**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS y PECUARIAS**

**“Dr. MARTÍN CÁRDENAS”**



**USO DE *Bacillus* sp. Y TÉCNICAS DE LABRANZA PARA LA MULTIPLICACIÓN DE ESPORAS DE MICORRIZA**

**ARBUSCULARES (MA)**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRONÓMO.**

**OMAR FLORES LLANQUE**

**COCHABAMBA-BOLIVIA**

**2021**

**Uso de *Bacillus* sp. y técnicas de labranza para la multiplicación de esporas de micorriza arbusculares (MA)**

Omar Flores1 y Noel Ortuño1

Laboratorio de AgroMicrobiología Agrícola y bioinsumos FCAyP-UMSS

*E mail: nortuno@umss.edu.bo*

**Resumen.** El presente trabajo de investigación se ejecutó en el invernadero Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón. Ubicado a 5 km de la avenida Petrolera, Provincia de cercado, ciudad de Cochabamba-Bolivia, a una altitud de 2750 msnm. El objetivo es, evaluar el efecto de labranzas y microorganismos nativos PGPRs. sobre la multiplicación de esporas de micorrizas arbusculares (MA), en plantas de cebolla y la microbiología del suelo (bacterias totales y hongos totales). Se estudió dos técnicas de labranzas: labranza tradicional (LT) y labranza mínima (LM) y tres dosis de *Bacillus* BN1=*Bacillus* 1 kg/ha, BN2=*Bacillus* 2 kg/ha y BN3=*Bacillus* 3 kg/ha + un testigo. Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó diseño completamente aleatorio (DCA), estableciéndose 8 tratamientos con 4 repeticiones, un total de 32 unidades experimentales; se evaluaron las siguientes variables, tasa de reproducción de esporas de MA, UFCs. de hongos totales y UFCs. de bacterias totales, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, peso de planta, rendimiento comercial del bulbo, diámetro de bulbo y longitud de raíz. El análisis estadístico para los microrganismos consistió en análisis de chi cuadrado y para la cebolla en el análisis de variancia y la prueba de modelos lineales generales, con el software SAS 8.2, de los caracteres que resulten significativos. De los resultados obtenidos se tiene las siguientes:En la multiplicación de MA se obtuvo los mejores efectos con la aplicación de la LM+NB3. Los mejores efetosdentro del desarrollo del cultivo de cebolla que respondieron satisfactoriamente mayor rendimiento comercial de bulbos se muestran con la aplicación del T8= LT+NB3, seguido del T6= LT+NB1, T7= Lt+NB2 y el T4= LM+NB3 fue el que tuvo menor rendimiento en relación a los demás tratamientos.

**Palabras clave**: multiplicación, micorriza, *Bacillus*, labranza, cebolla.

**Abstract. Use of *Bacillus* sp. and tilling techniques for the multiplication of arbuscular mycorrhize Spores.** This research work was carried out in the greenhouse Faculty of Agricultural and Livestock Sciences of the Universidad Mayor de San Simón. Located 5 km from Petrolera Avenue, Cercado Province, city of Cochabamba-Bolivia, at an altitude of 2750 meters above sea level. The objective is to evaluate the effect of crops and native microorganisms PGPRs on the multiplication of arbuscular mycorrhizal (AM) spores in onion plants and the microbiology of the soil (total bacteria and total fungi). Two tillage techniques were studied: traditional tillage (LT) and minimum tillage (LM) with four with a control + three levels of PGPRs formulated with *Bacillus*: control, BN1 = *Bacillus* 1 kg / ha, BN2 = *Bacillus* 2 kg / ha and BN3 = *Bacillus* 3 kg / ha. For the distribution of the experimental units, a completely random design (DCA) was used, establishing 8 treatments with 4 repetitions, a total of 32 experimental units; The following variables were evaluated, AM spore reproduction rate, CFUs of total fungi and CFUs of total bacteria, plant height, stem diameter, number of leaves, plant weight, commercial bulb yield, bulb diameter and root length. The statistical analysis for the microorganisms consisted of chi square analysis and for the onion in the variance analysis and the test of general linear models, with SAS 8.2 software, of the characters that are significant. From the results obtained, the following are obtained: In the multiplication of MA, the best effects were obtained with the application of the LM + NB3. The best effects within the development of the onion crop that responded satisfactorily to the highest commercial yield of bulbs are shown with the application of T8 = LT + NB3, followed by T6 = LT + NB1, T7 = Lt + NB2 and T4 = LM + NB3 it was the one that had the lowest performance in relation to the other treatments.

**Keywords:** multiplication, mycorrhiza, *Bacillus*, crops, onion

# INTRODUCCIÓN.

La demanda de alimentos a nivel mundial cada año es mayor, lo que hace necesario la aplicación de tecnologías, el uso excesivo de maquinaria agrícola en la labranza del suelo y la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, para obtener mayores rendimientos en los cultivos de hortalizas (Ferro 2017).

Estos agroquímicos cuando se hace un mal uso sin previo análisis de suelo hacen daño a suelos fértiles volviéndose en infértiles, contaminan las aguas dulces de lagos y ríos, poniendo en riesgo la salud de las personas y animales que consumen estas aguas (Pedraza *et al,* 2010).

La labranza es el conjunto de técnicas u operaciones que se realizan para preparar una cama de suelo para la siembra y desarrollo de un determinado cultivo. Produce modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de la conservación de algunas propiedades de los suelos: Degradación integral del recurso suelo (propiedades físicas, químicas y biológicas), incremento de erosión hídrica, eólica y paulatina pérdida de productividad de los suelos (Mayorga 2020).

La labranza mínima es la menor cantidad de labranza requerida para crear condiciones de suelo adecuadas para la germinación de la semilla y establecimiento de la planta (Rojas 2001).

La labranza tradicional o convencional se realiza con el uso de maquinarias de alta tecnología con distintos implementos, como arado, la rastra o implementos acoplados a un tractor, o por medio de la yunta o fuerza humana a nivel de agricultura de pequeña escala (Avila 2019).

Actualmente se buscan nuevas tecnologías sostenibles de producción orgánica y ecológica, como el uso de los microorganismos benéficos, controladores de patógenos y promotores de crecimiento, que conserven o mejoren el rendimiento, calidad en los productos y las características del suelo (Rojas *et al,* 2012).

**PGPR:** Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal

**HMA:** Hongos formadores de micorrizas arbusculares (Cano 2011).

El género *Bacillus* forma de endosporas, como estructura de sobrevivencia a condiciones desaforarles, los habitantes regulares del suelo y constituyen parte de la rizosfera de las plantas son colonizadores eficaces, debido a que son productores de sustancias como hormonas, antibióticos y otro metabolito que impiden el establecimiento de microorganismos patógenos (Ccama 2017).

Los hongos existentes en el suelo realizan interacciones con las raíces de las plantas, encontrándose en un 80 % de plantas terrestre son micorrizadas, pero el 95% de las plantas micorrizadas son colonizadas por la especie de micorriza arbuscular (MA), aportando múltiples beneficios, como en la absorción de murientes, resistencia a patógenos y resistencia en condiciones de estrés biótico y abiótico (Schalamuk *et al.* 2003).

Interacción biológica entre micorriza, bacteria y planta. Cada elemento de esta asociación juega un rol. Es muy importante saber que los hongos micorrícicos son simbiontes obligados ya que necesitan una planta para sobrevivir y completar su ciclo biológico; de lo contrario, la bacteria *Bacillus* se desarrolla de manera natural en los suelos de todo el mundo (Tech 2015).

Cuando la cantidad de esporas presentes en una muestra de suelo proveniente del campo es muy reducida, se recomienda reproducir los hongos en condiciones controladas empleando plantas micotróficas y sustratos estériles. Este sistema, conocido como cultivo en planta trampa. (García *et al.* 2000).

Para la selección de plantas trampa se sugieren criterios para elegir esta planta debe ser micotróficas, de buen crecimiento, debe estar adaptado al clima (temperatura, luz, etc.) del sitio donde los hongos serán cultivados (Molina 2006).

Entre las especies que han demostrado ser buenas hospedantes se encuentran: *Brachiaria decumbens, Arachis hypogaea, Plantago lanceolata, Sorghum bicolor, Sorghum vulgare, Medicago sativa, Paspalum notatum, Fragaria* sp*., Zea mays y Allium cepa* (Osorio 2008).

Por eso es necesario evaluar el efecto de labranzas y microorganismos nativos PGPRs sobre la multiplicación de esporas de micorrizas arbusculares (MA).

# Materiales y métodos

El trabajo se ejecutó en un invernadero semi sombra en la FCAyP de la UMSS. Geográficamente está localizado en el km 5 de la avenida Petrolera, provincia de Cercado, ciudad de Cochabamba-Bolivia, a 17º24” de longitud sur y 66º10” de longitud oeste, la temperatura promedio anual es de 18ºC, humedad relativa media de 56%, precipitación promedio anual de 450 mm y una altitud de 2750 msnm.

### *Material biológico:*

Se utilizaron cepas de micorrizas arbusculares (MA) y *Bacillus* sp. provenientes del “cepario de microorganismos nativos del laboratorio de Microbiología Agrícola y Bioinsumos”, de la FCAPyF-UMSS. Se utilizaron plantas de cebolla (*Allium cepa* L*.*) como plantas trampa,para evaluar el efecto PGPR de *Bacillus* y las técnicas de labranza en la multiplicación de micorrizas arbusculares (MA). Los plantines de cebolla se trasplantaron a un sustrato de arena, limo y chala de arroz (1:1:1), una ves homogenizado se embolsó en macetas de (0.20\*0.50\*0.50 m), a los 7 días del trasplante se inocularon con *Bacillus* sp. y Micorrizas (MA). Después de la cosecha se realizó, en laboratorio, la cuantificación de esporas de micorrizas (MA), UFCs de hongos y bacterias totales.

## *Tratamientos*

Los tratamientos estuvieron constituidos de dos tipos de micro organismos nativos combinados con dos tipos de labranzas. (cuadro 1).

Se utilizó micorrizas (MA) 100 kg/ha el cual contenía 150 esporas/gr de suelo, como inóculo para su multiplicación.

Cuadro 1. Factores y niveles utilizados en la investigación

|  |  |
| --- | --- |
| Factores | Niveles |
| Técnicas de labranzas | **Labranza**   * Mínima (LM) * Tradicional (LT) |
| microrganismo (PGPR) | **Bacteria tipo *Bacillus* sp. 1\*106 UFC**   * 0 kg/ha (testigo) * 1 kg/ha=NB1 * 2 kg/ha=NB2 * 3 kg/ha=NB3 |

NB=nivel de *Bacillus*

Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó diseño completamente aleatorio (DCA), estableciéndose 8 tratamientos con 4 repeticiones, un total de 32 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó en dos partes: para las variables con **microrganismos** consistió en análisis de chi cuadrado y para las variables de la **cebolla**, en el análisis de variancia, donde se aplicó la prueba de modelos lineales generales para realizar análisis de tendencias, con el software SAS 8.2, con los caracteres que resultaron significativos.

## *Variables de respuesta*

Las variables que se evaluaron (por unidad experimental) **en microrganismos** fueron: tasa de reproducción y cantidad de esporas de micorrizas (MA), UFCs de hongos y bacterias totales; en cebolla **(por planta):** altura de planta, diámetro de tallo, numero de hojas, peso de planta, rendimiento comercial del bulbo, diámetro de bulbo y longitud de raíz.

# Resultados y discusión

***MICRORGANISMOS***

***Micorrizas Arbusculares MA***

Para la variable esporas de (MA), se encontraron diferencias altamente significativas entre las labranzas (p<0,0001), *Bacillus* (p<0,0001) y en la combinación de ambos (p<0,0001).

En la Figura. 1, se muestra los efectos de las labranzas. Con mejor efecto la LM=1398 esporas/ 100 gr. de suelo de MA y tuvo menor efecto la LT=1268 esporas de MA en 100gr de suelo. Las prácticas de labranza mínima o reducida reflejan mayor presencia de los microorganismos del suelo, favorece la acumulación e incorporación de residuos vegetales sobre la superficie del suelo, la dinámica de colonización y esporulación coinciden con el ciclo de cultivo, lo que conjuntamente con la baja cantidad de esporas (Schalamuk *et al.* 2003).

Cuando se aplicó nivel de *Bacillus* sp. Figura. 2, el testigo=1209 esporas de MA, disminuye NB1=1109 esporas de MA, pero a medida que se incrementa el nivel de *Bacillus*, incrementa ascendentemente las esporas de MA, hasta NB3=1646 esporas MA. Este hecho se puede atribuir a la interacción biológica entre la “micorriza, la bacteria y la planta”, cada elemento de esta asociación juega un rol crucial para ayudar a otros organismos a desarrollarse a su máximo potencial. Los hongos micorrícicos son simbiontes obligados por que necesitan una planta para sobrevivir y completar su ciclo biológico (Tech 2015).

Cuando se combinó las labranzas con *Bacillus* sp. Figura. 3, se muestra un incremento de esporas a media que aumenta el nivel de *Bacillus,* en la labranza tradicional hasta BN3+LT=1830 y en la labranza mínima hasta BN3+LM=1462, resultando con mejor efeto la labranza mínima sobre la multiplicación de micorrizas (MA). La falta de labranza suministra las condiciones más apropiadas para el establecimiento de la simbiosis entre las plantas y el hongo (Schalamuk 2003).

Figura 1. Efecto de las labranzas sobre la multiplicación de esporas de micorrizas (MA).

Cuadro 2. Tasa de reproducción de micorrizas arbusculares (MA) con la aplicación de las labranzas.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Factor** | **Niveles** | **Esporas en 100 gr/suelo** | **Tasa de reproducción**  **TR=Pf/Pi** | **Reproducción** |
| Labranzas | LM | 279,63 | 1,07 | HR |
| LT | 253,5 | 0,97 | NHR |

HR= hubo reproducción.

NHR=no hubo reproducción.

Este hecho demuestra que con la aplicación de la LM tiende a incrementar mejor que con la LT, la TR de esporas MA (cuadro 2).

Figura 2. Efecto del nivel de *Bacillus* sp. sobre la multiplicación de esporas de micorrizas (MA).

**Cuadro 3.** Tasa de reproducción TR de micorrizas arbusculares con la aplicación de *Bacillus*.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Factor** | **Niveles** | **Esporas en 20/gr** | **Tasa de reproducción TR=Pf/Pi** | **Reproducción** |
| *Bacillus* | Testigo | 252,5 | 0,93 | NHR |
| BN1 | 222 | 0,85 | NHR |
| BN2 | 329,25 | 1,05 | HR |
| BN3 | 362,5 | 1,26 | HR |

Este hecho demuestra que a medida de aumenta el nivel de *Bacillus* incrementa la TR de MA, siendo con la aplicación de BN3 (cuadro 10).

Figura 3. Efecto del nivel de *Bacillus* sp. en combinación con las labranzas sobre la multiplicación de micorrizas (MA).

**Cuadro 4.** Tasa de reproducción de Micorrizas (MA), con la aplicación de labranzas en combinación con *Bacillus sp*.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tratamientos** | **Códigos de los tratamientos** | **Esporas en 100 gr/suelo** | **Tasa de reproducción TR=Pf/Pi** | **Reproducción** |
| Tratamiento 1 | LM\*BN0 | 255 | 0,96 | NHR |
| Tratamiento 2 | LM\*BN1 | 233,5 | 0,81 | NHR |
| Tratamiento 3 | LM\*BN2 | 292,5 | 1,12 | HR |
| Tratamiento 4 | LM\*BN3 | 233 | 1,40 | HR |
| Tratamiento 5 | LT\*BN0 | 250 | 0,89 | NHR |
| Tratamiento 6 | LT\*BN1 | 210,5 | 0,89 | NHR |
| Tratamiento 7 | LT\*BN2 | 366 | 0,98 | NHR |
| Tratamiento 8 | LT\*BN3 | 292 | 1,12 | HR |

Si la TR es mayor que 1, representa que hubo reproducción. Este hecho de los tratamientos que resulta de la aplicación de las labranzas en combinación de PGPRs formulados con *Bacillus*, demuestra que a medida que se incrementa el nivel de *Bacillus* incrementa la TR de esporas de MA, tanto en la LM y LT, siendo mejor con la aplicación de la combinación BN3+LM en relación a la combinación BN3+ LT como se observa en el cuadro 4, para la multiplicación de micorrizas MA, por el método de Sustrato Sólido, generalmente se busca un medio que proporcione aireación, baja proporción de nutrientes disponibles, que no inhiban el establecimiento de la asociación y libre de patógenos (Osorio *et al.* 2008).

***Hongos totales (HT).***

Para la variable hongos totales (HT) se encontraron diferencias altamente significativas entre las técnicas de labranzas (p<0,0001), *Bacillus* (p<0,0001) y en la combinación de ambos (p<0,0001).

Con la aplicación de las labranzas Figura. 4, Con mayor efecto la LT=9,6x105 UFC de HT en 1g/suelo y tuvo menor efecto la LT=7,1x105 UFC de HT en 1gr/suelo.

Cuando se aplicó *Bacillus*, Figura. 5, a medida que incrementa el nivel de *Bacillus*, incrementa ascendentemente las UFCs de HT, hasta NB3=4,39x107 UFC de HT en 1gr/suelo. Recientemente, los indicadores biológicos o bioindicadores han surgido con fuerza en este campo debido al hecho de su mayor sensibilidad y rapidez de respuesta, frente a las perturbaciones/variables introducidas en el ecosistema suelo (Garbisu et al. 2007).

Las labranzas en combinación con *Bacillus* sp. Figura. 6, con aplicación de la labranza tradicional incrementa ascendentemente a medida que incrementa el nivel de *Bacillus* hasta el NB2=1,45x106 y disminuye con el NB3=1,25x106 y con la aplicación de la labranza mínima también incrementa ascendentemente a medida que incrementa el nivel de *Bacillus*, hasta NB3=1,03x106 UFCs de HT. La siembra directa modifica el ambiente suelo respecto a las labranzas convencionales generando cambios en su biología y el desarrollo radical, afectarían la dinámica de colonización de estos microorganismos y la esporulación (Schalamuk 2003).

Figura 4. Efecto de las labranzas sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de los hongos totales.

Figura 5. Efecto del nivel de *Bacillus* sp. sobre las unidades formadoras de colonias UFCs, de los hongos totales.

Figura 6. Efecto de las labranzas en combinación con del nivel de *Bacillus*, sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos totales.

***Bacterias totales (BT).***

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre las labranzas (p<0,0001), *Bacillus* sp. (p<0,0001), y en la combinación de ambos (p<0,001).

En la Figura. 7, se muestra los efectos de las labranzas. Con mayor efecto la LT=9,49x107 UFC de HT en 1g/suelo y tuvo menor efecto con la LT=6,7x107 UFC de BT en 1gr/suelo.

Con la aplicación de *Bacillus*, Figura. 8, a medida que se incrementa el nivel de *Bacillus*, disminuye las UFCs de BT hasta el NB3=4,39x107 UFCs de HT. Las actividades de labranza tradicional contribuyen a acelerar los procesos de degradación del suelo y a largo plazo, a la disminución de la producción y la actividad microbiológica. La M.O, la porosidad y humedad influyen directamente en la recuperación de la estructura y estabilidad a los suelos (García et al. 2018).

Las labranzas en combinación con *Bacillus* sp. Figura. 9, con la aplicación de la labranza tradicional*,* disminuye descendentemente las (BT) a medida que incrementa la dosis de *Bacillus* sp.*,* hasta el NB3=3,13x107 y con la aplicación de la labranza mínima disminuye linealmente a medida que incrementa el nivel de *Bacillus*, hasta el NB2=3,36x107, e incrementa cuadráticamente con el BN3=5,65 x107. Este hecho se puede atribuir porque los microrganismos PGPRs y micorrizas MA solubilizan el fósforo del suelo y funciona como controlador de patógenos mediante el mecanismo antibiosis o antagonismo de los fitopatógenos del suelo como *Alternaria, Fusarium, Phytophtora, Rhizoctonia y Sclerotium* (Albarado 2011). Por otra parte, las poblaciones reales de las bacterias totales dependen del tipo de material básico, de las condiciones locales ambientales y de las enmiendas utilizadas en los cultivos (Morales 2009).

Figura 7. Efecto de las labranzas, sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de las bacterias totales (HT).

Figura 8. Efecto de los *Bacillus* sp. sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de las bacterias totales (HT).

Figura 9. Efecto de los *Bacillus* sp. en combinación con las labranzas, sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias totales (BT).

***PLANTA DE CEBOLLA* (*Allium cepa* L.)**

***Altura de planta.***

Para esta variable el ANVA no mostró diferencias significativas entre las labranzas (p=0,4035), *Bacillus* (p=0,9946), ni en la combinación de ambos (p=0,7137). Este hecho puede atribuirse a que todas las unidades experimentales fueron inoculadas con micorrizas que su función es la estimulación del crecimiento de las plantas por diferentes mecanismos, como ser la producción de fitohormonas, tales como auxinas, citoquininas y giberelinas, que contribuyen al desarrollo de las plantas al influir sobre el metabolismo de estas, ya sea inhibiendo o promoviendo su crecimiento y desarrollo (Pulido et al. 2003). La conversión de Labranza convencional a siembra a directa requiere un largo espacio de tiempo para que la acumulación de la materia orgánica seca, el crecimiento y descomposición de raíces; así como, la actividad de la mesofauna promueva la formación de una red continua de macroporos que permitan disminuir la resistencia mecánica ejercida por el suelo endurecido por la remoción continua (Avila 2009).

***Número de hojas.***

Para esta variable el ANVA no se mostró diferencias significativas entre las labranzas (p=0,4001), *Bacillus* (p=0,9921), ni en la combinación de ambos (p=0,7043)

***Diámetro de tallo.***

Para esta variable el ANVA no se mostró diferencias significativas entre las labranzas (p=0,1600), *Bacillus* (p=0.8270), ni en la combinación de ambos (p=0.9946).

***Rendimiento comercial del bulbo.***

Para el rendimiento comercial de bulbo se encontraron diferencias altamente significativas solo para las labranzas (p=0,0008). En la Figura. 10, se observa el mejor rendimiento con la labranza tradicional LT=25,10 tn/ha, en relación a la labranza mínima LM=17,46 tn/ha. Este hecho puede atribuirse a una característica distintiva de los sistemas de siembra directa o labranza mínima es la estratificación de los nutrientes poco móviles, básicamente P y K, en los primeros centímetros del suelo, debido a la falta de incorporación con herramientas. Esta acumulación en superficie puede limitar su absorción por las plantas (Schalamuk 2003).

Figura 10. Efecto de las labranzas sobre el rendimiento comercial del bulbo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).

***Peso de planta (bulbo + follaje)***

Para el peso de planta (bulbo + follaje), se encontraron diferencias altamente significativas para las labranzas (p=0,0001) y entre las labranzas en combinación con *Bacillus* (p=0.0028), pero no hubo cuando de aplico solo *Bacillus* sp.

Con la aplicación de las labranzas, Figura. 11, mostro mejor efecto la labranza tradicional LT=116,36 gr/bulbo, en relación a la labranza mínima LM=79,25 gr/bulbo. En el cultivo de frejol al comparar los dos sistemas de labranza, la labranza mínima mostró un menor número de vaina por planta, con un promedio inferior al 23% del tratamiento con labranza convencional (Aviles 2019).

Cuando se combinó la labranza mínima con *Bacillus,* a medida que incrementa el nivel de *Bacillus* disminuye el peso de planta hasta el NB3=70,19 gr, en cambio cuando se aplicó la labranza tradicional a medida que incrementa la dosis de *Bacillus* es mayor el peso de planta, hasta BN3=136,13 gr, como muestra la Figura. 11, que es muy superior en relación al testigo=90,00 gr. Con el uso de estos biofertilizantes se puede producir plantas más vigorosas, en menor tiempo y mayor rendimiento, evidenciándose de esta manera la capacidad de las micorrizas, cuando son combinadas bacterias rizosférias que garantizas las necesidades nutricionales de la planta y la calidad de la cosecha y señala que conserva la energía de las plantas (Tech 2015). La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo (Julca *et al*. 2006). Las bacterias solubilizadoras de fosfato, son protagonistas en el proceso de mineralización del fósforo (P) en el suelo, favorece el rendimiento de las cosechas y mejora la fertilidad del suelo (Amaguaña 2020).

Figura 11. Efecto de las labranzas, sobre el peso de planta (bulbo + follaje).

Figura 12. Efecto de las labranzas en combinación con Bacillus, sobre el peso de planta (bulbo + follaje).

***Diámetro de bulbo***

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas solo para las labranzas (p=0,002).

Con la aplicación de las labranzas, Figura. 13, se mostró mejor efecto con la LT=38,92 mm en relación a la LM=30,58 mm. Se asevera que los bulbos mejoran su formación, cuando el distanciamiento permite una menor compactación del suelo, posiblemente también favoreció las labores culturales de la labranza tradicional como la remoción del suelo como los aporques, se aflojo el suelo de manera tal que el bulbo crezca en diámetro sin ningún problema en comparación de la labranza mínima (Chanalata 2013).

Figura 13. Efecto de las labranzas sobre el diámetro de bulbo cebolla (*Allium cepa* L.).

***Longitud de raíz.***

Para esta variable se encontraron diferencias significativas con las labranzas (p=0,0264) y entre las labranzas en combinación con *Bacillus* (p=0.0075), pero no hubo cuando de aplico solo *Bacillus* sp.

Con la aplicación de las labranzas, Figura. 14, se observa mayor longitud con la LM=18,36 cm y menor efecto con la LT=16,94 cm.

Cuando se aplicó *Bacillus* sp. (Figura 15), se observó que a medida que incrementó el nivel de *Bacillus,* incrementa ascendentemente la longitud de raíz, hasta el NB3=19,63 cm. Este resultado puede atribuirse al realizar las labores culturales como el aporque se dañaron las raíces y ocasiono un retardo en una formación de simbiosis entre la planta, micorriza y *Bacillus*, donde se afirma que el crecimiento del sistema radicular en los suelos es afectado por la gama de propiedades del mismo, pero a su vez, las propiedades del suelo son modificadas por las raíces, como también el riego que induce cambios significativos en el crecimiento radicular los cuales pueden tener consecuencias importantes para la producción y calidad del cultivo (Molina 2012).

Figura 14. Efecto de las labranzas sobre la longitud de raíz de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.).

**Figura 15.** Efecto del nivel de *Bacillus* sp. sobre la longitud de raíz.

# CONCLUSIONES

Las plantas trampas de cebolla (*Allium cepa* L.) inoculadas con *Bacillus* sp. respondieron significativamente a la esporulación, mostrando mayor producción de esporas de micorrizas arbusculares (MA), con la labranza mínima LM y en las unidades experimentales inoculadas con 3 kg/ha de *Bacillus* sp. NB3

Las densidades poblacionales microbianas. Para las colonias de hongos totales, en las unidades experimentales inoculadas con *Bacillus* sp. respondieron significativamente al incremento, resultando ser mayores con la LT+NB3. Para las colonias de las bacterias totales, a medida que incrementa el nivel de *Bacillus* sp. disminuye las UFCs, con la LM y LT disminuye hasta el NB2 e incrementa con el NB3.

El tamaño de planta, diámetro de tallo, número de hojas no presentaron significancia en ningún tratamiento, el diámetro de bulbo y rendimiento comercial del bulbo de la cebolla no se vio afectada con la dosis de *Bacillus*, sin embargo, la LT contribuye a incrementar el rendimiento, siendo superior en relación a la LM. Las plantas inoculadas con *Bacillus* sp. respondieron significativamente a la longitud de raíz y la mayor respuesta con la LM.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaguaña, C. D. P. 2020. Efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) a tres dosis y tres frecuencias. Trabajo de titulación para la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Consultado el 1 de febrero de 2021. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21977/1/T-UCE-0004-CAG-274.pdf p. 9.

Avila, M. O. 2019. Efecto de la labranza convencional y siembra directa en las propiedades químicas de un suelo sembrado con maíz y fréjol. Trabajo requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas. Consultado el 26 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17977/1/T-UCE-0004-CAG-078.pdf p. 35-40.

Avila, M. O. 2019. Efecto de la labranza convencional y siembra directa en las propiedades químicas de un suelo sembrado con maíz y fréjol. Trabajo requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas. Consultado el 26 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17977/1/T-UCE-0004-CAG-078.pdf p. 35-40.

Cano, A. M.; 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Ingeniería Agronómica. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 14(2). Consultado el 15 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf p. 9.

Ccama, D. M. 2017. Dosis y número de aplicaciones de un formulado biológico *(Azotobacter salinestris, Bacillus amyloliquefaciens, Rhizophagus intraradices) en Allium cepa cv*. ‘Century’. Tesis de grado, Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía. Consultado el 15 de marzo de 2021. Disponible en: http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4441/AGmacced.pdf?sequence=1&isAllowed=y p. 16-30.

Chanalata, C. M. 2013. Respuesta de la cebolla perla (*Allium Cepa* L.), a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego. Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Consultado el 25 de febrero del 2021. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1100/1/T-UCE-0004-8.pdf p.107y108.

Ferro, M. C. 2017, Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio-productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza. Tesis de grado, Mendoza, Argentina, Universidad Nacional de Cuyo Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado el 17 de julio de 2021, disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\_digitales/9752/tesis-irnr-mansilla-ferro-carolina-2017.pdf p.10-35

Garbisu, C., Becerril J.M., Epelde L, Alkorta I; 2007 Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. Dpto. Biología Vegetal y Ecología, Universidad del País Vasco, Ecosistemas 16 (2). Consultado el 15 de abril de 2021. Disponible en: https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/127/124 p. 44-49.

García R. D.; Cárdenas F. J; Parra S. A. 2018. Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos, Colombia, Revista Suelos Ecuatoriales 27. consultado el 10 de marzo de 2021. Disponible en: https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/3919/4889#info. DOI: 10.22267/rcia.183501.79 p. 18-22.

García, C; Manuel, A; Franco J; Quintero I. M. 2000. Catálogo de Cepas de Micorrizas Arbusculares. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Documento de trabajo N.º 182. consultado el 12 de febrero del 2021. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat\_digital/CIAT/books/historical/197.pdf p. 8-10.

Julca O. A.; Florián. M. L.; Sevillano B. R.; Amez B. S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Depto. Fitotecnia. IDESIA. Volumen 24. consultado el 19 de marzo del 2021 disponible en: https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf p.52-55.

Mayorga, P. J. D. 2020. Manejo de sistemas de labranzas en suelos de la cuenca del Río Guayas, retos y perspectiva. Examen de grado de carácter previo a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Los Ríos, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad De Ciencias Agropecuarias consultado el 4 de febrero de 2020, Disponible en: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7973/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000218.pdf?sequence=3&isAllowed=y p. 3-10.

Molina, D. G.; Zapata, C. M.; Magaña, C. G.; Gonzalez Z. A. y Pérez, S. J. 2012. Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(4). Consultado el 21 de febrero de 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318338280\_Efectos\_de\_tres\_sistemas\_de\_labranza\_y\_mejoradores\_de\_suelo\_en\_la\_disponibilidad\_de\_humedad\_y\_volumen\_de\_exploracion\_de\_raices. p. 719–727.

Molina, D. G.; Zapata, C. M.; Magaña, C. G.; Gonzalez Z. A. y Pérez, S. J. 2012. Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(4). Consultado el 21 de febrero de 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318338280\_Efectos\_de\_tres\_sistemas\_de\_labranza\_y\_mejoradores\_de\_suelo\_en\_la\_disponibilidad\_de\_humedad\_y\_volumen\_de\_exploracion\_de\_raices. p. 719–727.

Morales, A. J. 2009. La calidad microbiológica del suelo y del compost del parque Itchimbía en su proceso de recuperación. Tesis de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología Pichincha, Facultad de Ingeniería en Biotecnología. ESPE., consultado el 22 de febrero de 2021. Disponible en: http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/1002?locale-attribute=en p. 19-40.

Osorio, U. C.; Sánchez, C. D. y Molano, F. A.; 2008. Multiplicación de hongos micorriza arbusculares (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano. (Musa AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). Colombia, Revista Facultad Nacional Agraria Medellín 61(1). consultado el 21 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a05v61n1.pdf p. 4279-4290.

Osorio, U. C.; Sánchez, C. D. y Molano, F. A.; 2008. Multiplicación de hongos micorriza arbusculares (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano. (*Musa AAA* cv. *Gran Enano*) (*Musaceae*). Colombia, Revista Facultad Nacional Agraria Medellín 61(1). consultado el 21 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a05v61n1.pdf p. 4279-4290.

Pedraza; O. R.; Teixeira, S. O. K.; Scavino, F. A.; Salamone, G. I.; Baca E. B.; Azcón R., Baldani D. L. V. y Bonilla R. 2010. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Colombia, Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria11(2). Consultado el 17 de julio de 2021, disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029007.pdf p.155-164.

Pulido, L. E.; Medina, N. y Cabrera, A. 2003. La Biofertilización con Rizobacterias Y Hongos Micorrízicos Arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) y cebolla (*Allium cepa* L.) crecimiento vegetativo de cultivos tropicales. La Habana, Cuba, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 24(1). Consultado el 24 de febrero de 2021. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221003.pdf p. 15-24

Rojas, A. L. 2001. La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica 12(2). Consultado el 20 de julio de 2021. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/437/43712213.pdf p. 209-212

Rojas, M. P; Limachi, J. M.; Ortuño, N. 2012. Uso de microorganismos nativos como promotores de crecimiento y supresores de patógenos en el cultivo de la papa en Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa, ISSN, Vol. 17. Consultado el 17 de julio de 2021, disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5512156 p.74-96.

Schalamuk, S.; Chidichimo, C. M. y Velázquez, S. H. 2003. Efecto de la siembra directa y labranza convencional sobre la colonización micorrizica y esporulación en trigo. La Plata, Argentina, Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, Boletín Micológico 18(1). consultado el 24 de marzo de 2021. Disponible en: https://ieya.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/download/405/368 p. 15.

Tech, H. 2015. Rouphael Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops, Scientia Horticulturae, Vol. 196, Consultado del 21 de abril de 2021. Disponible en: https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/obtenga-mas-valor-por-medio-de-la-asociacion-tripartita/. p. 91-108.

Tech, H. 2015. Rouphael Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops, Scientia Horticulturae, Vol. 196, Consultado del 21 de abril de 2021. Disponible en: https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/obtenga-mas-valor-por-medio-de-la-asociacion-tripartita/. p. 91-108.