



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

Autor:

Taimal Martínez Segundo Ramiro

DIRECTOR

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

IBARRA-ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA: “EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO”

AUTOR: TAIMAL MARTÍNEZ SEGUNDO RAMIRO

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO: Ing. Miguel Alejandro Gómez, MSc.

COMITÉ LECTOR:

Ing. Ingrid Martínez, PhD.

Ing. Franklin Sánchez, MSc.

Ing. María José Romero MSc.

AÑO: Mayo 2019

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: La presente investigación fue realizada en la parroquia San Juan de Ilumán, Otavalo.

Ibarra – Ecuador 2019

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Taimal Martínez

NOMBRES: Segundo Ramiro

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1004336697

FECHA DE NACIMIENTO: 14 de agosto de 1992

ESTADO CIVIL: Soltera

DIRECCIÓN: Parroquia San Isidro, Cantón Espejo

TELÉFONO: 0990599061 Fijo. 06 - 3017555

E-MAIL: ramirotm92@gmail.com

FECHA: 20 de Mayo del 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 20 de Mayo del 2019

TAIMAL MARTÍNEZ SEGUNDO RAMIRO

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO”.

TRABAJO DE GRADO

Ingeniero en Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Agropecuaria, Ibarra, 20 de mayo del 2019.

DIRECTOR: Ing. Miguel Alejandro Gómez, MSc.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo la aplicación de un biol mejorado.

Ibarra, 20 de Mayo de 2019

AUTOR

.....

Taimal Martínez Segundo Ramiro

DIRECTOR

RESUMEN

El biol es un fertilizante líquido orgánico que puede ser considerado como alternativa a los fertilizantes químicos, posee un alto contenido de nutrientes, microorganismos y hormonas que mejoran el crecimiento y la vigorosidad de la planta. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa después de las aplicaciones del biol. Las aplicaciones se realizaron al suelo y foliarmente durante el ciclo del cultivo, acorde a los requerimientos de N del cultivo, con biol estándar, biol con lodos lácteos y fertilización química. Se evaluó la concentración de nutrientes a nivel foliar, rendimiento por hectárea y población de microorganismos en el suelo. Al finalizar el estudio se observó que las concentraciones de nutrientes en el tejido foliar fueron las mismas pese a que las cantidades de nutrientes aportadas por los distintos tratamientos y los niveles de extracción de nutrientes por el cultivo fueron distintos para N, P y K. Solamente variaron las concentraciones de Zn y Mn. Adicionalmente, los rendimientos (kg/ha) de los tratamientos con biol fueron superiores al tratamiento con fertilización química por 13.20. Por otro lado, aunque las poblaciones de microorganismos en el suelo difirieron entre tratamientos, las concentraciones de nutrientes a nivel foliar fueron las mismas para todos los tratamientos nutricionales del cultivo de papa y obtener mejores rendimientos.

(Palabras claves: biol, nutrientes, microorganismo, rendimiento.)

ABSTRACT

Biol is a liquid organic fertilizer that can be considered as an alternative to chemical fertilizers due to its nutrient, hormone and micro organism content that improve plant growth and vigor. The objective of this research was to assess the nutrient content of potato crop under the application of two kind of biofertilizers. The bio-fertilizers were applied to the soil and to the leaves a long the crop cycle, satisfying crop N requirement. Chemical fertilization, with the same N requirement, was considered as control. It was evaluated the leave nutrient contents, yield per hectare and population of soil microorganisms. It was observed that leave nutrient concentrations were the same, excepting Zn and Mn, even though the amounts of nutrients given by treatments; and, the extraction levels of N, P and K by the crop were different. Additionally, the yield (kg/ha) for biol treatments was higher a 13,20 % in relation to chemical fertilization. On the other hand, though soil microorganisms population differed among treatments, the nutrient contents in leaves were the same. With this antecedent, these biofertilizers can be an alternative to recycle nutrients and avoid the dependence of chemical fertilizers. Its use can cover potato crop nutrient requirements and improve yield.

(Key words: biol, nutrient, microorganisms, yield).

INTRODUCCIÓN

Las provincias con mayor producción de papa en Ecuador son: Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi, las mismas que lo realizan a una altitud entre 2700 – 3400 msnm, siendo la papa el segundo cultivo más importante después del maíz representando la base de alimentación de muchos ecuatorianos. El cultivo de papa integra a 250 000 personas, de las cuales 88130 son productores. El consumo *per cápita* de papa es de 31.8 kg/año (Oficina para Estudios del Agro, 2009).

Entre las prácticas agrícolas más utilizadas a nivel nacional se encuentra la fertilización, la cual varía en dosis, fuentes y épocas de aplicación. La utilización de fertilizantes químicos en diferentes provincias productoras de papa, principalmente en la provincia del Carchi, provoca desbalances iónicos afectando la absorción de nutrientes. Además, la utilización de fertilizantes por parte de los agricultores del Ecuador es de 30000 toneladas al año (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Según Angus (2012), un factor importante dentro de la utilización de los fertilizantes químicos estaría relacionado con las fuentes de obtención de los fertilizantes, debido a que son recursos no renovables, además menciona que, para la elaboración de fertilizantes

nitrogenados, se necesita el 1% de petróleo que se produce a nivel mundial. También señala que las fuentes de fósforo para el año 2030 se terminarán o serán escasas.

La fertilidad del suelo se mide comúnmente por la disponibilidad de nutrientes para las plantas, sin embargo, existen diversos factores químicos, físicos y biológicos que influyen o limitan la asimilación de los mismos (Pumisacho y Sherwood, 2002). En este sentido el uso de fertilizantes afecta la microbiología del suelo, pues la actividad microbiológica es importante en los ciclos de los minerales, entendiéndose así que los minerales podrían estar más disponibles para las plantas (Buscot y Varma, 2005).

Además, la concentración de nutrientes tiene gran influencia en el desarrollo de la planta, debido a que algunos nutrientes (P, Mg, K y Mn) son necesarios para que se produzca energía mediante la fotosíntesis, y que la planta pueda realizar todas sus funciones fisiológicas (Heldt et al., 1977).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo la aplicación de un biol mejorado.

Objetivos secundarios

Analizar la concentración de macro y micronutrientes presentes en el tejido foliar del cultivo de papa y en el suelo.

Evaluar los efectos del biol sobre la concentración de ácido jasmónico y el rendimiento del cultivo.

Determinar el efecto del biol sobre la población de microorganismos del suelo.

MÉTODOLÓGÍA

La presente investigación fue realizada en la parroquia de San Juan de Ilumán, en el cultivo de papa de variedad Superchola durante los meses de noviembre hasta marzo del 2018 (Figura 1).

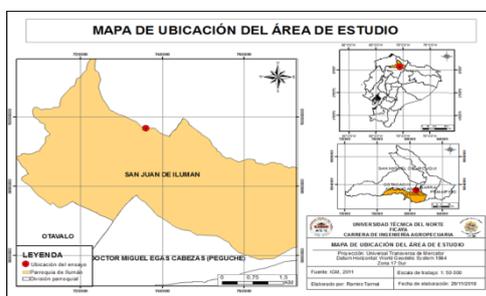


Figura 1. Localidad del área de estudio.

Tratamientos: El diseño de los tratamientos fue un Diseño de Boques Completos al Azar, donde se establecieron tres tratamientos: T1= Biol estándar + compost -150 kg N ha⁻¹ (foliar y drench), T2=Biol con lodos lácticos + compost -150 kg N ha⁻¹ (foliar y drench) y el T3 = Fertilización química -150 kg N ha⁻¹.

Una vez establecido el experimento, se tomó muestras de suelo y foliares para realizar los respectivos análisis. Se recolecto 3 plantas por unidad experimental para medir el peso seco por estructura de la planta. Al finalizar la cosecha se clasificó los tubérculos por peso y categoría para evaluar el rendimiento, de igual forma se evaluo el peso seco.

Variables:

- Concentración de macro y micronutrientes en el suelo
- Determinación de materia seca por estructura de la planta
- Contenido de clorofila
- Concentración de micro y macronutrientes a nivel foliar
- Determinación de materia seca de tubérculos en la cosecha
- Rendimiento por hectárea
- Recuento de microorganismos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso seco por estructura de la planta

Hojas

En la medición que se realizó a los 55 DDS el peso seco de las hojas no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 19.96 g; en la segunda medición (85 DDS- etapa de crecimiento) la peso seco no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 46.89 g y un incremento de peso de 135% en relación a la primera medición. De igual forma en la última medición de (115 DDS-etapa de floración y tuberización), el contenido de peso seco de las hojas no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando un promedio de 79.59 g y un incremento de peso de 61% en relación a la segunda medición (Figura 2).

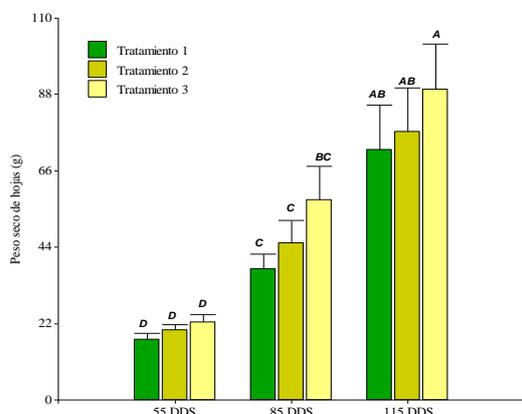


Figura 2. Peso seco de hojas por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Los pesos secos obtenidos en la presente investigación no concuerdan con los rangos de peso seco registrados por Segura, Núñez y Santos (2009) en su investigación, ya que los datos de las primeras mediciones son inferiores a los que mencionan estos autores, a diferencia de la última medición, en la cual se puede evidenciar similitud en el peso seco de las hojas. Con muestras mensuales por planta con rangos de: 23-37 g en el segundo mes después de la siembra, 67-116 g en el tercer mes y 49-176 g en el cuarto mes.

Tallos

En la medición realizada a los 55 DDS (etapa de crecimiento) el peso seco de los tallos, no presentó diferencias entre tratamientos con un promedio de 15.11 g. En la siguiente medición (85 DDS- etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor peso seco con una media de 112.56 g, con una diferencia de 54.67 g en comparación al T1 y 44.67 g en relación al T2. Los tratamientos con biol no presentaron diferencias entre sí. En la tercera medición (115 DDS-etapa de floración y tuberización) el peso seco de los tallos fue similar para todos los tratamientos, con un promedio de 39.26 g (Figura 3).

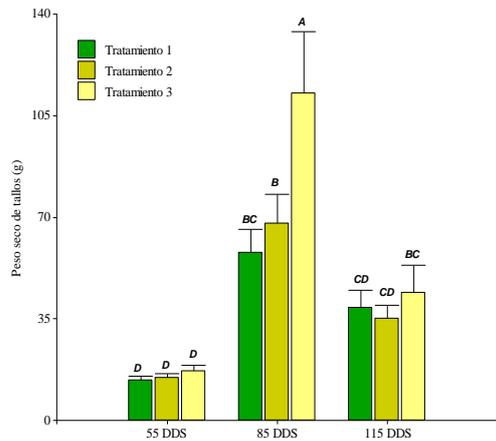


Figura 3. Peso seco de tallos por planta por cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente estudio, la aplicación de lodos lácticos no tuvo efecto en el peso seco de tallos, ya que el mayor peso seco lo obtuvo el T3. Estos resultados estarían relacionados con la concentración de clorofila, debido a este tratamiento presentó mayor concentración de la misma, como mencionan (Gaitán, González, Núñez, Saldaña y Cotes, 2013), la distribución de la peso seco en la planta esta relacionada con el comportamiento de los asimilados (producto de la clorofila) en los diferentes órganos de la planta, por lo que existe la posibilidad que el alto contenido de clorofila en el T3 en relación a los demás tratamientos incremento el peso seco de los tallos.

Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran

dentro de los rangos de peso seco obtenidos por (Segura, Núñez y Santos, 2009), en donde evaluaron el peso seco de tallos en cuatro variedades de papa, con muestras mensuales por planta con rangos de: 11-20 (g) en el segundo mes después de la siembra, 53-107 g en el tercer mes y 60-165 g en el cuarto mes.

Raíces y estolones

En la primera medición (55DDS-etapa de crecimiento) el peso seco de las raíces y estolones, no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 5.22 g; en la siguiente medición (85DDS-etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor peso seco con una media de 11.67 g, con una diferencia de 4.0 g en comparación al T1, mientras que el T2 presentó un peso seco intermedio con el T1 y T3. Para la tercera medición (115DDS-etapa de floración y tuberización), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en el peso seco de las raíces y estolones con un promedio de 10.15 g. Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro de los rangos de peso seco obtenidos por (Segura, Núñez y Santos, 2009), en donde evaluaron el peso seco de raíces y estolones en cuatro variedades de papa, con muestras mensuales por planta con rangos de: 1-4

g en el segundo mes después de la siembra, 3 -12 g en el tercer mes y 4 - 16 g en el cuarto mes (Figura 4).

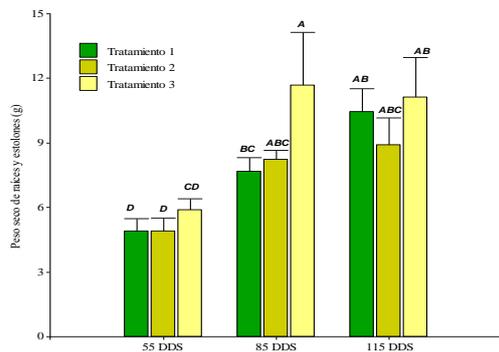


Figura 4. Peso seco de raíces estolones por planta para cada tratamiento y mes de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Con los siguientes tratamientos T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Tubérculos

En la primera medición (55 DDS-etapa de crecimiento) el peso seco de tubérculos, no presentó diferencias significativas entre tratamientos; en la siguiente medición (85 DDS-etapa de crecimiento) el T2 obtuvo mayor peso seco con una media de 70.00 (g), con una diferencia de 36.89 (g) en comparación al T3, sin presentar diferencias con el T1. Para la tercera medición (etapa de floración y tuberización), los tratamientos con biol (T1 y T2) obtuvieron mayor peso seco en este órgano con un promedio de 226.06 (g), y una diferencia de 77.84 (g) en comparación al T3 (Figura 5).

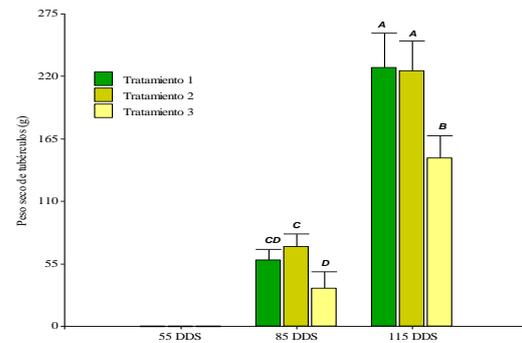


Figura 5. Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Los pesos obtenidos en esta investigación son inferiores a los registrados por Segura, Núñez y Santos (2009), en su investigación, donde evaluaron el peso seco de tubérculos del cultivo de papa en cuatro variedades, con muestras mensuales por planta con rangos de: 0-2 g en el segundo mes después de la siembra, 104-192 g en el tercer mes y 241-374 g en el cuarto mes. Estos resultados reflejarían que la variabilidad de peso seco estaría influenciada por las etapas fenológicas y el genotipo de cada variedad.

Además, se podría mencionar que el incremento del peso seco de los tubérculos en los tratamientos con biol estaría relacionado con el ácido jasmónico en la planta, ya que Pruski et al, (2002), realizó un estudio *in vitro* en el cultivo de papa en el cual aplicó ácido jasmónico y demostró que los jasmonatos realizan varias funciones

fisiológicas como la inducción a la tuberización, y por ende el incremento del tamaño de los tubérculos.

Contenido de clorofila

En la primera medición que se realizó a los 48 DDS (etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor concentración de clorofila en comparación a los tratamientos con biol, con $36.68 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ más que el T2 y $56.58 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ que el T1. Al mismo tiempo se puede apreciar que el T2 fue superior al T1 con $19.90 \mu\text{mol}/\text{m}^2$.

En la siguiente medición (75 DDS-etapa de floración), el T3 presentó mayor contenido de clorofila con respecto a los tratamientos con biol, con $25.90 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ más que el T1 y $29.84 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ que el T2, mientras que los tratamientos con biol no presentan diferencias entre sí (Figura 6).

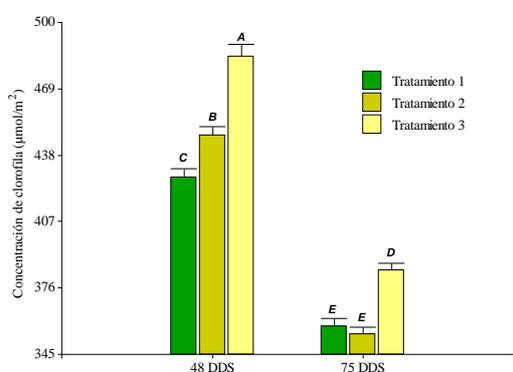


Figura 6. Medición del contenido de clorofila por días y tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Los resultados mencionados anteriormente con respecto al contenido de clorofila, estarían relacionados con las etapas del cultivo, es decir que en la etapa de crecimiento los nutrientes se concentran en la parte foliar de la planta y en la etapa de floración y tuberización en la parte subterránea de la planta. Como lo señala Arce (2002), en la etapa de crecimiento del cultivo de papa, la planta distribuye los productos de la fotosíntesis hacia todos los tejidos, mientras que en la etapa de reproducción y tuberización los distribuye hacia los tubérculos.

Además, hay varios nutrientes que intervienen en el contenido de clorofila, tal es el caso del manganeso que está relacionado con la formación de clorofila en la planta y la producción de oxígeno en la fotosíntesis (Shenker, Plessner, y Tel-Or, 2004). Por lo que existe la posibilidad de que el manganeso influyó en la concentración de clorofila, ya que en esta investigación el T3 obtuvo mayor contenido de manganeso a nivel foliar.

Peso seco de tubérculos en la cosecha

Los tratamientos con biol presentaron mayor contenido de peso seco en tubérculos en relación al T3 con una diferencia de 66.7 g (31%) más que el T3, no mostrando diferencias entre los

tratamientos con aplicación de biol (Figura 7).

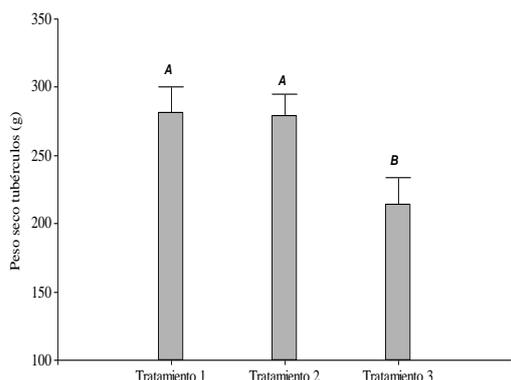


Figura 7. Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico). Los resultados obtenidos de esta investigación, muestran que las aplicaciones de biol tuvieron influencia en el contenido de peso seco de los tubérculos, ya que se obtuvo mayor peso seco que el T3. Es muy posible que esta

aportada por ambos tratamientos a la planta durante todo el ciclo del cultivo. A pesar de que no se evidenció diferencias de este elemento entre tratamientos en los análisis foliares, se pudo observar que existe una mayor extracción de K del suelo en los tratamientos con biol.

El peso seco de los tubérculos obtenidos en esta investigación, en la cosecha registran datos inferiores a los encontrados por (Segura, Ñústez y Santos, 2009) en su investigación, donde evaluaron el peso seco de tubérculos del cultivo de papa en cuatro variedades, obteniendo los siguientes rangos al final del experimento: 418-543 g.

Concentración de macro y micronutrientes a nivel foliar

Macronutrientes

Tabla 1.

Contenido de macronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

diferencia se deba a la alta cantidad de K

Trat.	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	S (%)
1	4.72±0.20a	0.36±0.01a	3.63±0.07 ^a	0.79±0.04a	1.29±0.10 ^a	0.40±0.01 ^a
2	4.77±0.21a	0.36±0.003a	3.79±0.17 ^a	0.78±0.04a	1.30±0.05 ^a	0.38±0.01 ^a
3	5.08 ±0.13 ^a	0.36±0.01a	3.83±0.11 ^a	0.80 ±0.003a	1.39±0.03 ^a	0.38±0.01 ^a

Mediante la prueba de Fisher al 5% con respecto al contenido de macronutrientes a nivel foliar, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que el aporte total de nutrientes es diferente (Tabla 1).

cultivo de papa citados por (Bryson, 2014), para el N 4-6%, el P 0.25-0.50%, el K 4-7%, el Mg 0.50- 1.0%, el Ca 0.75-1.50%, y el S 0.30-0.50%.

Micronutrientes

Tabla 2.

Contenido de micronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos

Tra.	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
1	0.10±0.00a	200±8.33a	13.77±0.55a	41.47±2.89a	57.87±3.45b	129±8.57b
2	0.10±0.00a	188±19.01a	12.93±0.55a	41.60±2.54a	74.20±4.74 ^a	151±3.53b
3	0.10±0.003a	177±24.64a	12.93±0.55a	42.47±0.66a	66.60±0.58a b	199±3.53a

Una vez realizado el análisis de varianza se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos con respecto al contenido de (Na, Fe, Cu, Bo), sin embargo, si existen diferencias en cuanto al contenido de Zn y el Mn.

El T2 mostró mayor contenido de zinc en relación al T1; sin embargo, este

Las medias obtenidas en esta investigación con respecto al contenido de macronutrientes no presentaron diferencias entre tratamientos, sin embargo, se encuentran dentro de los rangos normales a nivel foliar en el

tratamiento es similar al T3. Adicionalmente, el T3 mostró mayor

contenido de manganeso con respecto a los demás tratamientos, con una diferencia de 47.34 y 69.34 (ppm), con el T2 y T1 respectivamente (Tabla 2).

A pesar de que en el T2 se aportó menor cantidad de Zn en relación al T1, se obtuvo mayor extracción de Zn en el mismo. Además, López, Moirón, y Seoane (2002), mencionan que los lodos lácticos poseen varios nutrientes en su composición, pero los resultados podrían diferir debido al tratamiento y manejo de cada empresa, además en sus análisis de

laboratorio obtuvieron una cantidad de zinc de 180 mg/kg en peso seco.

Las medias obtenidas con respecto a los contenidos de micronutrientes no presentaron diferencias entre tratamientos, a excepción del Zn y Mn; sin embargo, se encuentran dentro de los rangos normales a nivel foliar en el cultivo de papa citados por (Bryson, 2014), a continuación, se menciona los rangos: para el Na 0.02-0.10 %, el Fe 70-150 ppm, el Mn 50-300 ppm, el Cu 6-20 ppm, el Zn 40-150 ppm y el B 25-50 ppm. Mientras que la diferencia que presentó el T3 en relación al contenido de manganeso, estaría relacionado con el pH en el suelo, ya que Sotés y Gómez (2014), mencionan que el manganeso es más asimilable por la planta en un pH ácido cercano a (6.1), es decir mientras más bajo sea el pH del suelo la cantidad de manganeso aumenta. Cabe mencionar que en los resultados de suelo que se realizaron al final de esta investigación, se obtuvo un pH bajo de 6.2 en el T3, mientras que los tratamientos con biol obtuvieron un pH de 6.7, con la posibilidad que esto haya incrementado el contenido de manganeso en la planta. Ya que el contenido de Mn en los suelos del T3 fue menor que en los T1 y T2 al inicio del

experimento. Pese a esto, el contenido de Mn a nivel foliar del T3 fue mayor.

Rendimiento por hectárea

Mediante la prueba de Fisher al 5% para el rendimiento por hectárea, en relación con los tratamientos, mostró dos grupos rango A y B. El T2 y el T1 comparten el mismo rango, mientras que el T3 presenta menor rendimiento del obtenido por los T1 y T2 (Figura 8).

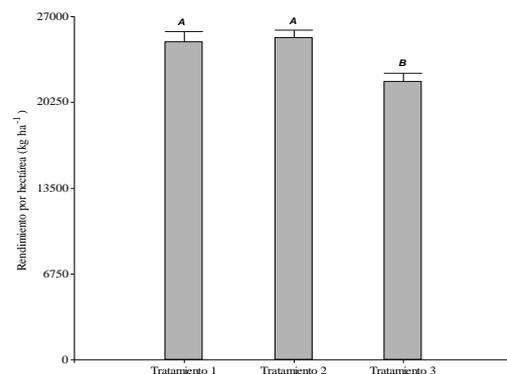


Figura 8. Rendimiento en kg por hectárea en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

En los resultados mencionados anteriormente, se puede apreciar que las aplicaciones de biol si influyeron en el rendimiento (independientemente que contenga o no lodo láctico), ya que muestran superioridad de peso en relación al T3. Gomero (2000), menciona que el biol aumenta y fortalece la base radicular, incrementa la base foliar, mejora la floración y activa el vigor, obteniendo como resultado un aumento en las cosechas.

Estudios realizados en el cultivo de papa, mencionan que al aplicar biol como fertilizante orgánico se obtiene un incremento de 27.5% rendimiento de la papa y en el forraje un 1.4% comparado con la parcela de control (Carrasco et al, 2011).

Westermann, Tindall, James, y Hurst (1994), mencionan que la nutrición juega un papel importante en el cultivo de papa, ya que el N y el K influyen en el rendimiento final y calidad del tubérculo. En su investigación realizaron la aplicación de varios niveles de nitrógeno (0,122, 224, 336 kg ha⁻¹) y potasio (0,122, 224, 448 kg ha⁻¹), en la cual resaltan que la aplicación de 448 kg ha⁻¹ obtuvo el mejor rendimiento con un incremento de 3.3 t. En la presente investigación los tratamientos con biol aportaron mayor cantidad de K en el cultivo en comparación al T3, con la posibilidad de que este aporte incrementó el rendimiento de los mismos.

Además, existe la posibilidad de que el aporte de Zn en el T1 influyó en el rendimiento final del cultivo, ya que este tratamiento tenía menor cantidad de Zn que los otros dos tratamientos; sin embargo, tuvo un rendimiento similar al T2 y superior a T3. De acuerdo a Pumisacho y Sherwood (2002), en

estudios realizados en fertilización muestran que aplicar abonos foliares completos en el cultivo de papa se incrementan el rendimiento hasta 5 t/ha, un ejemplo claro es el zinc que al aplicarlo como quelato incrementa hasta 2.6 t/ha.

Peso de tubérculos por categoría

En la Figura 9 se observan las diferencias que presentan los tratamientos en las categorías de los tubérculos. En la primera categoría, los tratamientos con aplicación de biol (T1 y T2) presentan mayor peso, con 197.08 g más que el T3. En la segunda categoría se puede apreciar que no existe diferencia de peso entre tratamientos. En la tercera categoría se observa que el T3 obtuvo mayor peso en relación al T1, con una diferencia de 51.7 (g), mientras que el T2 presenta un peso intermedio en relación al T1 y T3, y para la cuarta categoría no se evidencia diferencias de peso.

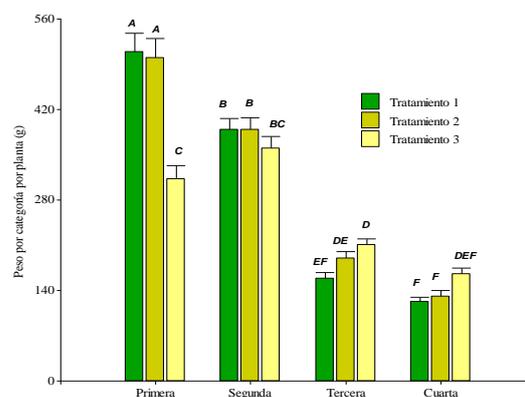


Figura 9. Peso de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (*Solanum*)

tuberosum) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Número de tubérculos por categoría por planta

En la Figura 10, se observa el número de tubérculos por planta acorde a las categorías del cultivo de papa. En la primera categoría los tratamientos con biol (T1 y T2) presentan mayor número de tubérculos en comparación al T3, con una diferencia de 50.00 y 39.34 respectivamente. En la segunda categoría los tratamientos no presentan diferencias en el número de tubérculos. Para la tercera categoría el T3 obtuvo mayor número de tubérculos en relación al T2 con una diferencia de 22 tubérculos, y al T1 con una diferencia de 50.33 tubérculos. Para la cuarta categoría el T3 presenta mayor número de tubérculos en comparación a los tratamientos con biol (T1 y T2), por 73.64 y 64 tubérculos respectivamente.

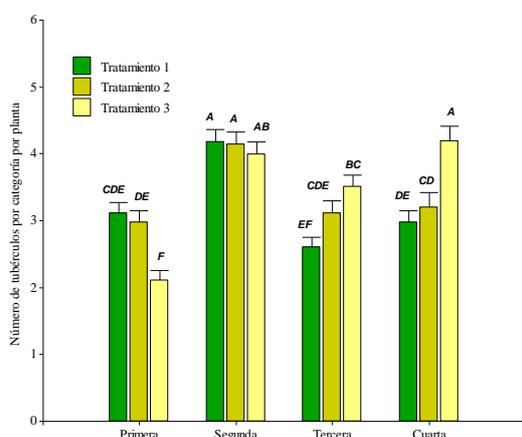


Figura 10. Número de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (*Solanum*

tuberosum) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Con los resultados mencionados anteriormente se puede señalar que el número y peso de tubérculos está relacionado con el rendimiento total, debido a que en los tratamientos con biol presentaron mayor número y peso de tubérculos en la primera categoría en relación al T3, mientras que el T3 presentó mayor número y peso de tubérculos en la tercera y cuarta categoría.

Concentración de macro y micronutrientes en el suelo

Macronutrientes

En la Tabla 3 se puede apreciar el contenido de macronutrientes en el suelo antes y después del ensayo, en donde los tratamientos no presentaron diferencias con respecto al N al final del experimento, debido a que se aplicó igual cantidad del mismo y los niveles de extracción del suelo fueron similares. De igual forma el P no presentó diferencias entre tratamientos, a pesar de que en los tratamientos con biol se aplicó menor cantidad del mismo. Mientras que en el K se obtuvo diferencias entre tratamientos, debido a que el T1 y T2 aportaron una gran cantidad de este

elemento, con una diferencia de 8 y 14 veces más que el T3.

En lo que respecta al Mg y el Ca no existió diferencias entre tratamientos al final del experimento, a pesar que en el T3 no se aportó estos elementos. No obstante, en el contenido de S existieron diferencias entre tratamientos, debido a que el biol aportó este elemento.

Tabla 3.

Contenido de macronutrientes en el suelo antes y después del cultivo.

Tratamiento	N		P		K		Mg		Ca		S	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
	(mg/kg)											
1	25.0	17.5	20.9	17.6	210	269	159	180	329	270	3.7	6.1
2	38.4	19.3	21.1	16.5	214	267	151	187	287	275	3.9	6.3
3	33.8	21.6	18.3	16.8	199	194	130	185	244	268	4.5	3.6

Micronutrientes

Tabla 4.

Contenido de micronutrientes en el suelo antes y después del cultivo.

Trat.	Na		Cl		Fe		Mn		Cu		Zn		B	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
	(mg/kg)													
1	8.1	12.2	17.7	37.5	95.5	47.6	50.5	40.2	3.3	3.5	2.7	2.3	0.45	0.29
2	9.2	10.2	19.7	40.2	106	76.0	54.0	48.6	3.5	3.4	2.9	2.1	0.53	0.32
3	8.9	6.5	21.8	18.8	76.5	71.5	44.0	44.9	3.2	3.2	2.4	2.2	0.37	0.33

Los datos iniciales y finales de los micronutrientes en el suelo se muestran en la Tabla 4, en cuanto al Na y Cl se presentaron diferencias entre tratamientos al final del experimento, debido a que el biol aportó estos elementos. A diferencia del Fe, Mn, Cu, Zn y Bo que no presentaron diferencias entre tratamientos, a pesar de que en los tratamientos con biol se aportó con estos elementos.

4.7 Recuento de microorganismos

En la Tabla 5, se puede apreciar el recuento de bacterias al final de la investigación.

Tabla 5.

Recuento de bacterias en el suelo al final de la investigación.

Tra.	Solubilizadoras de fosfato (UFC/g)	Fijadoras de nitrógeno (UFC/g)	Celulolíticas (UFC/g)
1	4 X10 ⁴	6 X10 ⁵	< 30
2	6 X10 ⁴	7 X10 ⁵	3 X10 ³
3	5 X10 ⁴	1 X10 ⁵	< 30

Los resultados del recuento de bacterias, muestran que el T2 obtuvo mayor cantidad de unidades formadoras de colonias para cada tipo de microorganismo evaluado, posiblemente esté relacionado con la incorporación de lodos lácticos en el biol, y el incremento de estos microorganismos mejoraría la

asimilación de los nutrientes por las plantas.

Las bacterias solubilizadoras de fósforo intervienen en el crecimiento de las plantas, principalmente ayudan a la solubilización de fosfato, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos, tienen la capacidad de transformar el fósforo insoluble en formas asimilables para las plantas, con lo que contribuye a su disponibilidad en el suelo (Restrepo, et al., 2015). Sin embargo, en la presente investigación no se evidenciaron diferencias en el contenido de fósforo a nivel foliar y en el suelo, debido a que las bacterias no influyeron en la asimilación de P porque las UFC son similares, y la cantidad de P aportada varía entre tratamientos.

Las bacterias fijadoras de N fijan este elemento del aire, es decir, originan compuestos solubles por las plantas, como amoníaco. Por su capacidad de fijar nitrógeno, estas bacterias se consideran como biofertilizantes, que se producen en varios países del mundo.

Además, estos microorganismos tienen la capacidad de producir un tipo de auxinas las cuales son responsables del crecimiento de la planta por división y alargamiento de sus células en todos los niveles que estimula la germinación,

incrementa el xilema y la formación de raíces (Ibarra, 2010). Pese a que se tiene gran cantidad de bacterias fijadoras de N, no se nota un incremento de N en el suelo al final del experimento, de igual forma no se presentó diferencias en el contenido de N a nivel foliar.

Las bacterias celulolíticas producen enzimas y pueden ayudar en la descomposición materia orgánica y la producción de cultivos (Viteri, Castillo y Viteri, 2015). La presencia de estas bacterias posiblemente ayudo en la absorción de los nutrientes que aportó el biol, a pesar de que no se evidencio diferencias durante las primeras fases del cultivo.

CONCLUSIONES

- Pese a que las cantidades de nutrientes aportadas por los distintos tratamientos y los niveles de extracción de nutrientes por el cultivo fueron distintos para N, P y K, la concentración de nutrientes en el tejido foliar fue la misma para todos los tratamientos. Los únicos elementos que variaron su concentración en el tejido foliar fueron el Zn y el Mn. En lo que respecta a los niveles de nutrientes en el suelo al final del experimento, se puede observar que los suelos de los tratamientos con biol presentaron mayores cantidades de K, S, Cl y Na en relación al tratamiento sin biol, resultado que corresponde al aporte nutricional de estos tratamientos.
- Los rendimientos (kg/ha) de los tratamientos con biol fueron superiores al tratamiento con fertilización química con una diferencia de 13.20 %. Este resultado es producto de una mayor acumulación de peso seco de tubérculos por planta a los 85 y 115 días después de la siembra; y, al momento de la cosecha. Adicionalmente, esta variable incrementó en los tratamientos con biol debido a un mayor número de tubérculos de primera categoría y también a una mayor cantidad de peso fresco distribuido hacia los mismos.
- En lo que se refiere a la concentración de microorganismos, se observó que los suelos de los tratamientos con biol tienen mayor cantidad de bacterias solubilizadoras de P y el contenido de P en el suelo es similar para todos los tratamientos. Por otro lado, los niveles de absorción de P

dependieron, de la cantidad de P aportada por los tratamientos. De igual forma en el suelo se obtuvo mayor cantidad de bacterias fijadoras de N en los tratamientos con biol, sin mostrar diferencias en el contenido del mismo en todos los tratamientos. Mientras que para las bacterias celulolíticas en el suelo se obtuvo mayor cantidad en el T2, sin embargo, no mostró diferencias en la asimilación de nutrientes en la planta.

altas concentraciones estos podrían generar acumulación de sales en el suelo.

- Reciclar de otra manera los residuos de los lodos lácticos, ya que estos no fueron descompuestos en su totalidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el biol en el sistema de fertilización de los productores de papa
- Se recomienda nivelar las cantidades de macro y micro nutrientes en todos los tratamientos, para descartar el efecto del K u otros elementos en lo observado en esta investigación, y así determinar la influencia del ácido jasmónico en el contenido de clorofila y de tuberización en el cultivo de papa.
- Realizar estudios a largo plazo del uso constante de biol, con la finalidad de evaluar el efecto del Na y Cl en el suelo, porque en

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, A. (2002). El cultivo de la patata. 2da (Ed.). Editorial MundiPrensa. Pág. 381.
- Angus, J. (2012). Fertilizer Science and Technology. pp. 3768–86 in Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Meyers, R (ed). New York, NY: Springer New York.
- Bryson, G. (2014). Plant Analysis Handbook III. A guide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops. 574 pp.
- Buscot, F., y Varma, A. (2005). Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Saudi Med J. Berlin: Springer. doi:10.1073/pnas.0703993104.
- Carrasco, W., Comas, J., Ferrer, I., Garfi, M y Gelman, P. (2011). Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. *Waste Management*, 31(12), 2584 - 2589.
- Gaitán, A., González, M., Núñez, C., Saldaña, T y Cotes, J. (2013). Growth and development functional analysis in four potato varieties (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*). Bogotá. Pág. 172 – 185.
- Gomero, L. (2000). Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. Perú. *LEISA, Revista de Agroecología* 21(1), Pág. 40.
- Heldt, H., Chon, C., Maronde, D., Herold, A., Stankovic, Z., Walker, D., Kraminer, A., Kirk, M. y Heber, U. (1977). Role of orthophosphate and other factors in the regulation of starch formation in leaves and isolated chloroplasts. *Plant Physiol.* 59: 1146–1155.
- Ibarra, C. (2010). Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de chinampa y su efecto en plantas de interés agrícola (tesis de maestría). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Sección De Estudios De Posgrado E Investigación. México. Pág. 85.
- López, M., Moirón, C., y Seoane, S. (2002). Changes in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Obtenido de Repositorio Universidad Santiago de Compostela: <http://www.ibader.org/archivos/docs/Changes%20in%20chemical%20properties>

- %20of%20an%20acid%20soil.
pdf
- Oficina para Estudios del Agro (OFIAGRO). (2009). Diagnóstico de la Situación Actual de la Cadena Agroalimentaria de la Papa en Ecuador, CIP, Centro Internacional de la Papa, proyecto Papa Andina. Quito, Ecuador. Pág. 13 - 16.
- Pruski, K., Astatkie, T y Nowak J. (2002). Jasmonate effects on in vitro tuberization and tuber bulking in two potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) under different media and photoperiod conditions. *In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant* 38:203–209.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). El Cultivo de la Papa en Ecuador. INIAP – CIP. Quito, Ecuador. Pág. 292.
- Restrepo, G., Marulanda, S., De la Fe, Y., Díaz, A., Vera, L y Hernández, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46(1), 63-76.
- Segura, M., Núñez, C., y Santos, M. (2009). Acumulación y distribución de peso seco de cuatro variedades de papa. Cudinamarca-Colombia. Pág. 225.
- Shenker, M., Plessner, O y Tel-Or, E. (2004). Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *Plant Physiol*, 161(2), 197- 200.
- Sotés, V., & Gómez, M. (2014). El Manganeso y la Viticultura: una revisión. Madrid.
- Viteri, P., Castillo, D y Viteri, S. (2015). Capability and diversity of Cellulolytic bacteria isolated from three tropical habitats in Boyaca. Colombia. pp. 150.
- Westermann, D., Tindall, T., James, D y Hurst, R. (1994). Soil testing and plant analysis. 784 pp.