

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CARRERA DE MICROBIOLOGÍA

Propuesta de mejoramiento de suelos para su uso en huertos urbanos de agricultura orgánica.

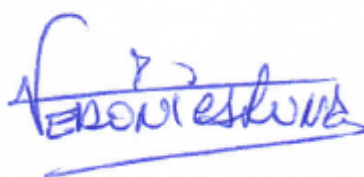
Disertación previa a la obtención del título de Microbióloga

ANDREA CAROLINA CLAVIJO ANDRADE

Quito, 2022

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Disertación de Microbiología de la Srta. Andrea Carolina Clavijo Andrade ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Verónica Luna', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Mtr. Verónica Luna

Directora de la Disertación

Quito, 24 de febrero de 2023

DEDICATORIA

A mi Padre Rubén, por haberme apoyado a terminar mi carrera universitaria, pese a no estar de acuerdo supo confiar en mí y en mi capacidad como profesional.

A mi madre Fernanda, por su comprensión y aliento para seguir adelante en cada momento.

A mis abuelitos Maternos Marco y Fanny por todo su amor y cariño.

A mis abuelitos Paternos Guillermo y Panchis por cuidarme y ayudarme a lo largo de mi vida universitaria.

A todos mis tíos, tías, primos y familia que estuvieron pendientes de mí y confiaron en mis capacidades.

A mi Aura y Baby que me acompañaron en las largas noches de desvelo y supieron mantenerme despierta cuando más lo necesité.

A mis amigos, que supieron alentarme para continuar con esta montaña rusa y no darme por vencida a la primera. En especial a mi Emilex, que en los momentos más difíciles nunca me dejó sola.

A todos los profesores de la carrera de Microbiología, Verónica Luna, Elena Granda, Jennifer Yáñez, Diana Astorga, Magaly Estrella, Fernando Santacruz y Martín Marcial, que impartieron sus conocimientos y poco a poco formaron una gran profesional

Con amor,

Caro.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y abuelitos por siempre apoyarme y alentarme a seguir adelante. Gracias por no dudar en mí en cada paso, pese a sus dudas sobre si escogí una carrera adecuada porque no entendían muy bien lo que implica ser Microbióloga.

A la Mgtr. Verónica Luna, directora del presente artículo, por ser guía y maestra durante todas las fases de la presente investigación. Muchas gracias por confiar en mí y permitirme realizar este proyecto.

A la PhD. Anita Gordillo, en su aporte intelectual para concluir este proyecto y ser una importante guía y apoyo a lo largo de la investigación.

A Bolívar Salas y a todo el equipo de la sala de preparaciones de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE por su apoyo logístico y académico en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad.

Al Ing. Bryan Bonilla y a AGRUPAR por el apoyo brindado con detalles de logística y de conocimientos en la parte agrícola de la investigación.

A la señora Fanny por permitirme realizar este experimento en sus campos de cultivos y ser gran apoyo técnico al momento de preparar los suelos y cultivar las lechugas.

Un enorme agradecimiento a la profesora Diana Astorga por preocuparse y apoyarme a acabar esta investigación.

A mis amigos Emi, Joha, Joss, Caro y Gaby por su apoyo y respaldo emocional continuo. Así como su aporte y asesoría intelectual en diferentes etapas de este estudio.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y al personal administrativo y autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por su ayuda en trámites de finalización del proyecto.

Muchas gracias y mi Dios le pague por todo.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de estudio	5
Recolección de las muestras del suelo	5
Análisis fisicoquímico del suelo	5
Análisis nutricional de la planta	5
Análisis microbiológico del suelo	5
Preparación del suelo	6
Tratamientos biológicos para el mejoramiento de suelos agrícolas	6
Mediciones biométricas	6
Recuento de esporas de HMA y tinción de raíces	7
Diseño experimental y análisis estadístico	7
RESULTADOS	8
Análisis fisicoquímico del suelo pre y post tratamientos	8
Análisis nutricional de la planta	8
Análisis microbiológico	8
<i>Recuento de bacterias y hongos</i>	8
<i>Recuento de esporas de HMA y tinción de raíces</i>	8
Medición y evaluación de la producción de lechugas	8
DISCUSIÓN	9
CONCLUSIONES	13
AGRADECIMIENTOS	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Tratamientos aplicados en el suelo para mejoramiento de su rendimiento....	21
<i>Tabla 2.</i> Resultados de las mediciones biométricas en las plantas de lechuga.....	21

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Fotografías de estructuras de hongos micorrízicos arbusculares encontradas en las raíces de lechuga, posterior a la tinción. a: micelio, b: esporas, c: arbusculos y d: vesícula.....	22
---	----

ANEXOS

MANUSCRITO PARA LA PUBLICACIÓN**Revista**

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas

Título

Propuesta de mejoramiento de suelos para su uso en huertos urbanos de agricultura orgánica.

Autores

Andrea Carolina Clavijo Andrade

Cecilia Verónica Luna Unda

Ana Graciela Gordillo Artieda

Correo Electrónico

acclavijo@puce.edu.ec

cvluna@puce.edu.ec

anygordillo@icloud.com

Dirección

Laboratorio de Micología, Nayón, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Laboratorio de la Empresa Kawsak S.A.S, Tumbaco.

El siguiente trabajo de investigación se presenta en el formato de la *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* a partir de la siguiente página.

Propuesta de mejoramiento de suelos para su uso en huertos urbanos de agricultura orgánica

Soil improvement proposal for use in urban orchards for organic agriculture.

Clavijo Carolina¹, Luna Verónica¹ y Gordillo Ana²

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Microbiología Agrícola, Quito, Ecuador.

² Empresa Kawsak S.A.S, Quito, Ecuador.

Autor de correspondencia: CVLUNA@puce.edu.ec, anygordillo@icloud.com

RESUMEN

La baja disponibilidad de suelos adecuados para la agricultura ha comenzado afectar la producción de cultivos y alimentos de calidad. Son muchas las opciones sustentables que se plantean para mejorar estos suelos, sin embargo, la utilización de una sola no es suficiente. Es así como, en esta investigación se plantea utilizar inóculos microbianos que potencien a las fertilizaciones orgánicas comunes, para que exista un mejoramiento tanto en las condiciones del suelo como de la planta. En un cultivo de lechugas se aplicó una mezcla de fertilizante orgánico (Eco-Abonaza), minerales (K-Mag, cal agrícola y roca fosfórica) e inóculos de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), constituido por *Pseudomonas fluorescens* y *Azotobacter spp.*, y un inóculo micorrízico. Los inóculos se probaron por separado y en conjunto, con un testigo sin inóculo microbiano y un testigo absoluto. Se evaluó el peso fresco, altura y diámetro de las plantas, y el peso fresco y seco de la raíz, así se determinó que el tratamiento que presentó mayor efectividad fue aquel que contenía PGPRs.

Palabras clave: Abono orgánico, PGPR, inóculo micorrízico, minerales, lechugas.

ABSTRACT

The low availability of suitable soils for agriculture has begun to affect the production of quality crops and food. There are many sustainable options that are proposed to improve these soils, however, the use of just one is not enough. In this research, it is proposed to use microbial inoculants that enhance common organic fertilizations, so there is an improvement in both soil and plant conditions. A mixture of organic fertilizer (Eco-Abonaza), minerals (K-Mag, agricultural lime and phosphoric rock) and inoculants of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), made up of *Pseudomonas fluorescens* and *Azotobacter* sp., and a mycorrhizal inoculant were applied to a lettuce crop. The inoculants were tested separately and together, against a control without microbial inoculum and an absolute control. The fresh weight, the height and the diameter of the plants, and the fresh and dry weight of the root were evaluated, so it was determined that the treatment that presented greater efficacy was the one that contained PGPR.

Keywords: Organic fertilizer, PGPR, mycorrhizal inoculant, minerals, lettuce.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, la agricultura ha sido la principal fuente de obtención de alimentos para humanos y animales (Morales 2019). Sin embargo, en las últimas décadas ha crecido la preocupación ante la falta de suelos aptos para cultivos, debido a malas prácticas agrícolas que han gastado los nutrientes naturales de la tierra y la han dejado infértil y contaminada. Algo similar se puede apreciar en aquellos suelos localizados en las grandes urbes (Meharg 2016), donde el crecimiento poblacional desmedido también ha provocado la destrucción de varios espacios verdes para su urbanización (NatGeoES 2009).

Se ha propuesto que varios de los espacios verdes remanentes sean estratégicamente destinados a la creación de huertos urbanos (Smith et al. 2021). Sin embargo, la realidad es que muchos de estos suelos no se encuentran correctamente acondicionados para la agricultura orgánica urbana. El síntoma más visible que evidencia este problema es la falta de crecimiento vegetal (Meharg 2016). Pero, ¿Cómo se pueden acondicionar estos suelos para hacerlos productivos? ¿Qué técnicas se pueden aplicar? ¿Cuál técnica es la más efectiva? Ante esto, surge la necesidad de proponer alternativas para recuperar los suelos y poder devolverles su capacidad productora

de alimentos o fertilidad (Roshinus et al. 2021). Se buscan opciones sustentables que ayuden con la constante amenaza que azota a la seguridad alimentaria (Fischer y Kowarik 2020).

Los beneficios que se perciben de recuperar estos espacios verdes son varios. Aquellos que más resaltan en la comunidad son: la obtención de alimentos frescos y de calidad, y la contribución a una economía circular. Además, el acondicionamiento y cuidado de los suelos de los huertos urbanos contribuye a la productividad agrícola y alimentaria (Fischer y Kowarik 2020; Roshinus et al. 2021). En cuanto a los beneficios individuales, se ha visto que la agricultura urbana reduce el estrés, ofrece una oportunidad para aumentar la creatividad y mejora el estado de ánimo (Azunre et al. 2019; Chalmin-Pui et al. 2021). Con respecto al medio ambiente, los huertos urbanos tienen gran potencial para mitigar los efectos del cambio climático (Kingsley et al. 2021). También, aumentan la biodiversidad en la macro y microbiota del suelo por la diversificación de cultivos (Mishra y Dash 2014).

En este sentido, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito tiene desde hace algunos años el Proyecto de Agricultura Urbana Participativa o AGRUPAR, que planea auxiliar con la seguridad y la soberanía alimentaria. Su principal objetivo es implementar huertos urbanos pequeños, en distintos puntos de la ciudad (Rodríguez 2016). Sin embargo, muchos de los suelos destinados a estos huertos, no tienen las condiciones adecuadas para cultivos y requieren acondicionamiento. Entonces, una de las principales maneras de enriquecer el suelo es mediante microorganismos.

Está bien determinado que el suelo alberga una gran cantidad de organismos transformadores y descomponedores. Estos no solamente tienen un papel fundamental en la formación, estructuración y conservación del suelo, sino que son de suma importancia en la fertilidad, la movilización y el reciclaje de nutrientes. En su mayoría, la microbiota del suelo se encuentra conformada por bacterias y hongos, que son responsables de descomponer la materia orgánica de plantas y animales, lo que da como resultado sustancias simples e inorgánicas que son devueltas a la tierra (Reyes y Valery 2007; Jaizme y Rodríguez 2008).

La inoculación o introducción de microorganismos en el suelo es una propuesta que tiene amplio rango de aceptación. Una de las alternativas principales es utilizar rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés), que ayudan a las plantas a tener un mejor crecimiento y al suelo, a tolerar situaciones de estrés. Esto es posible debido al incremento de enzimas y a la producción de hormonas vegetales, giberelinas y ácido indol acético. Algunas PGPR pueden ser fijadoras de nitrógeno, producir mecanismos de control biológico e inducir la resistencia sistémica de la planta (Kumar et al. 2019).

Uno de los géneros más representativos de las PGPR es *Azotobacter*, puesto que tiene un gran potencial para fijar nitrógeno atmosférico, producir fitohormonas y solubilizar fósforo. Esto hace que esta bacteria sea potencialmente utilizada como un biofertilizante (Rodríguez et al. 2016; Pérez y Sánchez 2017). De igual manera, las rizobacterias no patogénicas del género *Pseudomonas* son capaces de colonizar y estimular el crecimiento de la planta y sus raíces. Esto es posible debido al incremento y solubilización del fósforo, que a su vez permite mejorar la biomasa. Además, se conoce que *Pseudomonas fluorescens* sirve como controlador biológico e induce la resistencia sistémica de la planta ante enfermedades bacterianas y fúngicas (Canchignia et al. 2015; Jimtha et al. 2017).

Otro tratamiento utilizado comúnmente para enriquecer el suelo es la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que forman una simbiosis con la mayoría de plantas terrestres. Esta relación permite que la planta tenga más posibilidades de sobrevivir y crecer en terrenos poco fértiles o contaminados, lo que es posible gracias a una mayor captación de agua, nutrientes y mejor tolerancia al estrés (Jiménez et al. 2014).

Otra forma de devolver la fertilidad a los suelos es la elaboración de abonos orgánicos a partir de desechos alimenticios. Dichos abonos aportan beneficios como la retención de humedad, la incorporación de materia orgánica y nutrientes y el mejoramiento de la actividad biológica del suelo y la planta (Ormeño y Ovalle 2007). Esto se hace con la intención de reemplazar los fertilizantes químicos debido a que éstos, aparte de ser costosos, derivan en problemas ambientales a largo plazo (Bernal 2015). Además, se opta por tratamientos sostenibles y confiables, debido a que el uso de técnicas orgánicas no solo mejora las condiciones nutritivas, sino la estructura del suelo (Fondo para la protección del Agua 2010).

Por otro lado, una de las principales fuentes de contaminación del suelo son los plaguicidas químicos, que pueden ser reemplazados por controladores biológicos. Dichos biocontroladores, a más de ser económicos para producirlos, son naturales y se pueden aplicar simultáneamente en varios cultivos y hacerlo de forma preventiva. Estos tienen la ventaja de no originar resistencias, puesto que usualmente tienen varios mecanismos de acción (Bernal 2015).

Otra manera de reducir la contaminación química, es la bioaumentación. En esta, se emplean microorganismos propios del suelo para recuperar las zonas afectadas, debido a que aumentan la diversidad y cantidad de poblaciones microbianas que desdoblan nutrientes o degradan contaminantes (Pino et al. 2012). Todo esto se puede acompañar con una técnica de no labranza que ayuda a evitar la erosión del suelo y, por ende, minimiza la pérdida del mantillo edáfico y aumenta la retención de nutrientes (Huggins y Reganold 2008).

Para concluir, se planea hacer un plan de uso de abonos junto con PGPR e inóculo micorrízico para reponer y/o bioaumentar la microbiota natural del suelo y de esta forma reponer su fertilidad y equilibrio natural (Zhou et al. 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el barrio La Loma, sector Cocotog, entre las parroquias Llano chico y Zámbriza, al norte de Quito, en un huerto que trabaja en el proyecto AGRUPAR. Se delimitó y limpió el área de estudio y, con un metro, piola plástica y estacas de madera, se realizó la división interna del terreno en parcelas. En total se conformaron 10 parcelas, de 2m de largo por 1 de ancho y entre cada parcela se dejó un espacio de 50 cm. Para la delimitación del exterior de la huerta se utilizó malla sarán y troncos (Ostía 2011).

Recolección de las muestras de suelo

Para los análisis de la calidad del suelo, se tomó muestras de él antes de la intervención y después de la cosecha. En ambos casos, con una cubeta y una pala de jardinero limpias, se recolectó una muestra compuesta, al azar, y en zigzag. El suelo para conformar la muestra se obtuvo tomando entre 50 y 100 g, a una profundidad de 10 a 20 cm en diferentes partes del terreno. Después de obtener las submuestras, se homogenizó el suelo para finalmente obtener una alícuota de 1 kg (Borges et al. 2012). En las muestras de suelo post cosecha, se tomó una muestra compuesta de cada uno de los 5 tratamientos. Posteriormente, las alícuotas se dividieron en dos partes iguales, de 500 g cada una, se etiquetaron, se dispusieron en fundas con cierre hermético y fueron transportadas en una caja térmica con refrigerante, para los respectivos análisis fisicoquímico y microbiológicos.

Análisis fisicoquímico del suelo

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Los resultados permitieron establecer diferencias antes y después de la aplicación de los tratamientos.

Análisis microbiológico del suelo

Los análisis microbiológicos se ejecutaron dentro de las 24 horas de obtenida la muestra. Se realizó un recuento de bacterias en agar BHI y de hongos en agar Rosa de Bengala. Para esto, se tamizó el suelo y se preparó una dilución con 90 ml de agua peptonada 0,1 % y 10 g de

suelo. Se prepararon diluciones seriadas en base 10 hasta 10^{-5} y se inoculó 100 μ l de las diluciones, en superficie y por triplicado en los medios correspondientes, se incubó a temperatura ambiente por 48 horas y 7 días, para bacterias y hongos, respectivamente. Transcurrido el tiempo de incubación se contó el número de colonias desarrolladas en cada caja.

Preparación del suelo

En ocho de las diez parcelas de suelo se aplicó la mezcla del abono orgánico y sales minerales recomendada por el técnico de AGRUPAR, constituida por: Eco-Abonaza 5 sacos de 23 kg, K-Mag (sulfato de potasio y sulfato de magnesio) 15 kg, roca fosfórica 10 kg y cal agrícola 10 kg. Estos ingredientes se mezclaron perfectamente y se distribuyeron en partes iguales, directamente sobre el suelo en cada una de las ocho parcelas, procurando una buena homogenización. Las dos parcelas restantes, a las que no se añadió nada, constituyeron el control absoluto.

Tratamientos biológicos para el mejoramiento de suelos agrícolas

Se seleccionó una hortaliza de ciclo corto, *Batavia lettuce* o lechuga crespa, para observar el efecto de la intervención propuesta. En total se sembraron 120 lechugas (24 lechugas por tratamiento). El inóculo bacteriano empleado fue un producto comercial de PGPR, que consiste en una mezcla de *P. fluorescens* y *Azotobacter spp.*, y se inoculó al suelo, desde el trasplante, una vez por semana con una dosis de 1 ml/L de agua, hasta una semana antes de la cosecha. El inóculo micorrízico (IM) comercial utilizado, contiene una mezcla de diferentes HMA no declarados. Este producto se colocó en el hoyo, antes de realizar el trasplante, a razón de un gramo por plántula de lechuga, una sola vez. Se definieron tres tratamientos y dos controles, cada uno con sus respectivas repeticiones, según el esquema de la Tabla 1. En todos los tratamientos, a excepción del T5, se aplicó abono orgánico y minerales. En el T1 se aplicó IM y PGPR, en el T2 PGPR, en el T3 IM (los tres, en las dosis y frecuencia anteriormente señaladas), en el T4 fue la fertilización habitualmente utilizada sin inóculos microbianos y el T5, el control absoluto. El ensayo duró siete semanas, desde la siembra hasta la cosecha de las lechugas.

Mediciones biométricas

Después de la cosecha de las lechugas, se tomaron las respectivas mediciones biométricas por planta: peso fresco, altura y diámetro de la planta, mientras que para la raíz se midió el peso

fresco y seco. Para esto, la raíz se llevó a secar en un horno a 70°C por 30 horas y se la pesó para obtener la medida del peso seco (Gandica y Peña 2015).

Recuento de esporas de HMA y tinción de raíces

Se realizó un recuento de esporas de HMA en el suelo antes y después de la cosecha. Además, al final también se hizo una tinción de raíces para observar si hubo o no colonización de HMA. Para el recuento de esporas se pesó 10 g de cada muestra de suelo y se colocó en un recipiente con aproximadamente 2 L de agua. Con un agitador de vidrio se revolvió el agua durante 2-3 minutos para disgregar los agregados del suelo. Una vez que cesó el remolino, se pasó el líquido a través de los tamices de 250 μm , 106 μm y 38 μm . Este procedimiento se realizó por 3 veces. Las esporas de cada tamiz se recogieron con la ayuda de una piseta y se colocó en un frasco de vidrio. El material recolectado se vertió dentro de una placa de contacto Sterilin y se observó con un estereomicroscopio, ZEISS Stemi DV4, para el contaje de esporas de HMA (Aguilar et al. 2016; Sánchez et al. 2018).

Para la tinción de raíces se utilizó el procedimiento en calor. Para esto, se recortaron segmentos de raicillas que fueron colocados dentro de un tubo cónico y se cubrieron con KOH al 10%. Los tubos se agitaron fuertemente y se llevaron a baño María a 50°C por una hora. Pasada la hora, se desechó el KOH y se añadió HCl al 1% y se agitó el tubo fuertemente. Se desechó el HCl, se añadió azul de tripán ácido (50 ml de azul de tripán y 1 ml de HCl al 1%) y se llevó nuevamente a baño María a 50°C por una hora. Por último, se desechó la solución de azul de tripán y se agregó lactoglicerol para su preservación. Para la observación, las raíces se colocaron de manera horizontal, sobre una gota de lactoglicerol, sin doblarse en un portaobjetos y se cubrieron con un cubreobjetos. La observación se hizo con un microscopio óptico, NIKON E100, en busca de estructuras de HMA: hifas, vesículas y arbusculos (Thougnon et al. 2014; Aguilar et al. 2016).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos con diferentes tamaños de muestras. El análisis de datos se efectuó con un análisis de la varianza o ANOVA de una vía. Se aplicó la prueba de Tukey para encontrar las diferencias estadísticas significativas. Toda la información se procesó en el software estadístico InfoStat.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímico del suelo pre y post tratamientos

El suelo utilizado en esta investigación se trata de un suelo franco arenoso (51 % arena, 35 % limo y 14 % arcilla) con pH alcalino de 8,62 y con materia orgánica baja de 0,3 %. Se aplicó la fórmula de abono orgánico y minerales, según la recomendación de los técnicos de AGRUPAR, como se indicó anteriormente.

Análisis microbiológico

Recuento de bacterias y hongos

En los recuentos microbianos, se observa que inicialmente la población de bacterias en el suelo es de 14×10^5 UFC/g, después del ensayo el recuento de bacterias en el suelo incrementó en todos los tratamientos.

En cuanto a los hongos, el recuento inicial fue de 19×10^4 propágulos/g de suelo. Los recuentos de todos los tratamientos, al terminar el período del cultivo, fueron menores al valor inicial.

Recuento de esporas de HMA y tinción de raíces

El recuento de esporas se realizó en los tratamientos a los cuales se aplicó el inóculo micorrízico, T1 (IM y PGPR) y T3 (IM) para compararlo con el testigo. En estos se encontró un promedio de 110, 199 y 39 esporas por 10 g de suelo, respectivamente. Para confirmar la colonización de HMA se buscó vesículas, arbuscúlos y micelio en la raíz. En aquellos tratamientos que se aplicó el IM se visualizaron dichas estructuras en la raíz, mientras que en el T5 no se observó las estructuras mencionadas (Figura 1).

Medición y evaluación de la producción de lechugas

Se cosecharon 83 lechugas de 7 semanas de crecimiento. Se realizó una selección al azar de entre 16 y 13 plantas en cada uno de los tratamientos para tomar las medidas biométricas. Se recabaron datos del peso fresco, altura y diámetro de la planta, mientras que de la raíz se obtuvo el peso fresco y seco.

Antes de comenzar el análisis estadístico, los datos se transformaron con raíz cuadrada debido a diferencias entre los valores obtenidos. En la Tabla 2, se puede observar los resultados de las medias de los tratamientos y los rangos conseguidos mediante Tukey, en los que se determinó que el T2 fue el tratamiento que mejores resultados presentó en cuanto a la calidad de las lechugas de esta investigación.

DISCUSIÓN

Al trabajar en un suelo franco arenoso, es importante conocer la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Esto se debe a que la retención del agua y los nutrientes son bajos en este tipo de suelo. Según Flores et al. (2013) los suelos francos arenosos mantienen características texturales que se encuentran dentro o llegan muy cerca del 60 % arena, 30 % limo y 10 % arcilla. Si comparamos con los porcentajes obtenidos en los análisis físicos químicos pre tratamientos (51 % arena, 35 % limo y 14 % arcilla), se confirma que se trata de un suelo franco arenoso. Al igual que Hossne (2014), para aumentar y corregir el bajo contenido de materia orgánica y pH alcalino del suelo, se aplicaron distintos tratamientos orgánicos que contienen elementos esenciales.

La fertilidad del suelo tiene estrecha relación con el contenido de materia orgánica, al haber bajo contenido, existe amenaza de que el suelo no sea capaz de sostener la fertilidad (FAO 2013). Precisamente, se inició con la incorporación de materia orgánica y otros minerales que provean a la planta de los nutrientes que necesita para su crecimiento. Sin embargo, esto no es suficiente, pues son los microorganismos del suelo los que los transforman y los dejan disponibles para la planta (Ruiz 2012; Asociación Vida Sana 2017). En el suelo en estudio, la población inicial de bacterias estuvo baja, por tanto, se puede inferir que es un suelo poco fértil. Según López (2018), la utilización de abono orgánico, minerales y microorganismos son la manera más directa de aumentar la materia orgánica del suelo. La evolución de la materia orgánica comprende dos fases importantes, la humificación y la mineralización. La humificación es lenta porque los microorganismos autóctonos trabajan sobre la materia orgánica, a largo plazo. En cambio, la mineralización es rápida, porque otros microorganismos deshacen, progresivamente, lo que se hizo antes para que las plantas lo absorban (Julca et al. 2006).

Para enriquecer y equilibrar el suelo de esta investigación se usó una combinación de magnesio, roca fosfórica, cal agrícola y abono orgánico como fertilizantes. Según Patiño y Sánchez (2014), la mezcla de los fertilizantes con microorganismos solubilizadores de fósforo producen ácidos orgánicos, es decir, existe una acidificación del sustrato y/o producción de ácidos orgánicos e inorgánicos. Esto se evidencia claramente en el suelo de esta investigación, puesto que después de la aplicación de los tratamientos el pH alcalino inicial cambió a neutro. Al emplearse un abono orgánico, como la Eco-Abonaza, se espera que los microorganismos incrementen su actividad y que como consecuencia exista un aumento en la fertilidad del suelo (Calle 2017; Lema 2021).

Se utilizó un inóculo de PGPR pues son un grupo de bacterias que, de forma natural, habitan la rizósfera y proveen a la planta de los beneficios ya expuestos, de manera que su aplicación ayuda al suelo a mantener su salud y productividad, y protege a las plantas de posibles patógenos. Diversas investigaciones destacan los efectos positivos de su inoculación, tanto para promover el crecimiento vegetal como para la prevención de enfermedades. Se ha determinado que su prevalencia dependerá de las condiciones ambientales de la zona y de la asociación con otras bacterias y con las plantas (Alvarez et al. 2018; Yarwood 2021). Según la Asociación Vida Sana (2017) y Liriano et al. (2019), las PGPR producen sideróforos, enzimas líticas y antibióticos que ayudan en gran parte a descomponer la materia orgánica y sirven como biocontroladores. Efectivamente, *Pseudomonas fluorescens*, tiene la capacidad de producir sideróforos, que atrapan el hierro y forman un complejo, de manera que este no se encuentra disponible para otros microorganismos y, como consecuencia, inhibe o suprime el crecimiento de microorganismos patógenos. (Aguado et al. 2012; Pérez y Sánchez 2017).

Por otro lado, según León et al. (2012) y Gurikar et al. (2016), *Azotobacter* puede aportar hasta en un 50%, las necesidades del nitrógeno a la planta. Esta bacteria es también responsable de producir una variedad de vitaminas, aminoácidos y sustancias antifúngicas que beneficia a la planta en su crecimiento y desarrollo. Además, suministran sustancias activas y hormonas que influyen directamente en la longitud de los brotes y las raíces (Pérez y Sánchez 2017). Lo anteriormente expuesto explica que en el presente trabajo el tratamiento de inoculación con PGPRs es el que presenta los mejores resultados.

También la fijación y descomposición del nitrógeno tiene estrecha relación con la aplicación de PGPR, pues el inóculo utilizado contiene *Azotobacter*, una bacteria fijadora de nitrógeno. Pese a que se encontró que los niveles de nitrógeno en el suelo son menores, en los tratamientos que contienen PGPR, se esperaba que el nitrógeno haya sido utilizado por la lechuga. Efectivamente, el tratamiento con PGPR es el que muestra un valor más elevado en el contenido de nitrógeno en el análisis nutricional de las lechugas. Resultados semejantes se observaron en un estudio realizado por Gallart et al. (2021), al combinar fertilizantes con nitrógeno orgánico más PGPR, en el que se comprobó una mayor absorción de nitrógeno por la planta. De igual manera, otro estudio realizado por Kuan et al. (2016), señala que la inoculación de PGPR en cultivos aumenta significativamente la asimilación de nitrógeno en toda la planta.

Según Treseder (2013), la inoculación de HMA en el suelo permite establecer un vínculo con las plantas a través de sus raíces. Al colonizar las raíces de las plantas, los HMA mejoran el crecimiento y facilitan la nutrición de las plantas. La simbiosis implica la activación de vías antioxidantes, fenilpropanoides o carotenoides, incita la resistencia a fitopatógenos, ayuda a la

tolerancia de las plantas ante situaciones de estrés y favorece al enraizamiento de las plantas. A simple vista, generalmente las plantas que han sido colonizadas por HMA crecen 3 veces más que aquellas plantas control que no fueron colonizadas (Asociación Vida Sana 2017). Los resultados de Baslam et al. (2011) muestran que existe un mejoramiento en el crecimiento de las lechugas en aquellas plantas que se ha utilizado un IM. Pese a que el IM es una opción ideal para las lechugas, en esta investigación, no se mostraron los resultados esperados en aquellos tratamientos que contenían este inóculo.

De manera general, se ha visto que la inoculación de microorganismos afecta y juega un papel fundamental en la formación de agregados y poros, el reciclaje de nutrientes y, por ende, en la estructura y conservación del suelo. Además, la diversidad de microorganismos que, en definitiva, se altera, tiene repercusiones en el ciclaje de los elementos en el suelo (Reyes y Valery 2007; Yarwood 2021). Los grupos microbianos en el suelo se usan para indicar su calidad y asegurar cultivos abundantes. Según Beltrán et al. (2017) y Mohamed et al. (2021), se debe realizar un recuento microbiano, pues el punto clave del crecimiento vegetal reside en las interacciones de la planta y microbios. En el presente estudio, se observó que las poblaciones de bacterias fueron mayores después de aplicar los tratamientos, en especial en aquellos que contenían inóculos microbianos. Lo que no es sorprendente, pues la materia orgánica y los minerales aplicados definitivamente sirven de sustrato para su crecimiento. Resultados similares fueron obtenidos por Vieira y Nahas (2005) quienes encontraron que la cantidad de bacterias varía si se modifica un agroecosistema en poco tiempo. Asimismo, Popelářová et al. (2008) indican que la aplicación de diferentes materiales orgánicos, como abono, minerales y materia orgánica fresca, puede afectar significativamente la cantidad de bacterias. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la distribución de microorganismos en el suelo es temporal y espacial (Weaver et al. 1994). Precisamente, esto hay que tomar en cuenta al analizar los resultados de recuento de hongos mayores antes de la aplicación de los tratamientos. También, no se debe perder de vista la modificación del pH y del contenido de materia orgánica y la correlación significativa entre el pH y la humedad del suelo, todo lo cual hace que varíe la cantidad de hongos. Granzow et al. (2017), concluyeron que el suelo más profundo y superficial representan dos nichos ecológicos distintos para los microorganismos, pues se crean diferentes condiciones para la colonización y establecimiento de los microbios. Esto significa que la abundancia y permanencia de hongos en el suelo puede llegar a variar a lo largo del tiempo. También, en los estudios realizados por Schlatter et al. (2018), se menciona que una irradiación solar más intensa puede llegar a reducir la cantidad de hongos que se

encuentran en la superficie del suelo, lo cual podría explicar la razón para un menor recuento final que el inicial.

Por otro lado, para comprobar la colonización de los HMA en las raíces, se realiza la tinción de raíces y recuento de esporas (Aguilar et al. 2016; Meza B et al. 2017; Sánchez et al. 2018; Arteaga Cuba et al. 2020). Según los resultados de Aguilar et al. (2016) los tratamientos que han sido inoculados con HMA muestran una media (234) mucho más elevada que la media del tratamiento testigo (122). Esto es lo que sucedió en los tratamientos 1 (IM y PGPR) y 3 (IM), que mostraron mayor número de esporas que el T5 (control absoluto). De la misma manera que en nuestra investigación, en los estudios realizados por Bolaños et al. (2000) y Carreón et al. (2013) indican que en las raíces de las plantas inoculadas se encontraron estructuras como vesículas y arbusculos, propias de HMA, confirmando que existe la colonización de HMA en las lechugas.

Por lo tanto, pese a que se confirmó la presencia de HMA en T1 (IM y PGPR) y T3 (IM), se observa que la absorción del fósforo, por parte de la planta, no es mayor a la de otros tratamientos. Los resultados de Aguilar et al. (2016), señalan que puede haber un enmascaramiento en el efecto de los HMA, cuando transcurre algún tiempo de la exposición a la acción del IM. Otra posible explicación puede ser el pH, los resultados de Beltrán (2014) indican que es necesario un pH de 6,5 a 7,5, siendo óptimo un pH de 6,5 a 6,8, para que el ortofosfato sea absorbido por la planta. Debido a que los niveles de pH en el suelo de esta investigación llegaron de 7,6 a 7,8, se sugiere que el fósforo no pudo ser absorbido por la planta. Se habla también de un mayor gasto energético para el establecimiento de la simbiosis, y esto, junto con que la lechuga es una hortaliza de ciclo corto, esta no puede permitirse gastar energía si las condiciones del suelo restringen la absorción del fósforo (Habit 2020). La absorción del fósforo en las plantas del testigo absoluto puede deberse a la presencia de bacterias propias del suelo que lo solubilizaron.

Como se observó en los análisis estadísticos, el tratamiento que mostró mejores resultados en este estudio fue el T2 (PGPR). Un estudio elaborado por Khosravi et al. (2018) muestra que la aplicación de *P. fluorescens* (PGPR) y fuentes de fosfato aumenta significativamente la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y manganeso en lechugas. Como se menciona anteriormente, *P. fluorescens*, es una bacteria que tiene la capacidad de solubilizar fosfatos. Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Otieno et al. (2015), quienes demuestran que distintas cepas de *P. fluorescens* solubilizan el fosfato.

Según Sotelo et al. (2012), los consorcios microbianos pueden llegar a presentar competencia entre microorganismos por los nutrientes y hasta inhibir a otros microorganismos benéficos

(Beltrán 2014; Pernasetti et al. 2017; Plassard et al. 2019). Esta puede ser la razón por la que la coinoculación de PGPR y HMA en esta investigación no tuvo el efecto que se ha visto en otros cultivos. Sagar et al. (2021) mencionan que la coexistencia de PGPR y HMA es muy beneficiosa para el desarrollo y crecimiento de la planta. En su estudio se observó que la interacción sinérgica entre estos microorganismos ayuda positivamente al desarrollo de la planta en ambientes salinos. De igual manera, Yu et al. (2022) demuestran que al mezclar *Bacillus* (PGPR) y HMA permite obtener plantas con mayor diámetro y altura del tallo en un cultivo de *Elymus nutans* Griseb. Asimismo, las inoculaciones duales con *Bacillus* (PGPR) y HMA mejoraron la longitud y el área de la raíz.

A pesar de que el T3 (IM) no fue el que mostró las medidas biométricas más altas, no significa que los HMA no sean una opción viable. Las lechugas prefieren el nitrógeno, mientras que los HMA, principalmente, ayudan a la captación de fósforo y presentan mayor compatibilidad con ciertas especies vegetales (Naranjo et al. 2022). Las plantas que mejor se relacionan con los HMA son aquellas que tienen un ciclo mucho más largo, como las plantas de café, en cambio las plantas de ciclo corto, como las lechugas, prefieren no gastar energía en absorber fósforo si las condiciones del suelo son adversas (Bolaños et al. 2000; Habit 2020).

El crecimiento adecuado de las lechugas será un reflejo de los cuidados brindados a la planta durante todo el periodo de cultivo. Se dice que un tratamiento ha surtido efecto en la lechuga mientras estas sean más grandes y presenten mayor número de hojas sanas. Asimismo, si se obtiene un menor número de plantas muertas, se dice que el tratamiento aplicado funcionó y ayudó al crecimiento vegetal. La calidad de la lechuga se mide en base a su apariencia, si esta presenta manchas marrones, menor tamaño y número de hojas, no es una hortaliza deseable para la compra (Oliveira et al. 2013). Por esta razón, si se relacionan estas características con los resultados obtenidos en este estudio, el T2 (PGPR) es el tratamiento que mayormente ha cubierto dichas especificaciones. De igual manera, en la investigación realizada por Vetrano et al. (2020), se observó que un bioestimulante bacteriano es capaz de incrementar el crecimiento de la lechuga desde que es una plántula. Igualmente, otro estudio llevado a cabo por Aini et al. (2019) demuestran que aquellos tratamientos inoculados con agentes microbianos, como PGPR, presentan diferencias significativas, tanto en el peso fresco como en el área y grosor de las hojas de lechuga, en relación a los tratamientos control.

CONCLUSIONES

La combinación de abonos orgánicos y PGPR (T2) mejora el suelo y permitió obtener lechugas de mejor calidad, tanto nutricionalmente como en tamaño. Los resultados obtenidos permiten

inferir que las técnicas agrícolas convencionales no son suficientes para satisfacer las necesidades tanto del suelo como de la planta. Al realizar fertilización química, el suelo se saliniza, una gran parte de los nutrientes se lixivian y contaminan al suelo y fuentes de agua, la raíz de la planta no crece mayormente, pues no necesita explorar el suelo en busca de nutrientes. De manera general, a pesar de que el suelo contenga niveles adecuados de nutrientes, estos no necesariamente están disponibles para la planta. Es ahí donde los microorganismos cumplen un papel fundamental en solubilizar, transformar, descomponer o fijar elementos indispensables para el desarrollo de los cultivos.

Tras finalizar este estudio se comprobó que el mejoramiento del suelo es posible y tiene resultados buenos cuando se implementa técnicas orgánicas y microbiológicas en conjunto. Debido a los resultados tanto de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del suelo, así como las diferencias significativas presentadas en las medidas biométricas, se determina que, con la combinación de abono orgánico, minerales y PGPR, el desarrollo vegetal se ve potenciado. Esta mezcla favorece el cultivo en suelos de tipo franco arenoso, con pH alcalino, puesto que no solo mejora la calidad del suelo y la planta, sino que, a su vez, corrige el pH alcalino a neutro.

Actualmente, existen productos microbianos agrícolas, que son una opción orgánica y sustentable, que ayudan a poner los nutrientes en forma disponible para la planta y mejoran la condición del suelo. Muchos de estos productos están siendo comercializados a gran escala, siendo una opción factible para el agricultor por su costo y el beneficio que este representa para su salud y la del medio ambiente

Se puede decir, que los productos microbianos agrícolas son una respuesta adecuada para el mejoramiento de suelos para su uso en huertos urbanos en una agricultura orgánica. Pero, es fundamental tomar en cuenta el tipo de cultivo y suelo en el que se va a trabajar antes de seleccionar el inóculo microbiano a emplearse.

AGRADECIMIENTOS

Un gran agradecimiento al director de la sala de preparaciones de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Bolívar Salas, por permitir el uso de los equipos e instalaciones. De igual manera, se hace un notable agradecimiento a la empresa Kawsak S.A.S por el respaldo en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguado GA, Moreno B, Jiménez B, García E, Preciado RE. 2012. Impacto de los sideróforos microbianos y fitosidéforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Rev Fitotec Mex.* 35(1):9–21.

Aguilar W, Arce P, Galiano F, Torres TJ. 2016. Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Rev Tecnol En Marcha.* 29(7):5. doi:10.18845/tm.v29i7.2700.

Aini N, Yamika WSD, Ulum B. 2019. Effect of Nutrient Concentration, PGPR and AMF on Plant Growth, Yield, and Nutrient Uptake of Hydroponic Lettuce. 21(1).

Alvarez M, Tuca F, Quispe E, Meza V. 2018. Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Sci Agropecu.* 9(1):33–42. doi:10.17268/sci.agropecu.2018.01.04.

Arteaga Cuba MN, Tafur Santillán SM, Pérez Hurtado G, Pastor Ordinola SA, Batista Mainegra A, Arteaga Cuba MN, Tafur Santillán SM, Pérez Hurtado G, Pastor Ordinola SA, Batista Mainegra A. 2020. Caracterización de la colonización por micorrizas en *Retrophyllum rospigliossi* Pilger en el bosque Huamantanga, Perú. *Rev Cuba Cienc For.* 8(3):535–549.

Asociación Vida Sana. 2017. Microorganismos del suelo y biofertilización. studylib.es. [accessed 2023 Jan 18]. <https://studylib.es/doc/4577247/microorganismos-del-suelo-y>.

Azunre GA, Amponsah O, Peprah C, Takyi SA, Braimah I. 2019. A review of the role of urban agriculture in the sustainable city discourse. *Cities.* 93:104–119. doi:10.1016/j.cities.2019.04.006.

Baslam M, Garmendia I, Goicoechea N. 2011. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Improved Growth and Nutritional Quality of Greenhouse-Grown Lettuce. *J Agric Food Chem.* 59(10):5504–5515. doi:10.1021/jf200501c.

Beltrán M, Rocha Z, Bernal A, Pita L. 2017. Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Colomb For.* 20(2):158–170.

Beltrán ME. 2014. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Cienc Tecnol Agropecu.* 15(1):101–113.

Bernal G. 2015. La microbiología de suelos en el Ecuador: situación actual de la investigación. [accessed 2022 Nov 21]. <https://1library.co/document/zpnj981r-microbiologia-suelos-ecuador-situacion-actual-investigacion.html>.

Bolaños MM, Rivillas CA, Suárez S. 2000. Identificación de micorrizas arbusculares en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*. 51(4):245–262.

Borges JA, Barrios M, Sandoval E, Bastardo Y. 2012. Características físico-químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yaracuy. *Bioagro*. 24(2):121–126.

Calle RR. 2017. Evaluación agronómica del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) híbrido diamante, cultivado aplicando diferentes abonos orgánicos comerciales en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo [Grado]. [Ambato]: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24518/1/tesis%20012%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Calle%20S%C3%A1nchez%20Rosa%20-%20cd%20012.pdf>.

Canchignia F, Barrera AE, Canchignia G, Morante J, Peñafiel M, Cruz N. 2015. Aplicación de rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y nematodos-plagas. *Cienc Tecnol*. 8(1):25–30. doi:10.18779/cyt.v8i1.143.

Carreón-Abud Y, Jerónimo-Treviño E, Beltrán-Nambo M de los Á, Martínez-Trujillo M, Trejo Aguilar D, Gavito ME. 2013. Aislamiento y propagación de cultivos puros de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotróf. *Rev Mex Micol*. 37:29–39.

Chalmin-Pui LS, Griffiths A, Roe J, Heaton T, Cameron R. 2021. Why garden? – Attitudes and the perceived health benefits of home gardening. *Cities*. 112:103118. doi:10.1016/j.cities.2021.103118.

FAO. 2013. El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>.

Fischer LK, Kowarik I. 2020. Connecting people to biodiversity in cities of tomorrow: Is urban foraging a powerful tool? *Ecol Indic*. 112:106087. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106087.

Flores JP, Valero C, Osuna P, Corral B, Shukla MK, Salazar Sosa E, Flores Márgez JP, Valero Córdoba C, Osuna Ávila P, Corral Díaz B, et al. 2013. Textura del suelo y tipo de agua de riego en la disponibilidad de fósforo de estiércol bovino. *Terra Latinoam.* 31(3):211–220.

Fondo para la protección del Agua. 2010. Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.

Gallart M, Paungfoo-Lonhienne C, Gonzalez A, Trueman SJ. 2021. Nitrogen Source Influences the Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on *Macadamia integrifolia*. *Agronomy.* 11(6):1064. doi:10.3390/agronomy11061064.

Gandica H, Peña H. 2015. Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro.* 27(2):111–120.

Granzow S, Kaiser K, Wemheuer B, Pfeiffer B, Daniel R, Vidal S, Wemheuer F. 2017. The Effects of Cropping Regimes on Fungal and Bacterial Communities of Wheat and Faba Bean in a Greenhouse Pot Experiment Differ between Plant Species and Compartment. *Front Microbiol.* 8. [accessed 2023 Feb 7]. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.00902>.

Gurikar C, Naik MK, Sreenivasa MY. 2016. Azotobacter: PGPR Activities with Special Reference to Effect of Pesticides and Biodegradation. In: Singh DP, Singh HB, Prabha R, editors. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity: Vol. 1: Research Perspectives.* New Delhi: Springer India. p. 229–244. [accessed 2023 Feb 7]. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5_13.

Habit F. 2020. La gran importancia del fósforo en las plantas. <https://www.agrovitra.com/wp/wp-content/uploads/2020/10/F%C3%B3sforo-Fernanda-Habit.pdf>.

Hossne A. 2014. Elastoplasticidad de un suelo franco arenoso de sabana. *Saber.* 26(2):153–167.

Huggins D, Reganold J. 2008. Agricultura sin labranza. *Investig Cienc.*:8.

Jaizme M del C, Rodríguez AS. 2008. Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrízicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. *Agroecología*. 3:33–40.

Jiménez A, González C, Gutiérrez C, Lara E, García L. 2014. Producción de inóculo micorrízico de *Gigaspora gigantea* en mezclas de sustratos con diferente tamaño de partícula. *Agrociencia*. 48(3):239–254.

Jimtha J, Jishma P, Karthika NR, Nidheesh KS, Ray JG, Mathew J, Radhakrishnan EK. 2017. *Pseudomonas fluorescens* R68 assisted enhancement in growth and fertilizer utilization of *Amaranthus tricolor* (L.). *3 Biotech*. 7(4):256. doi:10.1007/s13205-017-0887-2.

Julca A, Meneses L, Blas R, Bello S. 2006. Organic matter, importance, experiences and its role in agriculture. *Idesia Arica*. 24(1):49–61. doi:10.4067/S0718-34292006000100009.

Khosravi A, Zarei M, Ronaghi A. 2018. Effect of PGPR, Phosphate sources and vermicompost on growth and nutrients uptake by lettuce in a calcareous soil. *J Plant Nutr*. 41(1):80–89. doi:10.1080/01904167.2017.1381727.

Kingsley J, Egerer M, Nuttman S, Keniger L, Pettitt P, Frantzeskaki N, Gray T, Ossola A, Lin B, Bailey A, et al. 2021. Urban agriculture as a nature-based solution to address socio-ecological challenges in Australian cities. *Urban For Urban Green*. 60:127059. doi:10.1016/j.ufug.2021.127059.

Kuan KB, Othman R, Abdul Rahim K, Shamsuddin ZH. 2016. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation to Enhance Vegetative Growth, Nitrogen Fixation and Nitrogen Remobilisation of Maize under Greenhouse Conditions. *PLoS ONE*. 11(3):e0152478. doi:10.1371/journal.pone.0152478.

Kumar A, Singh Patel J, Singh Meena V, Srivastava R. 2019. Recent advances of PGPR based approaches for stress tolerance in plants for sustainable agriculture. *Biocatal Agric Biotechnol*. 20:101271. doi:10.1016/j.bcab.2019.101271.

Lema CR. 2021. Evaluación de producción de papa chaucha (*Solanum phureja*) utilizando fuentes orgánicas “Caballaza, Biocompost y Eco Abonaza” a diferentes dosis con fines de recuperación y conservación de suelos en el CEASA, Latacunga, Cotopaxi 2021 [Grado].

[Latacunga]: Universidad Técnica de Cotopaxi.
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8093/1/PC-002095.pdf>.

León Y, Hernández JM, Rodríguez N, Martínez R. 2012. Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en la producción de plántulas de tabaco negro. *Cultiv Trop*. 33(2):29–32.

Liriano R, Pérez J, Pérez Y, Placeres I, Rodríguez SL, Peña D. 2019. Improvement of the agricultural productivity of lettuce and radish by using efficient microorganisms. *Rev Fac Nac Agron Medellín*. 72(3):8937–8943. doi:10.15446/rfnam.v72n3.76967.

López GJ. 2018. ¿Cómo incrementar la materia orgánica del suelo en la actividad ganadera del trópico? *Av En Investig Agropecu*. 22(3):37–43.

Meharg A. 2016. Retos de la agricultura urbana. *Nat* 531.
<https://menteycerebro.puce.elogim.com/files/25328.pdf>.

Meza B F, Díaz O E, Escobar T H, Belezaca Pinargote C, Cachipundo C Jesica, Meza B G, López M F, Meza B C, Meza B J, Cachipundo C Judith, et al. 2017. Identificación de Hongos Micorrízicos en Plantaciones de Melina (*Gmelina arborea* Roxb) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Rev Investig Vet Perú*. 28(4):969–975.

Mishra P, Dash D. 2014. Rejuvenation of Biofertilizer for Sustainable Agriculture and Economic Development. *Consilience*.(11):41–61.

Mohamed H, Basit A, Sofy M, Almoneafy A, Abdelhamid M, Sofy A, Lone R, Abou-El-Enain M. 2021. Role of Microorganisms in Managing Soil Fertility and Plant Nutrition in Sustainable Agriculture. p. 93–114.

Morales C. 2019. Origen de la Agricultura.
<http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Morales%20Carlos/Origen%20de%20la%20agricultura-nov2019.pdf>.

Naranjo J, Mora A, Oviedo R, Naranjo H, Flores J, Barcos M. 2022. Estudio preliminar de micorrizas arbusculares presente en *Phytelephas aequatorialis* localizado en tres agroecosistemas costeros. *Rev Cienc UNEMI*. 15(39):65–75.

NatGeoES. 2009. Amenazas de la urbanización. *Natl Geogr*. [accessed 2022 Nov 23].
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/amenazas-de-la-urbanizacion>.

Oliveira DCR de, Leal PAM, Honório SL, Soares EKB. 2013. Sensory quality attributes of lettuce obtained using different harvesting performance systems. *Food Sci Technol*. 33(2):239–244. doi:10.1590/S0101-20612013005000031.

Ormeño M, Ovalle A. 2007 Jan 10. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. INIA Divulga. https://www.researchgate.net/publication/273321490_Preparacion_y_aplicacion_de_abonos_organicos.

Ostía G. 2011. Caracterización de la fauna microbiológica del suelo en sistemas de producción biointensiva, en Chiriquí, Panamá [Maestría]. [Costa Rica]: Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://core.ac.uk/download/pdf/61000902.pdf>.

Otieno N, Lally R, Kiwanuka S, Lloyd A, Ryan D, Germaine K, Dowling D. 2015. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Front Microbiol*. 6. [accessed 2023 Feb 14]. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.00745>.

Patiño C, Sánchez M. 2014. Efecto de la aplicación de roca fosfórica y la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el crecimiento del ají (*Capsicum annum*). *Acta Agronómica*. 63(2):136–144. doi:10.15446/acag.v63n2.36956.

Pérez JV, Sánchez DB. 2017. Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea Batatas* del Caribe Colombiano. *Rev Colomb Biotecnol*. 19(2):35–46. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.69471.

Pernasetti O, Salas M, Córdoba A, Bustos S, Alurralde A, Campos V. 2017. Efecto de la textura sobre los niveles de fósforo en suelos del Valle de Catamarca. *Rev CIZAS*. 18(1–2):57–64.

Pino NJ, Carvajal S, Gallo A, Peñuela G. 2012. Comparación entre bioestimulación y bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con diesel. *Prod Limpia*. 7(1):101–108.

Plassard C, Becquer A, Garcia K. 2019. Phosphorus Transport in Mycorrhiza: How Far Are We? *Trends Plant Sci*. 24(9):794–801. doi:10.1016/j.tplants.2019.06.004.

Popelářová E, Voříšek K, Strnadová S. 2008. Relations between activities and counts of soil microorganisms. *Plant Soil Env.* 54(4):163–170.

Reyes I, Valery A. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento Del maíz (*zea mays* l.) Con *azotobacter* spp. *Bioagro.* 19(3):117–126.

Rodríguez A. 2016. Quito y su agricultura urbana: AGRUPAR (Ecuador). [accessed 2022 Nov 23]. <http://habitat.aq.upm.es/dubai/14/bp0022.html>.

Rodríguez J, Ríos Y, Baró Y. 2016. Efectividad de cepas de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultiv Trop.* 37:13–19.

Roshinus A, Princely N, Palmer B. 2021. Characterization of agroforestry systems and their effectiveness in soil fertility enhancement in the south-west region of Cameroon. *Curr Res Environ Sustain.* 3:100024. doi:10.1016/j.crsust.2020.100024.

Ruiz S. 2012. Influencia de microorganismos sobre características fisicoquímicos de los suelos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en Tingo María. *Univ Nac Agrar Selva.* [accessed 2023 Feb 23]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/903>.

Sagar A, Rathore P, Ramteke PW, Ramakrishna W, Reddy MS, Pecoraro L. 2021. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Synergistic Interactions to Counteract the Negative Effects of Saline Soil on Agriculture: Key Macromolecules and Mechanisms. *Microorganisms.* 9(7):1491. doi:10.3390/microorganisms9071491.

Sánchez A, Salcedo S, Mendoza R, Pinedo J, Moreno S. 2018. Aislamiento e Identificación de Micorrizas Arbúsculares (MA) Asociadas a la Rizósfera del chile piquín (*Capsicum annum* var. *aviculare* L.). *Investig Desarro En Cienc Tecnol Aliment.* 3:86–91.

Schlatter DC, Kahl K, Carlson B, Huggins DR, Paulitz T. 2018. Fungal community composition and diversity vary with soil depth and landscape position in a no-till wheat-based cropping system. *FEMS Microbiol Ecol.* 94(7):fiy098. doi:10.1093/femsec/fiy098.

Smith JP, Meerow S, Turner BL. 2021. Planning urban community gardens strategically through multicriteria decision analysis. *Urban For Urban Green.* 58:126897. doi:10.1016/j.ufug.2020.126897.

Sotelo LI, Jiménez JA, De Zan AT, Cueto MC. 2012. Efecto de inoculación de microorganismos en crecimiento de rábano (*Raphanus sativus*). *Biotechnol En El Sect Agropecu Agroindustrial*. 10(1):21–31.

Thougnon AJ, Eyherabide M, Echeverría HE, Sainz Rozas HR, Covacevich F. 2014. Capacidad micotrófica y eficiencia de consorcios con hongos micorrícicos nativos de suelos de la provincia de Buenos Aires con manejo contrastante. *Rev Argent Microbiol*. 46(2):133–143. doi:10.1016/S0325-7541(14)70062-8.

Treseder KK. 2013. The extent of mycorrhizal colonization of roots and its influence on plant growth and phosphorus content. *Plant Soil*. 371(1–2):1–13. doi:10.1007/s11104-013-1681-5.

Vetrano F, Miceli C, Angileri V, Frangipane B, Moncada A, Miceli A. 2020. Effect of Bacterial Inoculum and Fertigation Management on Nursery and Field Production of Lettuce Plants. *Agronomy*. 10(10):1477. doi:10.3390/agronomy10101477.

Vieira FCS, Nahas E. 2005. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures. *Microbiol Res*. 160(2):197–202. doi:10.1016/j.micres.2005.01.004.

Weaver RW, Angle S, Bottomley P, Bezdicsek D, Smith S, Tabatabai A, Wollum A. 1994. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. United States (Soil Science Society of America).

Yarwood SA. 2021. 10 - Microbial ecology. In: Gentry TJ, Fuhrmann JJ, Zuberer DA, editors. *Principles and Applications of Soil Microbiology (Third Edition)*. Elsevier. p. 239–267. [accessed 2022 Nov 24]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128202029000101>.

Yu L, Zhang H, Zhang W, Liu K, Liu M, Shao X. 2022. Cooperation between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria and their effects on plant growth and soil quality. *PeerJ*. 10:e13080. doi:10.7717/peerj.13080.

Zhou L, Song C, Li Z, Kuipers OP. 2021. Antimicrobial activity screening of rhizosphere soil bacteria from tomato and genome-based analysis of their antimicrobial biosynthetic potential. *BMC Genomics*. 22(1):29. doi:10.1186/s12864-020-07346-8.

TABLAS

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el suelo para mejoramiento de su rendimiento.

Tratamiento	Fertilización	Biológicos	
	Abono orgánico + minerales	Inóculo micorrízico	PGPR
T1	+	+	+
T2	+	-	+
T3	+	+	-
T4	+	-	-
T5	-	-	-

* (+) aplicación y (-) no aplicación de los tratamientos de fertilización y biológicos.

Tabla 2. Resultados de las mediciones biométricas en las plantas de lechuga.

Medidas biométricas	T1 (IM y PGPR)	T2 (PGPR)	T3 (IM)	T4 (abono orgánico)	T5 (control absoluto)	p-valor
Peso fresco planta (g)	173,3 ^b ± 88	257,2 ^a ± 80,9	206 ^b ± 104,3	182 ^b ± 85,6	152,7 ^b ± 65,7	0,0430
Altura planta (cm)	13,8 ^a ± 1,5	13,5 ^a ± 1,9	12,2 ^b ± 1,9	13,7 ^a ± 2,1	11,9 ^b ± 1,3	0,0103
Diámetro planta (cm)	19,9 ^b ± 3,2	21,9 ^a ± 3	18,7 ^b ± 3,4	19,8 ^b ± 3,5	16,8 ^b ± 3,2	0,0058
Peso fresco raíz (g)	11,1 ^b ± 4,7	20,6 ^a ± 3,3	12,5 ^b ± 5,1	11,5 ^b ± 4,9	11,8 ^b ± 4,6	0,0001
Peso seco raíz (g)	2,5 ^b ± 1,4	5,8 ^a ± 1,4	2,4 ^b ± 1,5	2,7 ^b ± 1,3	3,5 ^b ± 1,5	<0,0001

* Síntesis de la información numérica de las medidas biométricas por tratamiento representadas por la media ± la desviación estándar. ^a y ^b Indican la división por grupo según la prueba de Tukey, siendo ^a las mejores medidas.

FIGURAS

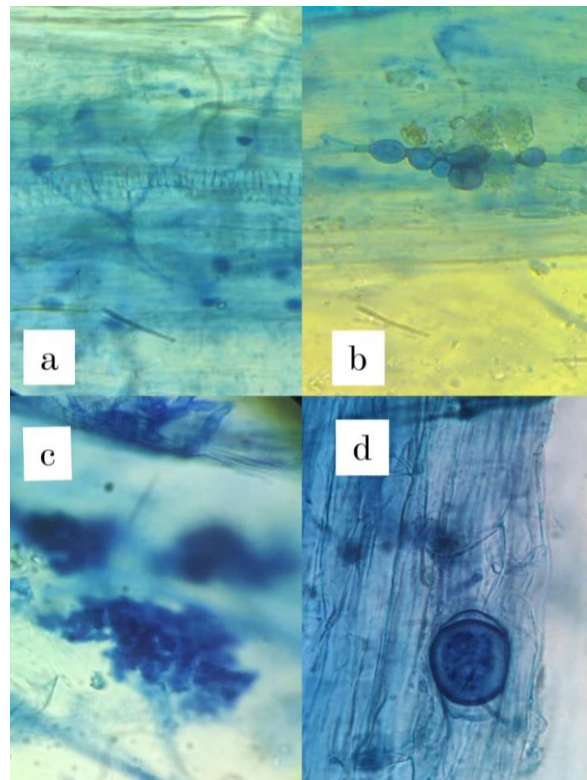


Figura 1. Fotografías de estructuras de hongos micorrízicos arbusculares encontradas en las raíces de lechuga, posterior a la tinción. a: micelio, b: esporas, c: arbúsculos y d: vesícula.

ANEXOS

Resultados del análisis físico químico de la muestra pre tratamiento, elaborados por el laboratorio INIAP.

MC-LASPA-2201-01

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-0756

NOMBRE DEL CLIENTE: Clavijo Andrade Andrea Carolina
PETICIONARIO: Clavijo Andrade Andrea Carolina
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Clavijo Andrade Andrea Carolina
DIRECCIÓN: La Armenia, El valle, San Sebastián de Benalcázar, conjunto New Castle

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 07/10/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:00
FECHA DE ANÁLISIS: 11/10/2021
FECHA DE EMISIÓN: 15/10/2021
ANÁLISIS SOLICITADO: S4

Análisis	Unidad	pH	N		P		S		B		K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases*	MO	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN										
			ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural													
21-3029		8,62	Al	83	A	53	A	6,1	B	0,35	B	1,09	A	12,99	A	3,46	A	2,6	B	10,3	A	22	M	5,1	M	3,75	3,17	15,05	17,55	0,3	B			51	35	14	Franco	MUESTRA 1

Análisis	Al+H*	Al*	Na *	C.E. *	N. Total*	* K H2O*	P H2O*	Cl*	IDENTIFICACION
Unidad	meq/100g			dS/m	%	ppm	ppm	ppm	

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1-2,5)	P K Ca Mg = Olien Modificado
S,B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olien Modificado
	B = Curcumina

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

INTERPRETACION	
pH	Elemento
Ac = Acido	N = Neutro
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicromato de Potasio
Al+H = Titulación NaOH

INTERPRETACION		
Al+H,Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		A = Alto



Firmado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY
 LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación ,etc.que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Resultados del análisis físico químico de las muestras de suelo después de la intervención.

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 22-0385

NOMBRE DEL CLIENTE: Clavijo Andrade Andrea Carolina
PETICIONARIO: Clavijo Andrade Andrea Carolina
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Clavijo Andrade Andrea Carolina
DIRECCIÓN: La Armenia, El Valle, Sebastian de Benalcázar.

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 06/06/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:00
FECHA DE ANÁLISIS: 13/06/2022
FECHA DE EMISIÓN: 17/06/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: SUELO 1

Análisis	Ph		N	P	S*	B*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO.*	Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN	
																				Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural		
22-1422	7,78	L AI	14	B	97	A	1,60	A	13,64	A	4,98	A					20,22								Tratamiento 1 Completo
22-1423	7,89	L AI	8,2	B	67	A	1,87	A	23,33	A	4,86	A					30,06								Tratamiento 2 PGPR
22-1424	7,77	L AI	32	M	111	A	1,46	A	11,00	A	4,28	A					16,74								Tratamiento 3 MICORRIZAS
22-1425	7,80	L AI	23	B	106	A	1,66	A	10,25	A	4,09	A					15,99								Tratamiento 4 ABONO
22-1426	7,66	L AI	23	B	83	A	1,28	A	11,34	A	3,68	A					16,31								Tratamiento 5 CONTROL

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	ppm	ppm	ppm		

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S.B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
	B = Curcumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcatino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Regularen Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titración NaOH

INTERPRETACION		
Al+H,Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Saltr
T = Tóxico		M. = Medio
		A = Alto


 Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación ,etc.que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Resultados del análisis nutricional de las muestras frescas de lechuga después de la intervención.

MC-LASPA-2201-01



ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tlís. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec

INFORME DE ENSAYO No: 22-0340

NOMBRE DEL CLIENTE: Clavijo Andrade Andrea Carolina
PETICIONARIO: Clavijo Andrade Andrea Carolina
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Clavijo Andrade Andrea Carolina
DIRECCIÓN: La Armenia, El Valle, Sebastián de Benalcázar

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

10/05/2022
8:41
16/05/2022
20/05/2022
T1

N° muestra	N	P	K	Ca	Mg	S*	MS*	B*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Na*	Cl*	CE*	Humedad*	Materia orgánica*	Carbono orgánico*	pH*	C/N*	Identificación de la muestra
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	ms/cm	(%)	(%)	(%)			
22-1293	3,69	0,46	5,51	1,09	0,31																T1 COMPLETO
22-1294	4,20	0,54	7,55	1,24	0,41	0,39															T2 PGPR
22-1295	3,97	0,71	7,68	1,10	0,33	0,40															T3 MICO
22-1296	4,03	0,71	8,42	0,97	0,32	0,47															T4 ABONO
22-1297	3,71	0,47	6,67	1,28	0,31	0,38															T5 CONTROL

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Firmado electrónicamente por:
**JOSE ALONSO
LUCERO
MALATAY**
LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente



Firmado electrónicamente por:
**IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MAIGUA**

RESPONSABLE DE LABORATORIO