método estandarizado y probado. Por ejemplo, en algunos de los Bioles se midieron elevados valores de pH (≈ 11), en algunos casos se utilizaron Bioles sometidos a un tiempo de fermentación excesivo (más de un año); factores todos que podrían atentar contra la calidad del Biol desarrollado (Mardones, 2020).

Existe interés del sector productivo de la CAP42 en el tema biofertilizantes, invitando a la producción de información científica en el tema, desde un desarrollo local y pensado localmente. Así es como ha precedido a este trabajo, otras investigaciones centradas en los microorganismos eficientes nativos (MEN) (Mardones, 2020). En este trabajo se evaluó el uso de un biofertilizante, el supermagro, como una herramienta para sumar al manejo de la nutrición de los cultivos en sistemas productivos locales con una mirada agroecológica o un interés en la intensificación ecológica del sistema. Se interpreta que dicho manejo está compuesto, a su vez, por múltiples herramientas como la aplicación de fertilizantes y enmiendas, cultivos intercalados, rotaciones, descansos y distintas labranzas.

Características del supermagro

El “supermagro” es preparado usado como biofertilizante, bioestimulante y remineralizante vegetal, a partir de insumos seleccionados de origen animal y vegetal. Fue desarrollado a partir de la colaboración entre productores rurales y técnicos en la región de Río Grande Do Sul y Santa Catarina en Brasil, donde se destacan la participación de los ingenieros agrónomos Seastiao Piñeiro y Jairo Restrepo Rivera. Más adelante, la implementación en cultivos continuó extendiéndose en diversas cuencas productivas de Colombia, México y otros países de Latinoamérica, adaptándose en cuanto a las necesidades nutricionales de cada cultivo, a los recursos de cada zona y a los diversos microclimas, relieves y temperaturas de cada región. En Argentina, el uso se ha extendido en los últimos 10 años en muchas zonas productivas del país como en el litoral y zona centro. En Misiones, por ejemplo, se implementa en varios cultivos de yerba mate, té, tabaco y frutihortícolas (Cardozo et al., 2021)

El Supermagro, es un biofertilizante que se elabora por la descomposición y /o fermentación aeróbica de diversos materiales orgánicos (animal y/o vegetal) y minerales (Requenez et al., 2019 ; Osman y Cisterna 2022). Se inicia elaborando la base, la cual consiste en mezclar el estiércol fresco con azúcar y el suero de leche; una vez lista la base, se integran en orden los demás ingredientes. Luego el material se deja fermentar por al menos 25 días. Finalmente se envasa en bolsas plásticas, y se almacena en un recipiente con tapa en un lugar fresco. Puede guardarse hasta un año (INTA AER El Bolsón, 2018).

Durante el proceso fermentativo se monitorean los valores de pH y Conductividad eléctrica (CE). El biofertilizante en su proceso de fermentación y maduración, irá variando sus valores de pH, acidificándose y luego estabilizándose. Como describe Barraza Torres (2019), esta situación es producto de la acción de las bacterias ácido lácticas, que realizan la fermentación de los carbohidratos hidrosolubles provenientes del azúcar, generando ácido láctico y en consecuencia aumentando la acidez en las mezclas. En los días siguientes esta generación de ácido láctico se estabiliza ya que la fuente de azúcar a lo largo de los días se ve agotada (Juscamaita et al., 2014).

A lo largo del proceso también se lleva a cabo un monitoreo de sus características organolépticas, color y olor. Un indicador importante es el olor, el cual al abrir el tanque fermentador no debe ser de putrefacción. Respecto al color, al abrir el tanque fermentador, el biofertilizante puede presentar las siguientes características o una de ellas: formación de una nata blanca en la

superficie, el contenido líquido será de un color ámbar brillante y traslúcido, cuando los biofertilizantes no están bien maduros, la nata superficial, regularmente es de color verde espuma y el líquido es de color verde turbio, esto no quiere decir que el biopreparado no sirva. Según Restrepo (2007) los biofertilizantes son de mala calidad cuando tienen un olor a putrefacto y la espuma que se forma en la superficie tiende hacia un color verde azulado y oscuro.

Objetivo general

- Evaluar el uso de biofertilizantes como una herramienta en el manejo de la nutrición de un cultivo de papa *Solanum tuberosum* en una situación productiva real a campo.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del biofertilizante “supermagro” en la performance y el rendimiento de cultivo de papa en comparación con los manejos tradicionales de la región.
- Evaluar el efecto del biofertilizante en el suelo con respecto a la actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS



Para cumplir el objetivo se realizó un ensayo en el territorio de la Comarca Andina del Paralelo 42° (CAP 42°), que abarca dos provincias; sudoeste de Río Negro y noroeste de Chubut, particularmente en la chacra “Rizoma”, ubicada en el Camino de los Nogales hacia el noreste de la ciudad de El Bolsón, Río Negro. En esta chacra se desarrolla un proyecto productivo grupal donde se producen una importante variedad de cultivos hortícolas (diversificación), los cuales son comercializados principalmente en circuitos locales, y parte en la ciudad cercana de Bariloche. La chacra desarrolla su producción con manejo agroecológico y es llevada adelante por un grupo de personas jóvenes que trabajan de manera cooperativa desarrollando todas las etapas desde la producción, administración hasta la comercialización de los productos. Las personas que integran la chacra participaron en las decisiones del objeto de estudio para hacer el ensayo. La

propuesta de trabajo fue siguiendo la dinámica de la chacra, es decir, el ensayo además de estar ubicado dentro de la chacra, está inmerso y es parte de la matriz de cultivos de la misma. De esta manera se propició generar un proceso de construcción de conocimiento con múltiples perspectivas.

El ensayo se realizó sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* var. *Spunta*), implantado para el experimento. Se realizaron reuniones en conjunto para pensar cómo plantear el ensayo a nivel pragmático, es decir replicable en un sistema de producción real, de este modo se eligió el preparado denominado “supermagro” como biofertilizante a utilizar, ya que se venía usando a modo de prueba en la chacra. Además de observar el efecto del biofertilizante en sí mismo, se eligió realizar la comparación de éste con el manejo de fertilización actual utilizado en este establecimiento.

Para realizar el ensayo, los y las administradoras de la chacra ofrecieron un sector no cultivado de manera intensiva, al borde de un cuadro cultivado otras temporadas y que no había sido abonado recientemente. La preparación del suelo se realizó en octubre del año 2019 con una labranza de rastra de discos. Pasado un tiempo, con el incremento de las temperaturas y caída de lluvias, crecieron especies espontáneas, que se eliminaron manualmente el 26 de noviembre de 2019. Luego se marcaron dos camellones con hilos y se realizó la división de parcelas. En estos dos camellones se llevaría adelante el ensayo.

Junto con los trabajos iniciales de preparación de suelo y división de parcelas, se tomaron muestras compuestas de suelo para realizar análisis de nutrientes disponibles y totales (Tabla 3). Para ello se tomaron 5 submuestras por cada camellón (sur y norte) que formaron dos muestras compuestas finales. Las submuestras se tomaron de forma aleatoria dentro de los camellones, para lo cual se utilizó una palita de repique que se introdujo en el suelo unos 18 cm, tomando la porción de suelo abarcada por la palita. Para obtener las dos muestras compuestas se mezclaron las submuestras que componen a cada una por separado y se tomaron una porción de cada grupo para enviar al laboratorio, luego de ser secada en un ambiente ventilado.

Tratamientos y análisis

La elección de los tratamientos del ensayo se acordó con los integrantes del grupo de productores de la chacra. Se definieron cuatro 4 tratamientos; Estiércol de chivo y bioorganutsa (**CH**), que corresponde manejo de fertilización que utilizan en la chacra, Supermagro (**SM**), Supermagro + estiércol de chivo (**SM+E**) y Testigo (**T**) (sin aplicación). Se decidió no incluir un tratamiento únicamente de Bioorganutsa debido a que éste sería un manejo irreal a nivel

pragmático para la chacra, ya que no se busca sostener la nutrición de los cultivos únicamente con bioorganutsa. Las variantes SM y SM+E buscaban identificar si el supermagro requería o no el agregado de materia orgánica en forma complementaria.

El análisis de suelo realizado previo al ensayo arrojó los datos que se detallan a continuación (Tabla 1). De esta forma se pudo caracterizar el suelo donde se ha trabajado.

Tabla 1. Resultados del análisis de suelo realizado en la parcela del ensayo previo a iniciar los trabajos de montaje a campo del mismo.

Identificación	pH (1:2,5)	CE dS/m	P Olsen mg/kg	N tot %	NH4+ mg/kg	NO3 mg/kg	Tasa de respiración mg//min	Tasa acumulada mg//h 1° incubación	Tasa acumulada mg//h 2° incubación
Camellón Norte	5,98	0,21	17,9	0,27	17,36	33,6	0,27	69,7	64,19
Camellón Sur	6,01	0,17	17,7	0,26	10,08	29,68	0,24	35,6	48,50

Diseño experimental

Se construyeron dos camellones de 50m x 1m en una porción de suelo aparentemente homogéneo. Cada camellón contenía 8 parcelas de 5 m de largo, separadas entre sí por 1 m de suelo no cultivado, sumando un total de 16 parcelas. A pesar de que no había grandes diferencias en los análisis de suelos de ambos camellones, pero suponiendo que podría llegar a haber alguna diferencia a lo largo del cultivo en especial por la forma en que sería regado, se definió hacer un diseño el bloques completamente aleatorizado (DBCA) con dos bloques, uno por cada camellón. Luego se asignaron al azar los tratamientos a las respectivas parcelas, dentro de cada camellón/bloque, con 4 repeticiones por cada tratamiento evaluado, dos por bloque (ver figura 2).

Diagrama del ensayo

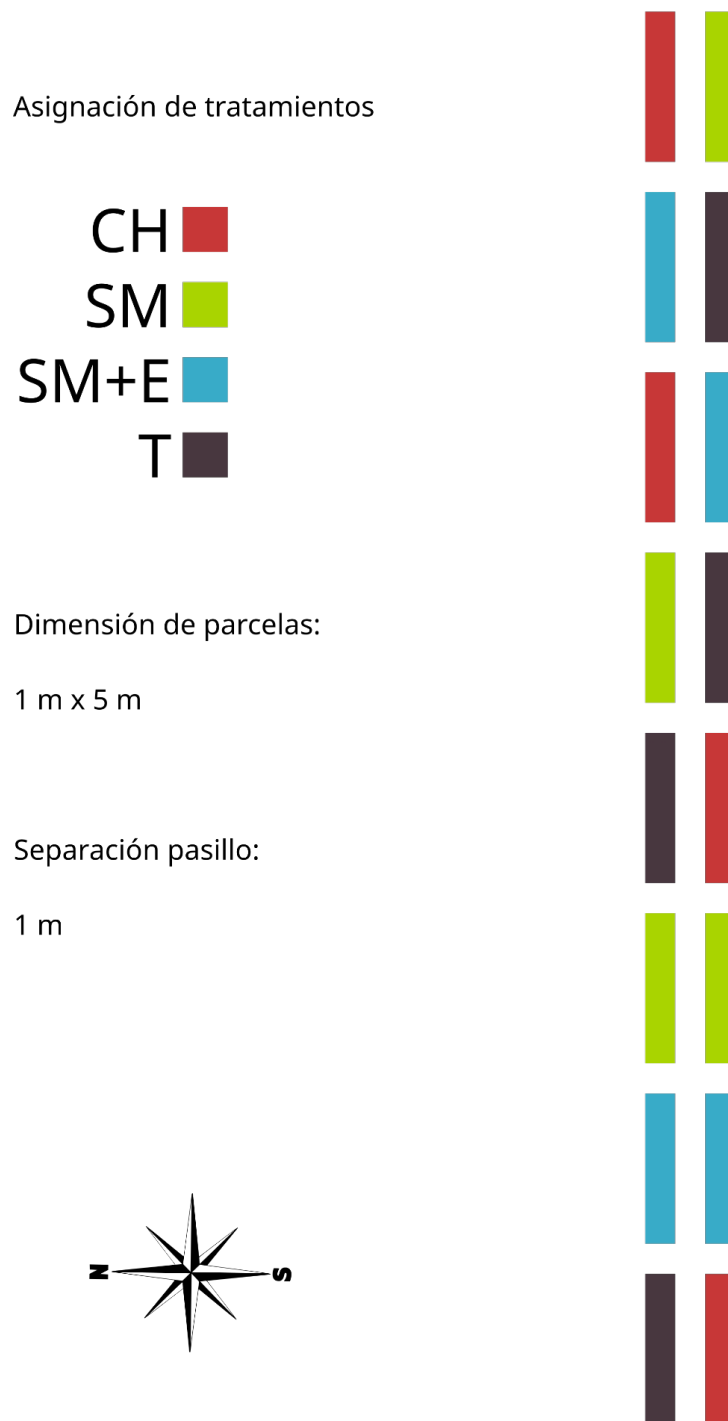


Figura 2. Croquis a escala del ensayo con la distribución de tratamientos. **CH:** Estiércol de chivo y Bioorganutsa (Manejo actual de fertilización de la chacra), **SM:** Supermagro, **SM+E:** Estiércol de chivo + Supermagro y **T:** Testigo (sin aplicación).

Continuando las tareas de preparación de suelo, se aplicó el abonado de base constituido por estiércol de chivo y Bioorganutsa para el tratamiento CH y mismo estiércol en SM+E. Posteriormente se realizó una pasada con motocultivador a la totalidad de las parcelas para terminar de preparar la cama de siembra e incorporar al suelo la enmienda de estiércol y el fertilizante en sus respectivas parcelas. El CH refleja el manejo normal de la chacra, el cual consiste para las parcelas del ensayo en 30 litros/parcela de estiércol de chivo (60 m³/ha), mientras que de Bioorganutsa se aplican 0,8 kg/parcela (1600 kg/ha). Mientras que para el SM+E se aplicó únicamente estiércol de chivo, misma cantidad de 30 l/parcela. El estiércol utilizado se encontraba heterogéneamente compostado, condición en la que suele encontrarse el estiércol de corral proveniente de la estepa patagónica. Permaneció en el suelo un breve período de 4 días previo a realizar la siembra.

Cultivo evaluado: Papa

El ensayo se realizó en un cultivo de *Solanum tuberosum* (papa). Este cultivo absorbe 220, 20, 240, 60 y 20 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg respectivamente para una producción de 20 t ha⁻¹, lo que evidencia los altos requerimientos nutrimentales que presenta (Sifuentes et al., 2013). La fertilización de dicho cultivo es una práctica agronómica importante ya que tiene un considerable efecto en el incremento de la calidad, el rendimiento y el calibre de los tubérculos cosechados (Inostroza et al., 2017).

Elaboración de MM sólido

Este preparado es uno de los componentes biológicos en los ingredientes del supermagro. La elaboración de MM se realizó tomando la receta propuesta por el INTA AER El Bolsón.

- 5 kg de azúcar (o melaza)
- 30 kg de afrechillo de trigo o Semitín
- 60 kg de suelo de montaña
- 1 tambor de plástico de 200 litros con tapa hermética

El suelo de montaña corresponde al horizonte "O", eligiendo la capa que le sigue a la superior, donde ya se observa una degradación parcial del material orgánico del bosque. Se mezcló sobre un nylon el suelo recolectado, el afrechillo de trigo y el azúcar hasta lograr homogeneidad. Luego se agrega agua de la chacra con regadera y se mezcla con una pala buscando llegar a una humedad del 40%. Para ello se realizó la prueba del puño, la cual consiste en tomar un puñado de la mezcla y apretarla, y cuando la mezcla quede compacta sin desarmarse se alcanzó la humedad deseada, mientras que, si se escurre agua

entre los dedos, se encuentra en exceso. Después se introdujo la mezcla en el tambor, para lo que se colocó una cantidad y que luego se la compacta, avanzando así, de a capas y compactado hasta introducir todo el material. Luego se tapó herméticamente y se dejó fermentar durante 30 días con una trampa de aire.

Elaboración del biofertilizante “supermagro”

El 23 de noviembre del 2019 se realizó una jornada de elaboración de supermagro. Para ello se tomó la receta propuesta por el INTA AER El Bolsón

Los ingredientes utilizados fueron:

- 50 kg de estiércol de vaca fresco
- 5 litros de suero de leche
- 8 kg de azúcar
- 1 kg de MM sólido
- 1 kg de ceniza de madera
- 1 kg de sulfato de magnesio
- 1,5 kg de sulfato de potasio

Para elaborar el supermagro que se utilizó en el ensayo, se obtuvo estiércol fresco y suero de leche provenientes de un tambo cercano que pertenece a Chacra Humus (producciones orgánicas), azúcar blanca común, ceniza de madera y la cantidad necesaria de MM sólido elaborado por chacra Rizoma (ver detalle más adelante) y las sales sulfato de magnesio y sulfato de potasio que se adquirieron y se encuentran disponibles en almacenes agrícolas regionales. Se mezclaron los ingredientes (excepto las sales) en un tonel de plástico, dejándolos que inicien su proceso fermentativo antes de sumar los ingredientes exceptuados (esto se debe a que las sales pueden perjudicar la disponibilidad de agua (incorporada en el suero y estiércol fresco) para los microorganismos fermentativos al iniciar el proceso).

El 23 de diciembre de 2019 se realizaron mediciones en el supermagro en dilución del 2% (dilución de aplicación en cultivos), al mes de elaborado, para evaluar su estabilidad y con ello su posibilidad de uso. Durante el proceso de se midió el pH y la conductividad eléctrica con un equipo Hanna modelo Combo pH & CE (hi98129).

El pH tuvo una variación importante partiendo de valores altos cuando se elaboró la mezcla cercano a 8 y después descendió hasta estabilizar en un pH de 5,38. Respecto a la conductividad eléctrica (CE), al comienzo del preparado se partió de valores mayores a 2 dS/m y se estabilizó en valores de 0,985 dS/m.

La apreciación visual fue buena, con aroma a levaduras y lácteos. La tendencia es que entre más dejemos fermentar y añejar el biofertilizante, éste será de mejor calidad y desprende un olor agradable de fermentación alcohólica y se conservará por más tiempo.

A partir de este momento, con un mes de elaborado y realizadas las mediciones y apreciaciones organolépticas satisfactorias, el supermagro estuvo maduro y listo para utilizarse. Se dispone de él para hacer las aplicaciones durante el ciclo de cultivo del ensayo. La dosificación elegida del biofertilizante surge de una búsqueda bibliográfica, eligiendo finalmente una concentración de 2% y aplicándose cada 15 días sobre el cultivo de papa. Cabe destacar que este punto de definición de la dosificación presentó cierta dificultad debido a la escasez de datos hallados y a la variabilidad en dichos datos. El criterio fue elegir un valor promedio para poder proseguir con el ensayo y este valor promedio fue en correlación con lo sugerido en el material del INTA AER El Bolsón.

Montaje del ensayo a campo

Se realizó una labranza de motocultivador con rotativa, dejando preparada la cama de siembra para las papas. La siembra de los tubérculos (papa semilla) se realizó el 1 de diciembre, con distanciamiento de 0,3 m. La variedad que se utilizó fue Spunta, proveniente de Mendoza. Posteriormente a la siembra se instaló el sistema de riego por aspersión.

El 14 de diciembre emergieron las plántulas de papa y también especies espontáneas las cuales se retiraron manualmente y con herramientas de mano. Esta tarea de mantenimiento fue realizada a lo largo de todo el ciclo del cultivo. En momentos del verano se tuvo dificultades para lograr aminorar el crecimiento de *Convolvulus arvensis* L. "Correhuela" que tiene un comportamiento invasor y genera inconvenientes a la hora de retirarla.

Durante el ciclo de cultivo se realizaron 5 aplicaciones del biofertilizante, espaciadas por 15 días aproximadamente, de acuerdo a las condiciones climáticas y otras limitaciones de oportunidad por manejo. Siempre previo a la aplicación se realizó un mantenimiento del ensayo, deshierbe de camellones y limpieza de la entrelínea. Se detalla el cronograma de tareas en la tabla 2.

Tabla 2. Cronograma de tareas culturales y aplicaciones de biofertilizante en el ciclo del cultivo.

Fecha	Actividad	Observación
28/12/2019 Primera aplicación de supermagro.	Dilución al 2%, aplicación directa en suelo. Regadera de 5 litros (0,1kg supermagro, 4,9l de agua de la chacra) 5 l por c/10 m lineales.	Plántulas emergidas y creciendo previo al aporque
15/01/2020 Segunda aplicación de supermagro.	Dilución al 2%, aplicación directa al suelo. Regadera de 5l (0,1kg supermagro, 4,9l de agua de la chacra) 5l por c/5m lineales.	Se observan algunos primordios florales, el cultivo ya se puede aporcar.
31/01/2020 Tercer aplicación de supermagro.	Dilución al 2%, aplicación directa en suelo 5l cada 2 m lineales= 12,5l / 5m lineales (250gr supermagro, 12,5 litros de agua)	Labor cultural deshierbe y aporque. Se ven manchas en las hojas con posibilidad de enfermedad(Tizón)
11/02/2020 Cuarta aplicación de supermagro.	Dilución al 2%, aplicación directa en suelo. 5l cada 2 m lineales= 12,5l / 5m lineales (250gr supermagro, 12,5 litros de agua)	Labor cultural deshierbe
09/03/2020 Quinta aplicación de supermagro.	Dilución al 2%, aplicación directa en suelo 5 l cada 2 m lineales= 12,5l / 5m lineales (250gr supermagro, 12,5 litros de agua)	Registro de grado de ataque de tizón temprano

A lo largo del ciclo de cultivo se realizaron dos aporques. A mitad de febrero del 2020 se empezó a detectar la incidencia de una enfermedad, observándose plantas afectadas junto con otras no afectadas, condición que se fue agravando con el tiempo. A partir de los síntomas, se identificó como la enfermedad del *Tizón Temprano* (Agente causal: *Alternaria solani*, *A. brassicae*, *A. dauci* f. sp. *solani*, *A. tenuis* y *A. tenuissima*) Los síntomas detectados fueron: en hojas, manchas necróticas de color marrón claro a oscuro con anillos concéntricos, manchas restringidas por las nervaduras en tallos, manchas necróticas; en

tubérculos, manchas circulares o irregulares de color marrón oscuro, ligeramente hundidas. Las vías de transmisión posibles son las semillas infectadas o los rastros de plantas afectadas (Forbes, 2011).



Figura 3. Plantas en momento cercano al período crítico del cultivo en los dos bloques del ensayo.

Seguido a la última aplicación de supermagro, se empezaron a incrementar las medidas de respuesta al contexto mundial de pandemia producida por el COVID-19. Se vieron demoradas las tareas que quedaban pendientes, particularmente la cosecha, la cual se terminó realizando el 1 de Mayo del 2020.

Mediciones en el suelo

La toma de muestras se realizó el 3 de marzo de 2020, en el período crítico de demanda de nutrientes del cultivo (PC), el cual se sitúa en estadio de llenado de tubérculos (Figura 4). Se define como PC a aquel periodo del ciclo del cultivo en el cual las disminuciones en la tasa de crecimiento inciden marcadamente y explica en mayor medida las variaciones del rendimiento (Satorre, 2003).

La toma de muestras de suelo se realizó con un barreno para generar los menores disturbios posibles sobre el cultivo y tomar un volumen constante. Se tomaron muestras compuestas con tres submuestras cada una, una por cada parcela. Así se contó con un total de 4 muestras compuestas para cada tratamiento.

Por otro lado, se realizó en el mismo momento del PC una medición de respiración de suelo, utilizando el equipo EGM4 de PP Systems.

Procesamiento de las muestras en el laboratorio

Luego de su ingreso en el laboratorio las muestras se secaron al aire y se tamizaron por 2 mm y 0,5 mm para prepararlas para el análisis. El pH y la conductividad eléctrica (CE) se determinaron en una suspensión suelo:agua relación 1:2,5 (Sparks et al., 1996). Para el Nitrógeno total (N%) se procedió de acuerdo a la norma IRAM-SAGyP 29572:2018 (método Kjeldahl modificado). La determinación de fósforo extraíble (P) en suelo se realizó por el método Olsen (Extracción con hidrógeno carbonato de sodio), de acuerdo a la norma IRAM-SAGyP 29570-2:2014. El Nitrógeno inorgánico (amonio (NH₄) y nitrato(NO₃)) se determinó por destilación Bremner (Sparks et al, 1996).

Para las mediciones de respiración de suelo en laboratorio se trabajó con muestra seca y tamizada por 2 mm. Se incubaron muestras de alrededor de 30 g de suelo a capacidad de campo en estufa a 25 °C en recipientes abiertos de 200 cm³ durante 5 días. Luego de transcurrido ese tiempo, se utilizó el equipo EGM4 de PP Systems para medir, en recipiente cerrado, los siguientes parámetros:

- Tasa de respiración instantánea: luego de la incubación se cierra el recipiente y se conecta al equipo (seteado en modo dinámico) para monitorear la producción de CO₂ durante 2 a 5 minutos hasta obtener un valor estable, que define la tasa de respiración instantánea expresada en mg//min.

- Tasa de respiración acumulada: luego de los 5 días de incubación se cerraron los recipientes y se continuó la misma durante 24 hs más, con el objetivo de acumular CO₂ en el recipiente y obtener valores mayores y mejorar la sensibilidad de medición del equipo. Luego de ese período se tomaron de cada uno de los recipientes muestras de aire del interior de los mismos con una jeringa, y se midió la concentración de CO₂ en el equipo mencionado, seteado en modo estático. Se calculó el CO₂ acumulado como la diferencia entre la concentración final y la inicial, y se dividió por el período de acumulación, calculando la tasa acumulada que se expresó en mg CO₂//h.

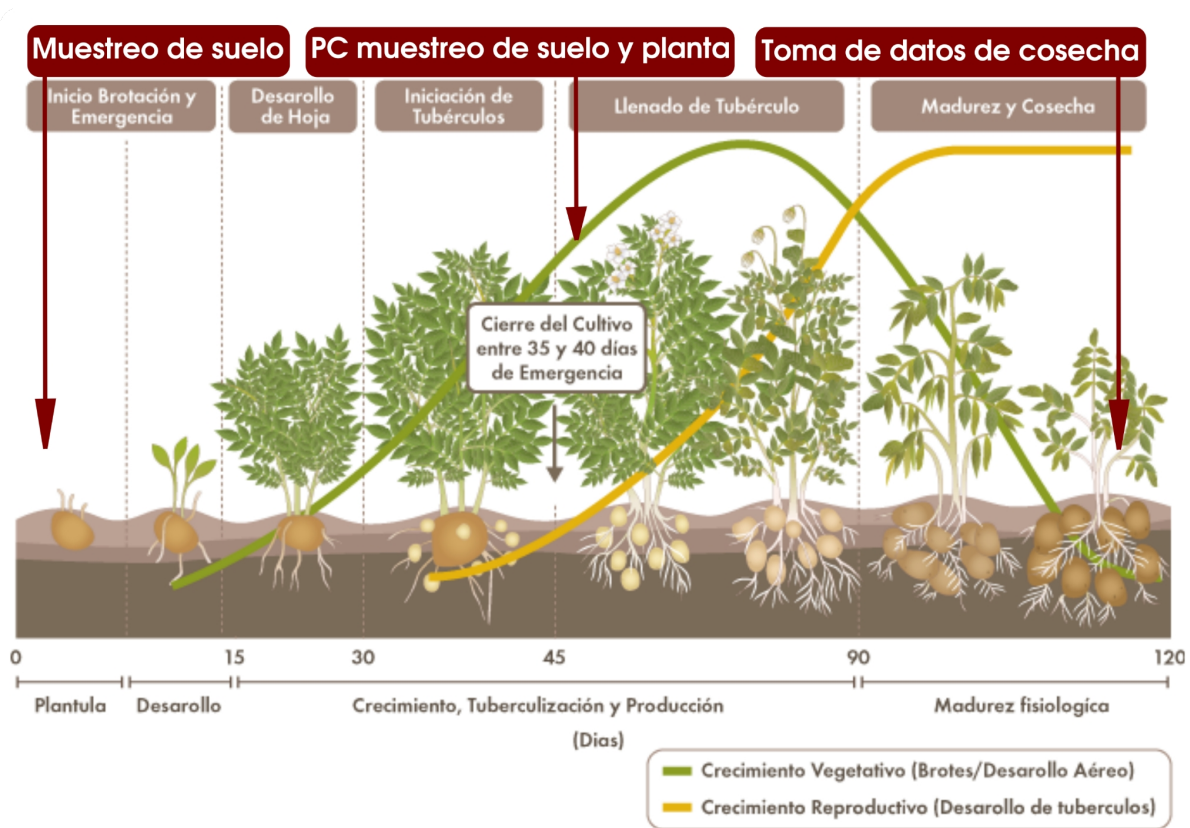


Figura 4: Fenología del cultivo de papa y muestreos (Kilimo, 2017)

Mediciones a nivel de planta

El 20 de febrero del 2020, transitando ya el momento de PC del cultivo, se realizó una medición de fotosíntesis neta en hoja completamente expandida. Para ello se tomaron 3 mediciones por parcela. La tarea de medición se desarrolla en día de elevada actividad fotosintética en planta, es decir día cálido y despejado con buena irradiación solar. Se procedió a elegir hojas en buen estado sanitario y maduras, es decir completamente expandidas y sin síntomas de envejecimiento o senescencia.

El 1 de mayo de 2020 se realizó la cosecha y toma de datos de rendimiento. Se descartó un metro de ambos extremos de cada parcela (para evitar un efecto de borde o extremo), cosechando los 3 metros lineales centrales y registrando peso según tamaño de los tubérculos, entendiendo que el tamaño determina el tipo de comercialización y valor en el mercado. Se clasificaron por tamaño, en “papa” de peso mayor a 80 g correspondiente al tamaño de venta de papa común y “papin” peso menor a 80 g que recibe otra categoría de acuerdo a la clasificación que realizan en la chacra para la venta. En estos 3 metros lineales se realizó una cosecha intensiva con el fin de levantar la totalidad de los tubérculos en cada tratamiento y repetición.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados del ensayo se utilizó el modelo lineal de análisis de varianza (ANOVA) y cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) se realizó la comparación de medias con el test de Tukey, para lo que se utilizó el programa InfoStat (Balzarini et al., 2020).

Previo a correr el ANOVA se procedió a realizar una búsqueda de valores atípicos u outliers que generen deformación en la respuesta a las variables trabajadas, para eliminarlos del análisis estadístico. Luego se verificaron los supuestos del modelo de ANOVA sobre los residuos del modelo: distribución normal, y homogeneidad de varianzas entre tratamientos (homocedasticidad). Se garantiza la independencia de los residuos por el diseño de experimentos realizados. Para ello se procedió a realizar los gráficos QQ-plot de los residuos y diagrama de dispersión de residuos vs predichos (Di Renzo et al., 2008).

RESULTADOS

De acuerdo a las referencias zonales (Tabla 3) las dotaciones de N del suelo previo al ensayo son de medias a altas, y la disponibilidad de P es de igual orden de ponderación.

Tabla 3. Datos de referencia locales y resultados de muestras en suelo del ensayo para N y P. Las primeras 4 filas corresponden a referencia que se adjunta en los análisis de suelos del Laboratorio de INTA Bariloche para suelos de la Comarca Andina. En las últimas 2 filas se agregó el resultado obtenido de las muestras de suelo previo al ensayo, en las cuales N (Norte) corresponde a bloque 1 y S (Sur) a bloque 2.

Muestra	Nivel	N tot %	P (Olsem) ppm
Suelos de CAP 42°	Bajo	<0,1	<10
	Medio	0,1-0,3	10-25
	Alto	>0,3	25-50
	Excesivo	-	>50
Ensayo	Muestra N	0,27 (NH ₄ ⁺ ; 17,36 mg/kg y NO ₃ ; 33,6 mg/kg)	17,9
	Muestra S	0,26 (NH ₄ ⁺ ; 10,08 mg/kg y NO ₃ ; 29,68 mg/kg)	17,7

Rendimiento del cultivo

En la Figura 5 se muestran los rendimientos totales y rendimientos en calidad comercial del cultivo de papa en el momento de la cosecha (ver figura 6). Para los rendimientos totales no se observan diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0,6098). En los rendimientos de papa tamaño comercial, tampoco existen diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0,4910). Aun así puede observarse que el Testigo (T) arrojó en ambos casos un rendimiento inferior a los otros tratamientos (en rendimiento total 2400 kg/ha por debajo del menor rendimiento y en comercial 1600 kg/ha menor) ya que éste no recibió ningún agregado de nutrientes. A su vez se observa que el tratamiento Supermagro+Estiércol (SM+E) supera levemente a los tratamientos Supermagro (SM), Chacra (CH) y Testigo.

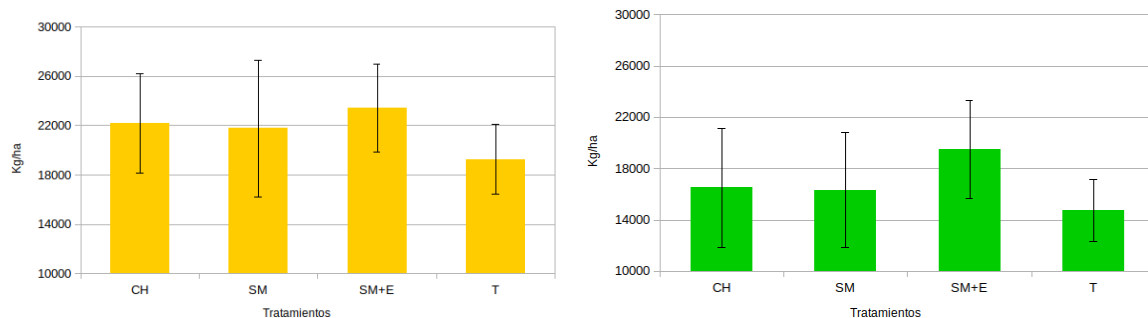


Figura 5. Rendimiento total a cosecha (izquierda) y Rendimiento de papa calidad comercial (derecha). Las diferencias no son significativas (p -valor $> 0,05$) .

Es importante destacar que el ensayo tuvo un efecto significativo de bloque (p -valor **0,0002** dos bloques).



Figura 6. Clasificación de los tubérculos según calidad comercial; papín de peso menor a 80g (izquierda) y papa comercial con peso mayor a 80g (derecha).

Variables de suelo

Respecto a las variables de suelo medidas en el momento crítico de demanda del cultivo, se presentan en las Figuras 7 y 8 los resultados obtenidos en pH y CE de la suspensión en agua (relación 1:2,5). En la primera variable no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (p -valor 0,0749), pero sí en la segunda (p -valor 0,0124). Los tratamientos CH y SM+E expresaron una media más alta, probablemente en respuesta al tipo de abono de base que se aplicó en ambos casos. Se podría afirmar que los valores altos se asocian al aporte de sales de amonio, incorporado en bioorganutsa y en el estiércol, que incrementan la CE.

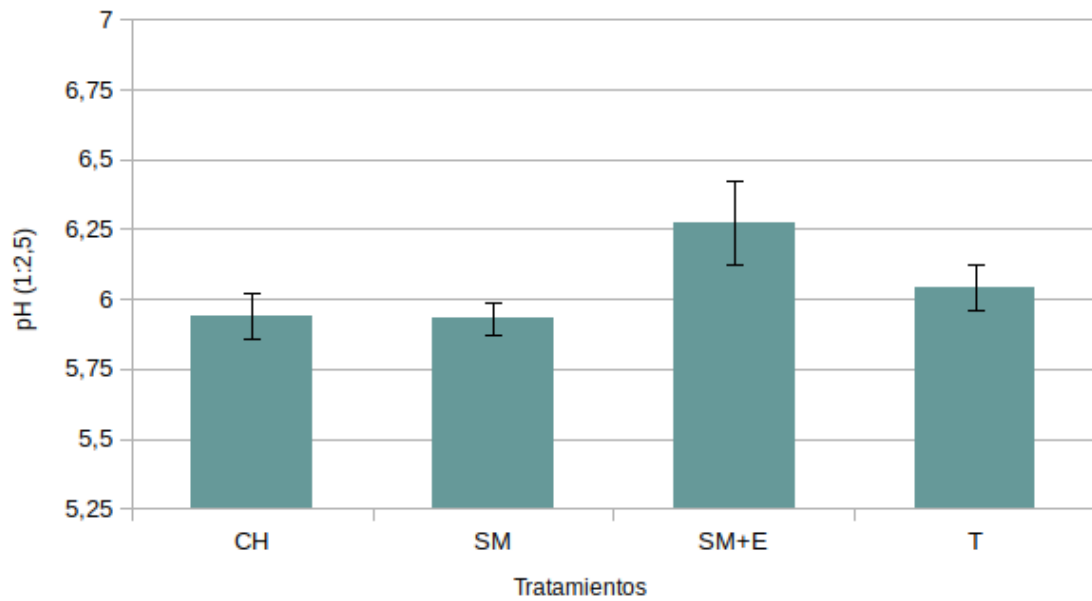


Figura 7. pH en agua, relación 1:2,5 en las muestras de suelo, realizadas en momento de período crítico del cultivo. Las diferencias no son significativas ($p > 0,05$)

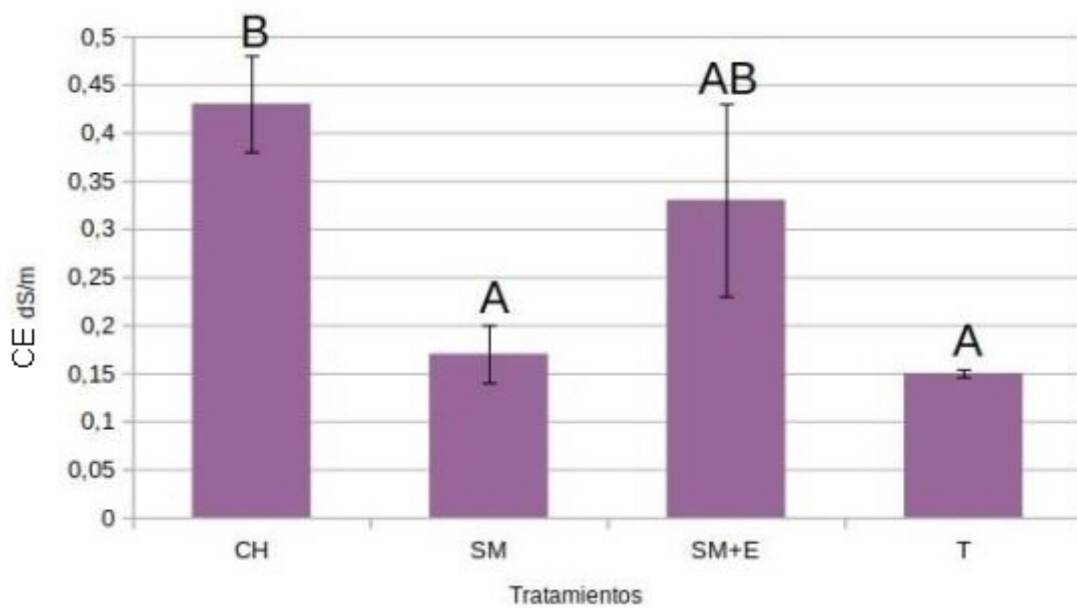


Figura 8. Conductividad eléctrica de la suspensión 1:2,5 en las muestras tomadas en el periodo crítico del cultivo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto de la dotación de nutrientes, se muestran en las figuras 9, 10 y 11 los análisis realizados para evaluar las distintas formas de N total y disponible presentes en el suelo en el momento del muestreo.

En la figura 9 se observa que el nitrógeno total fue superior en los tratamientos SM+E y T aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa (p-valor 0,0750) .

El contenido de amonio no mostró diferencias significativas (p-valor 0,1462) entre los tratamientos (Figura 10). Para el nitrato, el análisis de las muestras arrojó diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0,0096), donde el tratamiento CH arrojó medias superiores a los demás (Figura 11).

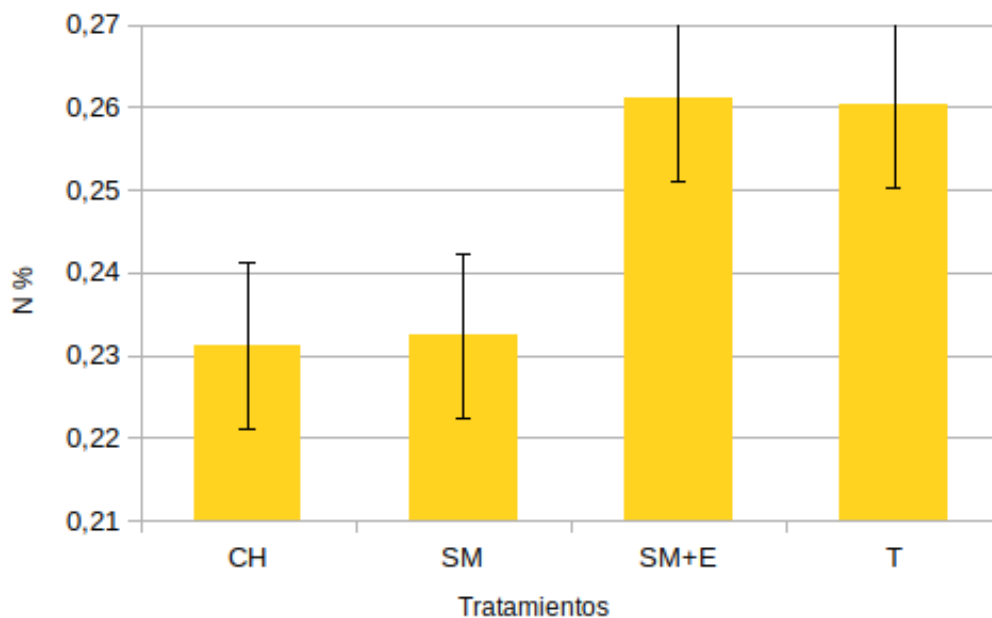


Figura 9. Nitrógeno total en periodo crítico del cultivo. Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

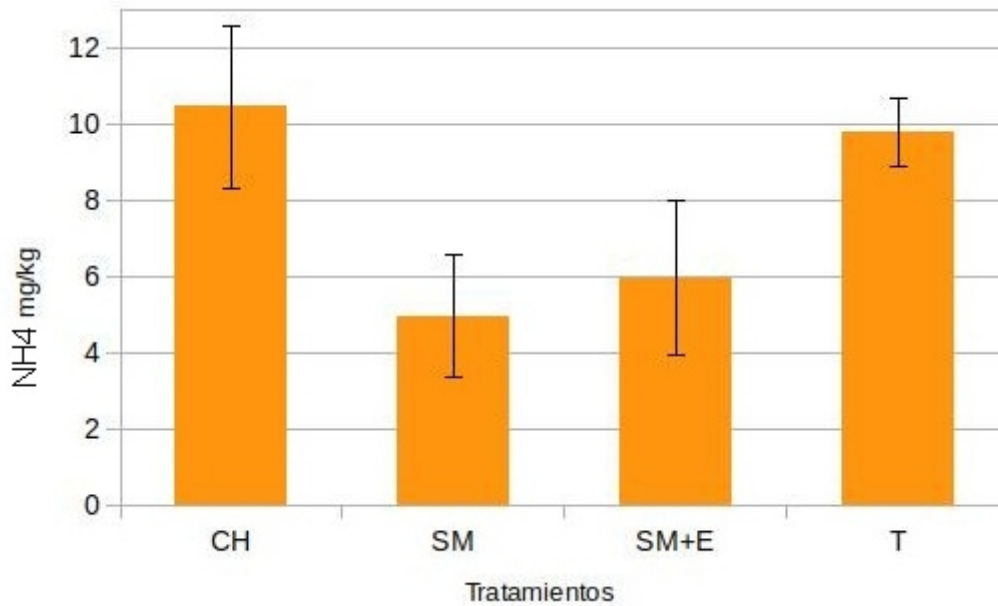


Figura 10. Amonio en suelo en periodo crítico del cultivo. Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

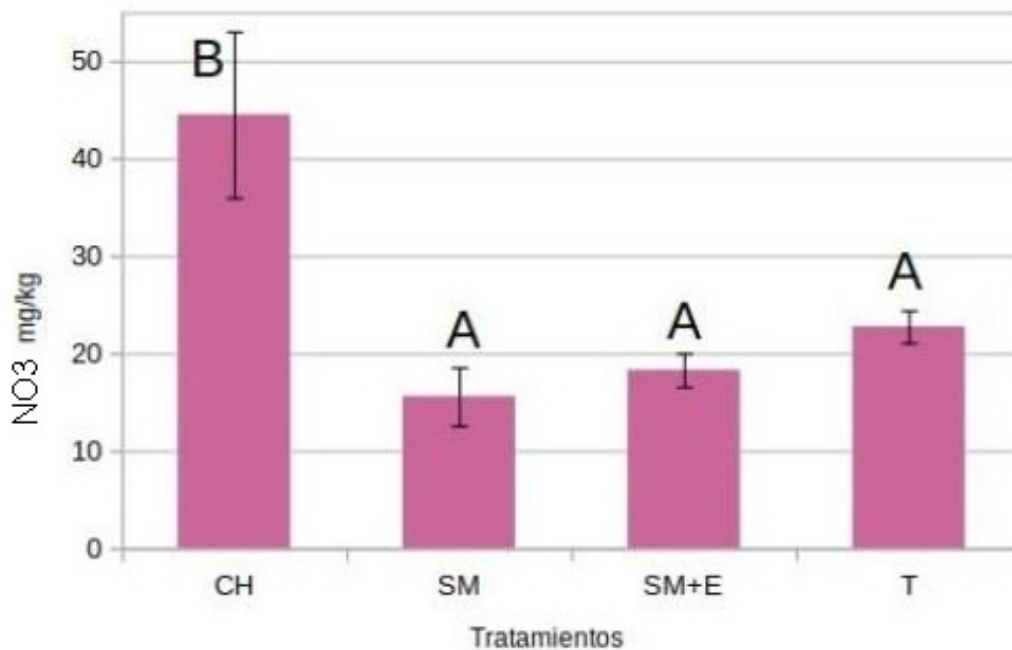


Figura 11. Nitratos en suelo en periodo crítico del cultivo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Se evaluó también la disponibilidad de P en el suelo, que se detalla en la Figura 12, donde no se observan diferencias significativas (p -valor 0,3241), aunque existe una tendencia de valores mayores en el tratamiento CH. Estas parcelas recibieron bioorganutsa, como abono de base, por lo que estos valores

podrían tener relación con el contenido de fósforo que se introdujo con el fertilizante usado.

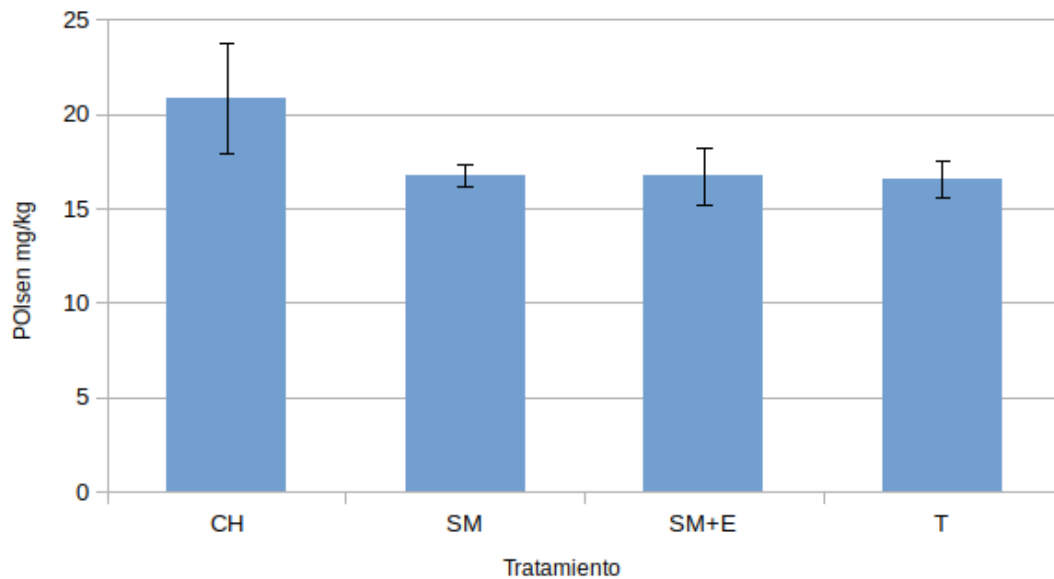


Figura 12. Fósforo disponible en periodo crítico del cultivo. Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p>0.05$).

Actividad biológica del suelo

En la Figura 13 se grafica la respiración de suelo medida en momento crítico de requerimiento de nutrientes del cultivo. Para esta variable se hallaron diferencias estadísticamente significativas con p-valor 0,0429. Se observaron valores mayores en el tratamiento SM+E y menores en el tratamiento SM, mientras que los tratamientos CH y T presentan valores intermedios. La actividad biológica en SM+E, inoculado con el biofertilizante acompañado de materia orgánica mediante el estiércol, fue más elevada al realizar las mediciones a campo. Sigue en escala descendente el tratamiento CH en el que se aplicó bioorganutsa y estiércol. Luego se ubicó el T y por último el tratamiento SM.

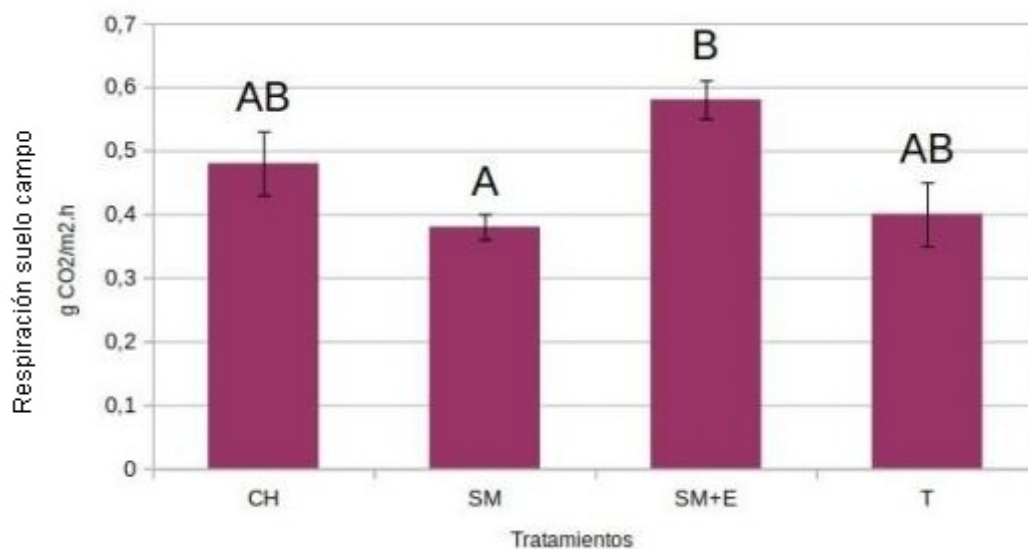


Figura 13. Respiración de suelo a campo en periodo crítico del cultivo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

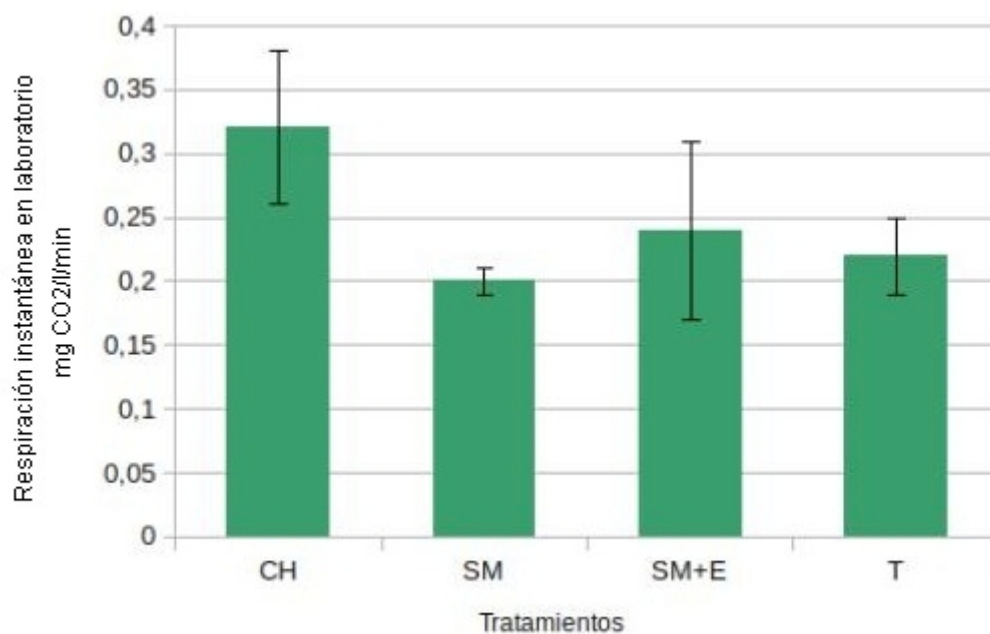


Figura 14. Tasa de respiración instantánea en laboratorio (mg CO₂/l/min). Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

En laboratorio ambas tasas, la respiración instantánea (Figura 14) y la respiración acumulada en incubación de 24 hs (Figura 15) no mostraron diferencias significativas (p -valor 0,3936 y 0,3323). A pesar de eso, en la Figura

15 se repite la misma tendencia que hemos observado en la medición de respiración de suelo a campo: el tratamiento SM+E muestra valores más elevados de actividad biológica. Le siguen los tratamientos CH y SM, con valores similares entre sí y el testigo con menor valor.

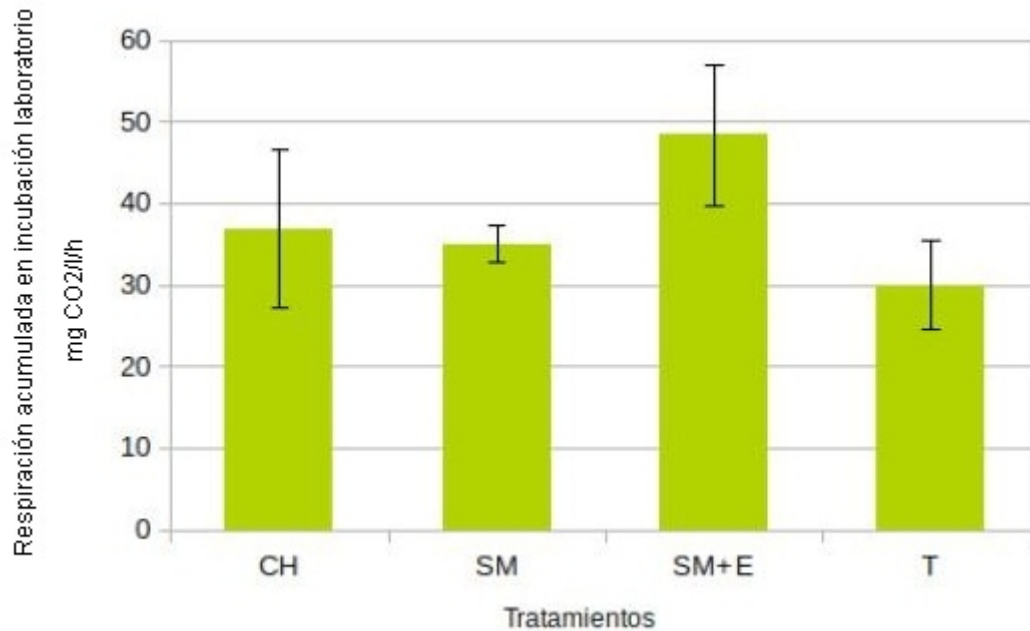


Figura 15. Tasa de respiración acumulada en incubación en 24 hs en condiciones de laboratorio (mg/l/h). Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES



Como se planteó en el objetivo general, en este trabajo se realizó la evaluación del biofertilizante supermagro como una herramienta en el manejo de la nutrición del cultivo de papa. Con tal fin se realizó un ensayo a campo en un predio productivo. Acorde a los objetivos específicos y en función de los intereses de la chacra en donde se llevó adelante el mismo, se evaluó el efecto del biofertilizante con y sin abono de base, en comparación con el sistema de abonado de rutina del establecimiento y un testigo.

En los resultados de rendimiento, no se observaron diferencias significativas a pesar de que el Tratamiento SM+ E arrojó un valor levemente superior.

Respecto al rendimiento, en ensayos realizados en INTA Balcarce, Buenos Aires, se ha determinado un rendimiento de referencia de 50000 Kg/ha (Echeveria, 2014). Los rendimientos de referencia para la Comarca Andina son menores que los expresados anteriormente. Según información facilitada por INTA AER El Bolsón de pruebas realizadas en el campo anexo forestal San Martín Las Golondrinas, se obtuvieron 19400 kg/ha en variedad Spunta y 27400 kg/ha variedad Daifla. En Epuyén 38000 kg/ha en variedad Daifla y en El Hoyo 40000 kg/ha en variedad Spunta, que son los máximos valores que se manejan de referencias locales, que fueron obtenidos con buen abonado y cuidado del cultivo. En comparación con las medias de los rendimientos obtenidos en el ensayo de este trabajo, en la papa calidad comercial se obtuvieron entre 14700-19500 kg/ha y entre 19300-23400 kg/ha para cosecha total, valores que se encuentran más de 10000 kg por debajo de las referencias de máximos rendimientos locales, pero igualan los valores de INTA en Campo Forestal General San Martín, Golondrinas.

Se debe considerar las características de requerimientos del cultivo de papa, en ensayos realizados en Balcarce se ha determinado para una cosecha de 50000 kg/ha, valores de extracciones de 156 kg N/ha y 19 kg P/ha en los tubérculos (Echeveria, 2014).

En el caso del suelo donde se realizó el ensayo, debemos considerar que se trató de un punto de partida de provisión nutricional mediana a alta, tal como puede verse en la Tabla 3, donde están los resultados del sitio del ensayo acompañados de referencias locales. Para realizar el cálculo de nutrientes, la chacra facilitó un valor de densidad aparente proveniente de estudios que

realizan en los suelos de su predio productivo de 0,9 Tn/m³. La disponibilidad de nutrientes en el sitio del ensayo obtenida por medio de muestreo de suelo y análisis en laboratorio arrojó valores de nitrógeno de 69,04 kg N disponible/ha y 53,68 kg N disponible/ha, considerando el 2% de mineralización anual (Echeverría y García, 2014) los valores llegan en la parcela Norte a 140,58 kgN/ha y en parcela Sur 122,81 kgN/ha. Mientras que para el fósforo 24,16 kg P disponible/ha y 23,89 kg P disponible/ ha. Se observa que los valores de oferta de nutrientes en contraste con los requerimientos que informan los ensayos en Balcarce, no son de características limitantes, lo que podría haber aportado al achatado de las diferencias entre tratamientos.

Es relevante mencionar que la Conductividad Eléctrica de las muestras arrojó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando un valor elevado para el tratamiento "Chacra". Se debe recordar que dicho tratamiento recibió el fertilizante Bioorganutsa, que según informa la cartilla descriptiva del producto, es una "mezcla física de guanos (Estiércoles) tratados con harina de sangre roca fosfórica y ceniza de cáscara de girasol" (Monferran, 2021) pudiendo ser la causante del valor relativamente más elevado de conductividad la incorporación de diferentes sales provenientes de la degradación en suelo del fertilizante. Este valor significativo del tratamiento 1 (Chacra), no se refleja en la tendencia de los valores de rendimientos que se viene buscando explicar.

En cuanto a los valores de pH, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos que requieran análisis, lo que era esperable por el tipo de abonos utilizados.

En el ensayo se esperaba visualizar un efecto más claro sobre los nutrientes totales o disponibles: fijación del N, solubilización del fosfato insoluble, solubilización de K como en oligoelementos, liberación de Fe y Zn (Naik K. et al., 2019). Se espera que la actividad de los biofertilizantes influya en el ecosistema del suelo y produzca sustancias suplementarias para las plantas (Suhag, 2016). Pero esos efectos no se lograron visualizar en las mediciones que se realizaron, probablemente por el hecho de partir de un suelo con buena dotación de nutrientes.

En la dotación de Nitrógeno total, no se observaron diferencias significativas o que permitan inferir en un efecto en el rendimiento. En cuanto a nitrógeno disponible, conformado por formas inorgánicas minerales como amonio, nitrito y nitrato que se producen continuamente en el suelo por procesos de mineralización y son la fuentes de nutrientes para los vegetales amonio y nitratos (Frioni, 2006), donde podríamos esperar una repercusión sobre el rendimiento, tampoco hay diferencias a favor del tratamiento SM+E. Al contrario, otro

tratamiento tuvo más nutrientes significativamente superiores (el tratamiento CH) y eso no repercutió en mejores rendimientos. Siguiendo la línea de lo planteado por (Echeverría y García, 2014) el reconocimiento de que los microorganismos edáficos cumplen roles de importancia para la movilización de nutrientes, ha permitido que el curso de las investigaciones se haya dirigido a incrementar la nutrición y crecimiento de los cultivos a través de la manipulación microbiana en los suelos. Fue lo buscado en el ensayo mediante los Biofertilizantes: incrementar el suministro de los nutrimentos por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N_2 , la solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos (Díaz et al., 2012). En los resultados obtenidos para el Amonio no se observan diferencias significativas, mientras que para el Nitrato, el análisis sí arrojó diferencias, observándose un valor elevado en el tratamiento de Chacra (CH) el cual recibió como fertilizante Bioorganutsa, con un aporte de guanos tratados con harina de sangre (Monferran, 2021), entre otras cosas, que podría explicar el elevado nivel de Nitrato en las muestras correspondientes a estas parcelas. Estos niveles de Nitrato significativos, tampoco permiten explicar la tendencia en el rendimiento. Por último (Echeverría y García, 2014) mencionan que el incremento de los rendimientos de los cultivos asociado a la inoculación con microorganismos es variable y dependiente del suelo (por su capacidad de suministro de N por mineralización) y la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno provenientes de cultivos anteriores.

Respecto al fósforo, constituye el segundo elemento en importancia para los vegetales y microorganismos por formar moléculas ricas en energía; ATP, UTP y otras (Frioni, 2006). Y según la misma autora, la mineralización del fósforo orgánico depende en primer lugar de la actividad de los microorganismos. Aun así en el ensayo no se observaron diferencias significativas en los niveles de fosfato correspondientes a las parcelas que recibieron el biofertilizante, aunque existe una tendencia de valores mayores en el tratamiento CH que recibió bioorganutsa, lo cual podría tener relación con el aporte de fósforo que recibió mediante el fertilizante usado.

Respecto a la variable respiración, se encontró que fue mayor en el tratamiento con Biofertilizante, pero sólo lo fue en el tratamiento que contenía un abonado de base, es decir SM+E. En este caso tenemos una variable que parece asociarse a la tendencia de los rendimientos. La medición de actividad biológica mediante la variable respiración, se correlaciona con el contenido de materia orgánica, humedad y prácticas de manejo. Pero se incluye el CO_2 de la mesofauna y de las raíces, resultando difícil distinguir la contribución de cada uno en ensayos de campo. La actividad in situ se determina evaluando volúmenes conocidos de la atmósfera sobre una superficie determinada de terreno (Frioni, 2006).

La respiración a campo mostró valores significativamente mayores en el tratamiento SM+E y menores en el tratamiento SM, mientras que los tratamientos CH y T presentan valores intermedios. Según expresa (Cerón Rincón y Aristizábal, 2012), la estructura de las comunidades responde de manera positiva a los contenidos de materia orgánica; las respuestas del potencial funcional microbiano a los cambios en las fracciones orgánicas y minerales de los suelos, han tenido correlación con una mayor actividad en los suelos, con la disponibilidad de los elementos e incluso, en algunos casos, con la productividad de los cultivos. Esto podría indicar que la actividad biológica en SM+E, el suelo que fue inoculado con el biofertilizante y que a su vez recibió un aporte de materia orgánica y microorganismos mediante el estiércol, fue más elevada en el momento en el que se realizaron las mediciones a campo. Si consideramos que “la comunidad de organismos del suelo es indispensable para la productividad de las plantas y el funcionamiento ecológico de los suelos”, debido a que “la red trófica del suelo convierte formas orgánicas de N, P y S en formas minerales que son absorbidas una vez más por las plantas superiores” (Raymond, 2016). Se podría esperar que esta diferencia significativa que expresa mayor actividad biológica, a su vez se traduzca en mayor provisión de nutrientes y se refleje en una influencia en el rendimiento del cultivo. Ello podría ser un factor que participe en el resultado de rendimientos y explique en parte la tendencia observada en el cultivo para el tratamiento SM+E como se observó en la Figura 5.

De lo planteado en el párrafo anterior, surge una observación: si la aplicación de un biofertilizante no está acompañada por un aporte de sustrato para acompañar la actividad biológica que se está procurando estimular, los resultados no estarían siendo sostenidos en el tiempo, es decir la actividad pudo haber sido elevada hasta que el sustrato orgánico comienza a ser más limitado.

La tasa de respiración acumulada en laboratorio no mostró diferencias significativas entre los tratamientos pero se pueden leer las mismas tendencias de sus medias que en la respiración a campo.

Los resultados del ensayo presentaron una gran variabilidad en las mediciones arrojadas dentro de cada tratamiento en muchas de las variables. Teniendo en cuenta que el ensayo se llevó a cabo en suelos con muy buen potencial productivo, es llamativo que los rendimientos obtenidos están prácticamente igualados a los reportados por INTA en sus ensayos en Campo Forestal General San Martín, Golondrinas, donde se presentan limitantes de suelo más fuertes.

Hay diferentes aspectos que se fueron observando a lo largo del mismo y podrían explicar esta variabilidad e incluso haber participado en la reducción de los rendimientos y achatar las respuestas arrojadas.

Riego:

El ensayo fue diseñado en dos camellones Sur y Norte, que contenían el mismo número de repeticiones por tratamiento. El sistema de riego fue instalado por la chacra siguiendo el manejo del sector de cultivos donde se localizaba, el cual era por aspersión. Se observó que el desarrollo que tomaron las plantas en un bloque y el otro, fue considerablemente diferente entre ambos. El mayor desarrollo coincidió con el bloque que se encontró más cercano a los aspersores, mientras que en contiguo bloque fue menor, poniendo en la mira la forma en la que se distribuyó el agua.

Sanidad:

La aparición de Tizón en las plantas del ensayo fue un factor que se reflejó directamente en el rendimiento del cultivo. La enfermedad Tizón Temprano causada por *Alternaria solani*, es un hongo de suelo que suele ser arrastrado por semilla infectada. La condición de hongo de suelo lo hace de muy difícil control y a los efectos del ensayo no se pudo contener los efectos que se produjeron en el cultivo.

Malezas:

El lote presentaba desde su inicio la especie espontánea *Convolvulus arvensis* L. “*corregúela* ” planta herbácea perenne, rastrera trepadora. Continuamente se realizó control de su crecimiento mediante labores culturales manuales, aunque en los extremos Oeste de ambos bloques fue complejo mantener su crecimiento alejado del cultivo, ocurriendo momentos en los que la enredadera se terminaba trepando y abarcando toda la superficie a una velocidad extraordinaria.

Sin dudas enmarcar un ensayo dentro de una chacra, lo hace verdaderamente interesante por interactuar el experimento con el entorno real, es decir a campo y donde la producción agropecuaria se realiza. Se da lugar de esta manera, como menciona Aguerre et al. (2016), a un proceso de co-innovación en el que se busca la construcción de conocimientos en conjunto con diferentes actores (estudiantes universitarios, productores y docentes que forman parte de instituciones locales), como también el trabajo de co-diseño y co-construcción del experimento. El interés de agricultores/as en llevar a la práctica herramientas que no estén sostenidas en la importación de nutrientes provenientes de otras zonas (estiércol de la estepa), a su vez que cuiden y enriquezcan los suelos sobre los

que desarrollan sus producciones, debe tenerse en cuenta. Y debe ser acompañado con experimentos que permitan entender cómo funcionan localmente y cómo podemos aportar a ese impulso. El cual forma parte de un nuevo enfoque biológico de agricultura a nivel mundial.

Es interesante destacar que este trabajo deja abiertas muchas preguntas. El incremento en la respiración para el tratamiento SM+E es un resultado en sí mismo. El biofertilizante pretende inocular el suelo con microorganismos esperando que la actividad en dicho suelo se incremente, y esto tuvo un resultado positivo y fue observado en resultados del ensayo. Aun así, esto no permitió observar que dicha población microbiana genere incremento en nutrientes disponibles. En suelos como los analizados en este trabajo es probable que sea necesario diseñar experimentos más controlados, que permitan reducir la variabilidad en los parámetros medidos, para profundizar el estudio de estos procesos.

BIBLIOGRAFÍA



-AdminFertilizer, 24 Enero, 2018. Biofertilizantes, conceptos fundamentales. Fertilizante.info. <http://www.fertilizante.info/biofertilizantes-conceptos-fundamentales/>

-AGUERRE V., ALBICETTE M. M., BORTAGARAY I., SCARLATO S., 2016. Co-innovación para promover sistemas ganaderos familiares más sostenibles en Uruguay. Análisis de tres años de cambios en la dimensión social de la sostenibilidad. REVISTA LATINOAMERICANA DE ESTUDIOS RURALES I. ISSN 2525-1635

-ALTIERI M. A., NICHOLLS C. I., 2013. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Agroecología 7 (2): 65-83

-ARIF I., BATOOL M., SCHENK P. M., 2020. Plant Microbiome Engineering: Expected Benefits for Improved Crop Growth and Resilience. Cell Press Reviews. Trends in Biotechnology. Australia. Cell Press Reviews. Vol. 20, No. 20.

-BALZARINI M.G., CASANOVES F., DI RIENZO J.A., GONZALEZ L., ROBLEDO C.W., TABLADA M., InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- BARRAZA TORRES O., OVALLE TORRES B. S., PEÑA PEÑA B., 2019. Producción y caracterización de Bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. **Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería A.C. Distrito Federal, Mexico.** URL <http://www.anfei.org.mx/revista>

-BUSCOT F. y VARMA A., 2005. Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. India. Springer, Printed in Germany.

- CARDOZO A. G., GASPARETTI A. F., SISÓN CÁCERES L. A., VENEGAS JAQUE P., 2021. Elaboración de Biopreparados a partir de microorganismos del bosque para la producción frutihortícola de la Comarca Andina del paralelo 42°. COMUNICACIÓN TÉCNICA N°91 AGENCIAS DE EXTENSIÓN RURAL AER El Bolsón. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Patagonia Norte. Series: Comunicaciones Técnicas ISSN 1667-4006

-CERÓN RINCÓN L. E., ARISTIZÁBAL GUTIÉRREZ F. A., 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XIV, núm. 1, julio, 2012, pp. 285-295, Colombia.

-DIAZ FRANCO A., GRAGEDA CABRERA O. A., PEÑA CABRIALES J. J., VERA NUÑEZ J. A., 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura* Impact of biofertilizers in agriculture. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.6 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1261-1274. Celaya, Guanajuato, México.

-DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W., 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina

-ECHEVERRÍA H. y GARCÍA F., 2014. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. INTA Ediciones. Buenos Aires.

-FERREIRA C. M. H., SOARES H. M. V. M., SOARES E. V., 2019. Promising bacterial genera for agricultural practices: An insight on plant growth-promoting properties and microbial safety aspects. Elsevier, Science of the Total Environment 682 (2019) 779–799. Portugal.

-FORBES G. y PEREZ W., 2011. Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. Centro Internacional de la Papa (CIP). 44 pags.

-FRIONI Lilian, 2006. Microbiología: Básica, ambiental y agrícola. Universidad de la República Oriental del Uruguay - Facultad de Agronomía. ISBN: 9974-0-0290-7. Montevideo, Uruguay.

-GABA S., PHILIPPOT L., BRETAGNOLLE F., RIGAUD T., 2014. Managing biotic interactions for ecological intensification of agroecosystems. Frontiers in Ecology and Evolution, June 2014 | Volume 2, Article 29. Francia.

-GARCÍA F. O., 2007. Intensificación Ecológica de los Sistemas de Producción de la Región Pampeana de Argentina. International Plant Nutrition Institute IPNI, Programa Latinoamerica-Cono Sur. Congreso Latinoamericano de Ciencias del Suelo CLACS 2007. Presentado al XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo – SLCS – León, Guanajuato, México – 17 al 21 de Septiembre de 2007.

-GAZZANO I., ACHKAR M., 2014. Transformación territorial: análisis del proceso de intensificación agraria en la cuenca del área protegida Esteros de Farrapos, Uruguay. Revista Brasileira de Agroecología Rev. Bras. de Agroecología. 9(2): 30-43 (2014) ISSN: 1980-9735.

- INTA Instituto de Tecnología Agropecuaria , Agencia de Extensión Rural AER El Bolsón, 2018. Taller Biopreparados, Cartilla de difusión.

- INOSTROZA F. J., MÉNDEZ P. L., ESPINOZA N. N., ACUÑA B. I., NAVARRO P. D. G., CISTERNAS E. A., LARRAÍN P. S., 2017. Manual del cultivo de la papa en Chile. Boletín Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) / N° 10 INIA - INDAP, Santiago, Chile. ISSN 0717 - 4829.

-JUSCAMAITA J. M., MEDINA A. V., QUIPUZCO L. U., 2014. Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. ISSN 2519-7398

- **KILIMO, 2017**, Manejo del riego en cultivos de papa, diagrama de fenología del cultivo de papa. <https://medium.com/@AgroKilimo/manejo-del-riego-en-cultivos-de-papa-743409c4377e>, (revisión Diciembre 2019).
- **KOUR D., RANA K. L., YADAV A. N., YADAV N., KUMAR M., KUMAR V., VYAS P., DHALIWAL H. S., SAXENA A. K., 2020**. Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. Elsevier, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 23 (2020) 101487. India.
- **MARDONES A., 2020**. Trabajo Final Lic. en Agroecología UNRN. "Determinación del efecto de la aplicación de un biol en el rendimiento de Eruca sativa y Beta vulgaris var. cicla. Paralelo 42°S".
- SUHAG M., 2016**. Potential of Biofertilizers to Replace Chemical Fertilizers. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 3, Issue 5, May 2016, ISSN (Online) 2393-8021, India.
- **MONFERRAN L. E. Ing Agr. DAASONS S.A., Bio-Organutsa, Hoja de seguridad material safety data sheet (M.S.D.S.) (revisión Enero 2021).** https://nanopdf.com/download/b-daasons-4_pdf
- **NAIK K., MISHRA S., SRICHANDAN H., SINGH P. K., SARANGI P. K., 2019**. Plant growth promoting microbes: Potential link to sustainable agriculture and environment. Elsevier, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 21 (2019) 101326. India.
- OSMAN A. M., CISTERNA J. S., 2022**. Manual del manejo orgánico del nogal. Boletín INIA N° 454, 110 p. Capítulo 3, Manejo orgánico de la fertilidad del suelo en un huerto de nogal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Cruz, Región de Valparaíso. Chile.
- **PRIMAVESI A., 1980**. Manejo Ecológico del Suelo, Livraria Novel S.A. Sao, impreso en Brasil.
- **PUERTA PIÑERO C., RODRIGUEZ NAVARRO E. , 2019**. Redes tróficas en sistemas agrarios, Asociación Española de Ecología Terrestre, Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente, 28(3): 1-2 (Septiembre-Diciembre 2019), ISSN 1697-2473.
- RAYMOND R. W. y NYLE C. B., 2017**. The Nature and Properties of Soils. Pearsons Education. ISBN 978-0-13-325448-8. Harlow, England.
- **REQUENEZ ALVARADO E. R., BONILLA MIRANDA E. R., LÓPEZ CHEVEZ F. P., 2019**. Evaluación de dos tipos de fertilizantes foliares orgánicos (Súper magro, MM líquido) + un testigo en el rendimiento del cultivo del Tomate (*Lycopersicon Esculentum*). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Juigalpa, Chontales, Nicaragua.
- **RESTREPO R. J., 2007**. Manual Práctico: El A,B,C, de la agricultura orgánica y harina de rocas. Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS). Managua, Nicaragua.
- **SATORRE E., 2003**. *Producción de granos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.

- SIFUENTES IBARRA E., OJEDA BUSTAMANTE W., MENDOZA PEREZ C., MACIAS CERVANTES J., RÚELAS ISLAS J. R. y INZUNA IBARRA M. A., 2013. Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el "Valle del Fuerte", Sinaloa, México. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas, vol.4 no.4 Texcoco may./jun. 2013.

- SPARKS D.L., PAGE A.L., HELMKE P.A., LOEPPERT R.H., SOLTANPOUR P.N., TABATABAI M.A., JOHNSON C.T. y SUMNER M.E. (Eds.). 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. SSSA Book Series N° 5. SSSA, ASA, Madison, Wisconsin, EEUU.

-STRUIK P. C. y KUYPER T. W., 2017. Sustainable intensification in agriculture: the richer shade of green. A review. Agron. Sustain. Dev. Netherlands. 37:39 DOI 10.1007/s13593-017-0445-7

-TITTONELL P., 2013. Hacia una intensificación ecológica de la agricultura para la seguridad y soberanía alimentaria mundial. AE. Revista Agroecológica de Divulgación, Nro 14, Pag 10-12. Impreso en España.

Anexo

Tablas de resultados del análisis estadístico en Infostat

Rendimientos Cosecha Totales

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Rendimiento Cosecha Total ..	16	0,75	0,66	20,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	634527589,91	4	158631897,48	8,31	0,0024
Tratamiento	36154413,03	3	12051471,01	0,63	0,6098
Bloque	5598373176,88	1	98373176,88	31,35	0,0002
Error	209925967,01	11	19084178,82		
Total	844453556,92	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9296,57528

Error: 19084178,8195 gl: 11

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
T	19283,33	4	2184,27	A
SM	21769,17	4	2184,27	A
CH	22184,17	4	2184,27	A
SM+E	23421,67	4	2184,27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Rendimientos papa comercial

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento Cosecha papa c..	16	0,75	0,65	25,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	588481878,09	4	147120469,52	8,07	0,0027
Tratamiento	46988978,09	3	15662992,70	0,86	0,4910
Bloque	541492900,00	1	541492900,00	29,69	0,0002
Error	200617514,92	11	18237955,90		
Total	789099393,02	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9088,12585

Error: 18237955,9020 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T	14741,67	4	2135,30	A
SM	16334,17	4	2135,30	A
CH	16528,33	4	2135,30	A
SM+E	19487,50	4	2135,30	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4699,75477

Error: 18237955,9020 gl: 11

Bloque	Medias	n	E.E.	
2	10955,42	8	1509,88	A
1	22590,42	8	1509,88	B

pH (1:2,25)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ph (1:2,5)	16	0,51	0,33	3,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,39	4	0,10	2,88	0,0741
Tratamiento	0,31	3	0,10	3,03	0,0749
Bloque	0,08	1	0,08	2,42	0,1481
Error	0,38	11	0,03		
Total	0,77	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39327

Error: 0,0342 gl: 11

Tratamiento	Mediasn		E.E.	
SM	5,93	4	0,09	A
CH	5,94	4	0,09	A
T	6,04	4	0,09	A
SM+E	6,27	4	0,09	A

CE (dS/m)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CE (dS/m)	16	0,64	0,50	41,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,24	4	0,06	4,82	0,0172
Tratamiento	0,22	3	0,07	5,82	0,0124
Bloque	0,02	1	0,02	1,82	0,2039
Error	0,14	11	0,01		
Total	0,37	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23632

Error: 0,0123 gl: 11

Tratamiento	Mediasn		E.E.	
T	0,15	4	0,06	A
SM	0,17	4	0,06	A
SM+E	0,33	4	0,06	A B
CH	0,43	4	0,06	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12221

Error: 0,0123 gl: 11

Bloque	Mediasn	E.E.		
2	0,23	8	0,04	A
1	0,31	8	0,04	A

N tot % (mineral + orgánico)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ntot %	16	0,46	0,27	8,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	4,2E-03		4	1,1E-03	2,36	0,1170
Tratamiento	4,1E-03		3	1,4E-03	3,03	0,0750
Bloque	1,6E-04		1	1,6E-04	0,35	0,5664
Error	4,9E-03		11	4,5E-04		
Total	0,01	15				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04500

Error: 0,0004 gl: 11

Tratamiento	Mediasn	E.E.		
CH	0,23	4	0,01	A
SM	0,23	4	0,01	A
SM+E	0,26	4	0,01	A
T	0,26	4	0,01	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02327

Error: 0,0004 gl: 11

Bloque	Medias	n	E.E.	
1	0,24	8	0,01	A
2	0,25	8	0,01	A

NH₄⁺ mg/kg amonio

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NH ₄ ⁺ mg/kg	14	0,44	0,19	45,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	86,48	4	21,62	1,74	0,2248
Tratamiento	85,60	3	28,53	2,30	0,1462
Bloque	4,03	1	4,03	0,32	0,5830
Error	111,78	9	12,42		
Total	198,26	13			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,40276

Error: 12,4199 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SM	4,97	4	1,76	A
SM+E	5,79	3	2,06	A
T	9,98	3	2,06	A
CH	10,47	4	1,76	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,26135

Error: 12,4199 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
1	7,25	7	1,36	A
2	8,35	7	1,36	A

NO3 mg/kg nitrato

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NO3 mg/kg	13	0,74	0,61	32,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1564,16	4	391,04	5,78	0,0173
Tratamiento	1563,92	3	521,31	7,71	0,0096
Bloque	0,16	1	0,16	2,4E-03	0,9620
Error	540,96	8	67,62		
Total	2105,12	12			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=20,81837

Error: 67,6200 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SM	15,63	3	4,81	A
SM+E	18,33	3	4,81	A
T	22,75	4	4,11	A
CH	44,56	3	4,81	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,81034

Error: 67,6200 gl: 8

Bloque	Mediasn		E.E.	
1	25,20	8	2,91	A
2	25,43	5	3,75	A

POI (mg/kg) Fósforo Disponible

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
POlsen(mg/kg)	15	0,30	0,03	19,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55,03	4	13,76	1,10	0,4095
Tratamiento	49,37	3	16,46	1,31	0,3241
Bloque	4,51	1	4,51	0,36	0,5620
Error	125,41	10	12,54		
Total	180,44	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,97378

Error: 12,5411 gl: 10

Tratamiento	Mediasn		E.E.	
T	16,53	4	1,77	A
SM	16,80	4	1,77	A
SM+E	16,92	3	2,07	A
CH	20,83	4	1,77	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,08378

Error: 12,5411 gl: 10

Bloque	Mediasn		E.E.	
2	17,21	8	1,25	A
1	18,32	7	1,36	A

Respiración de suelo a campo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Respiración de suelo g CO₂..15 0,54 0,36 18,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	4	0,02	2,98	0,0732
Tratamiento	0,09	3	0,03	3,94	0,0429
Bloque	5,9E-05		1	5,9E-05	0,01 0,9315
Error	0,08	10	0,01		
Total	0,17	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19551

Error: 0,0075 gl: 10

Tratamiento	Mediasn	E.E.
SM	0,38 3	0,05 A
T	0,40 4	0,04 A B
CH	0,48 4	0,04 A B
SM+E	0,58 4	0,04 B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10013

Error: 0,0075 gl: 10

Bloque	Mediasn	E.E.
2	0,46 8	0,03 A
1	0,46 7	0,03 A

Tasa de respiración mg//min (humectación e incubación de la muestra 24hs)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa de respiración mg//m..	16	0,23	0,00	41,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	4	0,01	0,84	0,5278
Tratamiento	0,03	3	0,01	1,09	0,3936
Bloque	9,0E-04		1	9,0E-04	0,09 0,7714
Error	0,11	11	0,01		
Total	0,15	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21435

Error: 0,0101 gl: 11

Tratamiento	Mediasn	E.E.
-------------	---------	------

SM	0,20	4	0,05	A
T	0,22	4	0,05	A
SM+E	0,24	4	0,05	A
CH	0,32	4	0,05	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11085

Error: 0,0101 gl: 11

Bloque	Mediasn		E.E.	
2	0,24	8	0,04	A
1	0,25	8	0,04	A

Tasa de Respiración Acumulada 1° incubación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa acumulada mg/l/h 1° i..	16	0,34	0,09	36,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1062,43	4	265,61	1,39	0,3010
Tratamiento	730,10	3	243,37	1,27	0,3323
Bloque	332,33	1	332,33	1,74	0,2145
Error	2106,94	11	191,54		
Total	3169,37	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=29,45210

Error: 191,5403 gl: 11

Tratamiento	Mediasn		E.E.	
T	29,93	4	6,92	A
SM	35,04	4	6,92	A
CH	36,84	4	6,92	A
SM+E	48,40	4	6,92	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,23061

Error: 191,5403 gl: 11

Bloque	Mediasn		E.E.	
1	33,00	8	4,89	A
2	42,11	8	4,89	A

Tasa de Respiración Acumulada 2° incubación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa acumulada mg/l/h 2° i..	16	0,34	0,11	40,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1115,35	4	278,84	1,45	0,2833
Tratamiento	805,51	3	268,50	1,39	0,2966
Bloque	309,85	1	309,85	1,61	0,2310
Error	2120,40	11	192,76		
Total	3235,75	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=29,54601

Error: 192,7636 gl: 11

Tratamiento	Mediasn	E.E.
T	27,61 4	6,94 A
SM	29,17 4	6,94 A
CH	33,45 4	6,94 A
SM+E	45,70 4	6,94 A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,27917

Error: 192,7636 gl: 11

Bloque	Mediasn	E.E.
1	29,58 8	4,91 A
2	38,38 8	4,91 A