



MONOGRAFÍA DE BIOLOGÍA

Convocatoria: Noviembre 2018

Evaluación de la acción promotora de crecimiento vegetal de *Streptomyces sp* frente a la de un fertilizante químico aplicados a la planta *Zea mays* “maíz”

¿En qué medida se diferencia la acción promotora de crecimiento vegetal de *Streptomyces sp* frente a la de un fertilizante químico aplicados a la planta *Zea mays* “maíz”?

N.º de palabras: 3610

Chiclayo, Perú

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	7
1.1. <i>Zea mays</i> “maíz”	7
1.1.1. Generalidades del maíz	7
1.1.2. Factores que contribuyen a su crecimiento	7
1.2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR).....	7
1.2.1. <i>Streptomyces</i> sp.....	8
1.3. Fertilizante químico	9
1.3.1. Características generales de la urea	9
1.3.2. Ventajas y desventajas en su uso	9
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	10
2.1 Pregunta de investigación	10
2.2 Hipótesis	10
2.3 Variables.....	10
2.4 Materiales	11
2.4.1 Material biológico	11
2.4.2 Material para medio de cultivo.....	11
2.4.3 Material para siembra	11
2.4.4 Material para batería Gram.....	11
2.4.5 Material para aislamiento de actinomicetes.....	12
2.4.6 Materiales de bioseguridad.....	12
2.4.7 Equipos	12
2.5 Condiciones sobre configuración y principios éticos	13
3 CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO Y MÉTODOS	14
3.1 Muestreo de suelo:	14
3.2 Preparación de medio de cultivo	14
3.3 Aislamiento e identificación de actinomicetes	14
3.4 Prueba de germinación de <i>Zea mays</i>	16
3.5 Inoculación de actinomicetes en semillas de <i>Zea mays</i> (maíz) y siembra	17
3.6 Siembra de semillas de <i>Zea mays</i> (maíz) aplicando un fertilizante químico ..	18
3.7 Evaluación de crecimiento.....	18
4 CAPITULO IV: Datos Obtenidos y Análisis	19
4.1 Estadística descriptiva de los datos:	19
4.2 Estadística procesada: Análisis de varianza de un factor o ANOVA	20
4.3 Comparación de los tratamientos según el crecimiento del órgano vegetal ..	22

CONCLUSIONES	25
MEJORAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

A mamá.

INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una inmensa variedad de suelos ricos en nutrientes que benefician altamente a las plantas, pero muchas veces son los humanos quienes se perjudican por plantear soluciones alternativas a fin de obtener resultados más rápidos sin considerar lo contraproducente que puede ser para el ambiente e incluso afectando a ellos mismos.

Los fertilizantes químicos plantean una ayuda para el rápido crecimiento vegetal, pues su composición está diseñada para ser asimilados rápidamente por las plantas, ayudando a la producción de cultivos y por consiguiente beneficiando la actividad agrícola por brindar mayores ingresos a agricultores. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1965)

Sin embargo, su impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud ha causado la búsqueda de nuevas alternativas con un efecto favorable para todos. Los actinomicetes se encuentran dentro de aquellas opciones como promotores de crecimiento vegetal, pues estos actúan como agentes de biocontrol y bioremediación en plantas y se plantean como nuevos biofertilizantes, ya que cumplen la misma función y se encuentran dentro del mismo medio sin generar riesgos.

Ante aquella problemática existente en nuestro contexto actual surgió la siguiente interrogante: **¿En qué medida se diferencia la acción promotora de crecimiento vegetal de *Streptomyces sp* frente a la de un fertilizante químico aplicados a la planta *Zea mays* “maíz”?**

La siguiente monografía tiene un enfoque experimental, el cual demostrará la efectividad de un tipo de actinobacterias llamadas *Streptomyces sp* como

promotores de crecimiento vegetal frente a la urea como fertilizante químico aplicados al maíz.

La experimentación inicia con el muestreo de suelos rizosféricos de malezas asociadas al maíz, de los cuales se extraen los actinomicetes que luego de ser aislados por duplicado serán inoculados en semillas de esta misma planta para su siembra. Por otro lado, para las pruebas con fertilizante químico se aplica urea en el día 15 y ambos tratamientos acompañados del testigo absoluto son evaluados a los 20 días de crecimiento con respecto a la longitud de las raíces, tallos y hojas de cada planta restante.

La importancia de esta investigación radica en mostrar cuál de los dos tratamientos fue el más benéfico y así probar la efectividad de los actinomicetes como agentes promotores de crecimiento, tal como se sustenta en la bibliografía especializada en microbiología y crecimiento vegetal.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. *Zea mays* “maíz”

1.1.1. Generalidades del maíz

“El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina” (Echegoyen, 2016, p. 1).

1.1.2. Factores que contribuyen a su crecimiento

El maíz se desarrolla bien entre 20 y 29°C, pero la temperatura ideal está comprendida entre 24°C y 26°C, que se presenta en nuestro país entre los 600 a 1.600 m.s.n.m.; la temperatura mínima a la que crece el maíz es 13°C y se requiere entre 400 y 650 mm de agua. El cultivo de maíz necesita suelos profundos, fértiles, permeables, de textura franca, estructura granular, de buena capacidad de retención de agua, libre de inundaciones y encharcamientos, de alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5,5 y 6,5. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015, p. 44).

1.2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR)

Se denomina como PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) a un conjunto de bacterias que habitan en la rizósfera de las plantas y que producen en ellas todo tipo de beneficios. Potencian su crecimiento al mejorar la disponibilidad o la absorción de minerales y otro tipo de compuestos (nitratos, fosfatos, etc.) y ayudan a la producción de hormonas necesarias en el desarrollo de los vegetales (fitohormonas y giberelinas). Además protegen a plantas y cultivos contra posibles agentes patógenos y combaten la contaminación de los suelos, ya sea por contaminantes de tipo orgánico o inorgánico. (Pajuelo, 2017, p. 7).

Las Rizobacterias beneficiosas conocidas en la literatura con el acrónimo PGPR (del inglés “Plant Growth Promoting Rhizobacteria”) desempeñan funciones claves para la planta tales como control biológico de los patógenos mediante efectos antagonistas o de Inducción de Resistencia Sistémica, incremento de la biodisponibilidad de elementos minerales como por ejemplo la solubilización de fosfatos, fijación de nitrógeno, o la fitoestimulación al propiciar la emergencia o el enraizamiento. La fitoestimulación provocada por la inoculación de PGPR ocurre por varios mecanismos, uno de ellos se basa en la síntesis de sustancias reguladoras de crecimiento, como giberelinas, citoquininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelo radicales, lo que incrementa a su vez la capacidad de absorción de agua y nutrientes y permite que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas, como la sequía. (Franco, 2008, p. 46)

“Estas bacterias se describen como microorganismos Gram positivos, en su mayoría aerobias, algunos grupos presentan desarrollo y crecimiento unicelular, aunque un buen número de especies presentan crecimiento micelial filamentoso formado por hifas enramadas no septadas.” (Martinez, et al, 2017).

1.2.1. *Streptomyces* sp.

Streptomyces sp es el género más extenso de actinobacterias, un grupo de contenido GC generalmente alto y se distinguen por el olor a «tierra húmeda» que desprenden, resultado de la producción de un metabolito volátil, la geosmina. Las especies del género *Streptomyces* sp se caracterizan por poseer un metabolismo secundario complejo, son metabólicamente diversas y pueden alimentarse casi cualquier cosa, incluidos los azúcares, alcoholes, aminoácidos, ácidos orgánicos y

compuestos aromáticos, esto se logra mediante la producción de enzimas hidrolíticas extracelulares. (Salcedo, 2010, p. 2)

1.3. Fertilizante químico

1.3.1. Características generales de la urea

La urea, también conocida como carbamida, es el nombre del ácido carbónico de la diamida cuya fórmula química es $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$. Esta es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco que se encuentra dentro del organismo, mayormente en la sangre, orina, bilis y sudor. Además, la urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular, es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco. Comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación. (Distribuidora de Químicos Industriales [DPQ], 2015)

1.3.2. Ventajas y desventajas en su uso

Los fertilizantes cumplen una función de reconocida importancia en la agricultura y en la esfera de la salud pública. Las ventajas que se reportan son en cuanto a elevar el rendimiento económico en el sector agrícola y también han hecho que esta tecnología química se impusiera rápidamente en el mundo entero. (Bravo, Plaza y Pacheco, 2013, p.1)

No obstante, su uso imprudente puede acarrear problemas en la salud y contaminación del medio ambiente e incluso debido a su uso frecuente perjudica el suelo de cultivo y las futuras cosechas.

Por desgracia, en muchos países en desarrollo se carece de la experiencia y de los conocimientos especializados necesarios para resolver este tipo de problemas. (Bravo, Plaza y Pacheco, 2013, p.1)

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DE LA EXPERIMENTACIÓN

2.1 Pregunta de investigación

¿En qué medida se diferencia la acción promotora de crecimiento vegetal de *Streptomyces sp* frente a la de un fertilizante químico aplicados a la planta *Zea mays* “maíz”?

2.2 Hipótesis

El *Streptomyces sp* actuará como promotor de crecimiento vegetal sobre las plantas de *Zea mays* con una eficacia similar o mayor a la del fertilizante químico.

2.3 Variables

- Variable independiente: Tipo de fertilizante utilizado.
 - *Streptomyces sp.* como biofertilizante.
 - Fertilizante químico: urea.
- Variables dependientes:
 - Crecimiento radicular.
 - Elongación de tallo.
 - Longitud de hojas.
- Variables controladas:
 - 28°C de temperatura en incubadora para los actinomicetes.
 - 5 semillas a plantar por bolsa.
 - 1ml de urea disuelta por planta.
 - 20 días expuestos a evaluación.
 - Condiciones de suelo: arena y humus.
 - 25°C de temperatura en el invernadero.

- Riego interdiario.

2.4 Materiales

2.4.1 Material biológico

- Muestras de suelo rizosférico de malezas.
- Cultivos de actinomicetes.
- Semillas de maíz duro variedad Marginal 28-T mejorado.

2.4.2 Material para medio de cultivo

- 50 g de *Avena sativa* “avena” en harina.
- Semillas de maíz.
- 8 g de sacarosa.
- 8 g de agar agar en polvo.

2.4.3 Material para siembra

- Arena de río.
- Humus.
- Agua destilada.
- Urea.
- Bolsas herméticas.
- Bolsas de cultivo de 500 g.
- Tamiz de 1,19 mm.
- Navaja.
- Palana.

2.4.4 Material para batería Gram

- Cristal violeta.
- Lugol.

- Alcohol acetona.
- Safranina.
- Aceite de inmersión o cedro.

2.4.5 Material para aislamiento de actinomicetes

- Algodón.
- Suero fisiológico.
- Placas Petri.
- Tubos de ensayo de 13x150 ml
- Viales.
- Láminas portaobjetos y cubreobjetos.
- Pipetas de 1mm \pm 0.1mm
- Papel aluminio.
- Papel bulki.
- Papel toalla.
- Pinzas.

2.4.6 Materiales de bioseguridad

- Mascarilla.
- Guantes.
- Guardapolvo.
- Mechero con ron de quemar.

2.4.7 Equipos

- Balanza analítica SASON EHA251
- Cocina eléctrica Sweetza- TM111
- Autoclave Greetmed YX 280D

- Microscopio Leica DM 500
- Incubadora KetrLab ODHG 9030^a
- Wincha ± 0.1 cm

2.5 Condiciones sobre configuración y principios éticos

Se trabajó cumpliendo las normas de bioseguridad realizando la mayoría de la experimentación una cámara aséptica para evitar contaminación y desinfectando todos los ambientes en los que se trabajó. Además se utilizaron implementos de seguridad en el laboratorio como guardapolvo, guantes y mascarilla. Asimismo se estuvo bajo supervisión de una especialista en microbiología, quien fue guía y aclaró las dudas durante el procedimiento. De la misma manera, se desarrollará la investigación cumpliendo los principios éticos que el Bachillerato Internacional propone.

CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO Y MÉTODOS

3.1 Muestreo de suelo:

- Las muestras de suelo rizosférico fueron obtenidas del fundo “La Peña” ubicado en Lambayeque, Perú. Se localizaron los campos de maíz y se extrajo aproximadamente 400 gr de suelo cercano a la raíz de 5 malezas diferentes asociadas a este cultivo y luego de haber deshidratado esta tierra por 12 horas se procedió a seleccionar 10 g de cada uno de donde se aislaron los actinomicetes que se trabajaron para el crecimiento de las plantas.

3.2 Preparación de medio de cultivo

- El medio que se seleccionó fue agar avena, pues las actinobacterias prefieren la humedad y la avena les proporciona las condiciones de crecimiento óptimas para ellas.
- Previamente a la preparación del medio, se deja remojar la avena que se utilizará por 12 horas o también se puede utilizar harina de avena. Para el procedimiento que realicé era necesario emplear 500 ml de medio y 500 ml de caldo avena. Para la preparación de este último solo se necesitó hervir 25 g de avena en 50 ml de agua y para el medio se utilizó las mismas medidas, pero agregándole agar-agar en polvo.

3.3 Aislamiento e identificación de actinomicetes

- Luego de limpiar la cámara aséptica, se trabajó frente al mechero prendido para conservar la permanente desinfección. Primero se sirvió 10 ml del medio en 10 placas y 3 ml en 10 viales, apoyando estos últimos de forma diagonal para que los actinomicetes tengan una mayor área de crecimiento y desarrollo, dejándolas secar por 10 min. Se eligió esa cantidad de placas y

viales porque teniendo 5 muestras diferentes de suelo se sembrarían las bacterias por duplicado y tener mayor posibilidad de encontrarlas.

- Se prepararon las 5 soluciones madre al homogenizar 90 ml de agua destilada estéril y 10 gr de suelo. Luego, a base de esto se prepararon las 5 disoluciones 10^{-1} con 9 ml de suero fisiológico y 1 ml de la solución madre, este último extraído del sobrenadante con una jeringa tuberculina.
- Tras homogenizar las disoluciones, se extrajo una alícuota con un asa bacteriológica que fue esterilizada frente al mechero hasta alcanzar el rojo vivo. Este inóculo en suspensión se trasvasó a la placa con el medio servido utilizando la técnica del estriado por agotamiento para así obtener colonias individuales luego de incubar las placas a 30° por 7 días en estufa.



Ilustración 1. Cepa de Streptomyces sp aislada en agar avena

- Pasados los días se pudieron identificar las colonias en una de las placas y para identificar las bacterias se realizó la tinción Gram, dando como resultado

coloración violeta y comprobando así que los actinomicetes son bacterias Gram positivas.

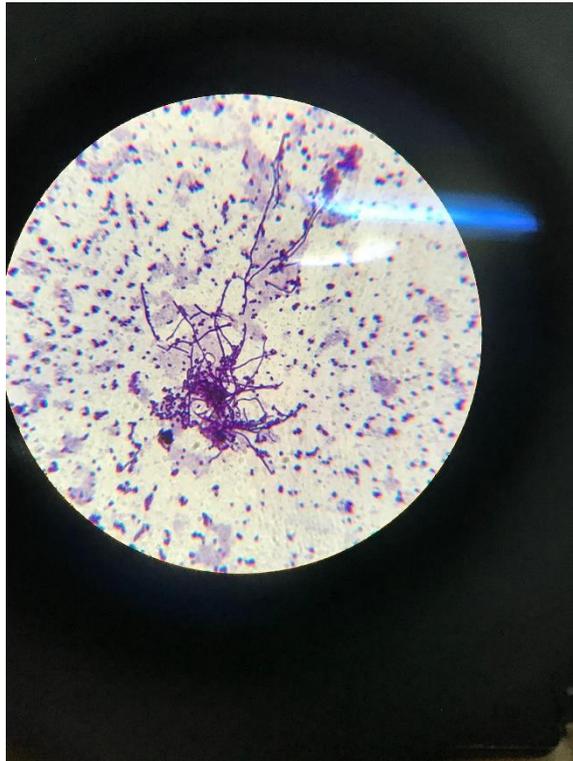


Ilustración 2. Tinción Gram de actinobacterias aisladas

3.4 Prueba de germinación de Zea mays

- Al entrar a la cámara aséptica se limpia la mesa de trabajo y se esteriliza las pinzas con un mechero.
- Luego se coloca en cada placa Petri dos círculos del mismo diámetro de papel toalla esterilizado en autoclave. Con ayuda de pinzas se coloca en cada una de ellas 20 semillas de maíz y se rocía agua destilada hasta humedecer completamente las semillas y el papel toalla.
- Para conservar las placas durante la germinación se envuelven cada una con papel aluminio y papel kraft para dejarlas a temperatura ambiente por 7 días.
- Transcurrido el tiempo se observa la germinación de las semillas y se establece un porcentaje que será con el que se trabajará. El porcentaje

obtenido en la prueba fue de 99%, pero este dato variará con respecto al crecimiento en suelo, ya que está sujeto a otras condiciones de desarrollo.

3.5 Inoculación de actinomicetes en semillas de *Zea mays* (maíz) y siembra

- Para elaborar el inóculo bacteriano se preparó 200 ml de caldo avena y se autoclavó. En él se siembra una colonia de actinomicetes que se extrajo con el asa bacteriológica y se incubó a 30° por 3 días.
- Después de 3 días que haya crecido el actinomicete se realizó la prueba en blanco al extraer 1 ml de inóculo con una jeringa tuberculina frente al mechero para evitar la contaminación y este se colocó en un bolsa de 5 cm x 10 cm con 5 semillas de maíz, repitiendo este procedimiento 5 veces. Las otras 10 bolsas se llenaron con agua destilada porque corresponden a otro tratamiento. Se amarraron y se reservaron en la incubadora por 30 min. Fueron 15 bolsas que se utilizaron por realizarse 5 repeticiones en los 3 tratamientos, el primero con los actinomicetes, el siguiente con el fertilizante químico y un testigo absoluto.
- Para preparar el suelo de siembra se utilizó proporción 1-1 de arena de río y humus, utilizando en total 4 kilos de la mezcla y separándola en 15 bolsas de cultivo de medio kilo.
- A cada bolsa llena del suelo se le hicieron 5 huecos no muy profundos para colocar allí las semillas inoculadas y se le vertió a cada una aproximadamente 40 ml de caldo de cultivo con el inóculo bacteriano para así tener un mejor efecto.

3.6 Siembra de semillas de *Zea mays* (maíz) aplicando un fertilizante químico

- Se llenó la bolsa con el suelo, en cada hueco solo se colocó la semilla y se tapó con la tierra, la cual fue humedecida posteriormente con agua de clorada. Al testigo absoluto solo se le realizó este procedimiento.
- Luego de 15 días de crecimiento del maíz se disuelve 1 g. de urea en 100 ml de agua destilada y se roció 20 ml de la solución en cada bolsa que se le aplicó el tratamiento químico. Se dejaron crecer las plantas por otros 5 días hasta la evaluación final.

3.7 Evaluación de crecimiento

- Durante el periodo total de 20 días de crecimiento se regaron todas las plantas con agua de clorada de manera interdiaria. En el día 15, se desahijaron 3 de las 5 plantas que estaban en crecimiento, quedando así las 2 más vigorosas para la evaluación posterior.
- En la evaluación, se tomó en cuenta el crecimiento radicular, la elongación de tallo y la longitud de las hojas. Para lograr tomar estos datos se extrajeron cuidadosamente las plantas de su suelo y se limpiaron para que con ayuda de una wincha se puedan medir los órganos de estas.



Ilustración 3. Comparación de crecimiento vegetal según tratamientos. Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: Datos Obtenidos y Análisis

4.1 Estadística descriptiva de los datos:

Luego de haber tomado las medidas a cada órgano de las plantas por cada repetición de los tres tipos de tratamientos se presentan los siguientes datos estadísticos. Los datos considerados para cada repetición resultan del promedio de las medidas tomadas de las dos plantas

Tabla 3: Crecimiento de la raíz, tallo y hojas de las plantas de *Zea mays* tratadas con biofertilizante aplicando *Streptomyces sp.*

Característica/ Repeticiones	Promedio crecimiento radicular en cm (± 0.1)	Promedio de elongación de tallos en cm (± 0.1)	Promedio de longitud de hojas en cm (± 0.1)
R1	25.5	9.2	15.7
R2	22.6	7.6	16.6
R3	22	9.7	17.9
R4	30.5	9.1	17.4
R5	25	8.5	16.8

Tabla 4: Crecimiento de la raíz, tallo y hojas de las plantas de *Zea mays* tratadas con biofertilizante aplicando fertilizante químico.

Repeticiones\ Característica	Promedio crecimiento radicular en cm (± 0.1)	Promedio de elongación de tallos en cm (± 0.1)	Promedio de longitud de hojas en cm (± 0.1)
R1	20.5	7.1	15.6
R2	23.2	7.4	14.8
R3	20.4	8.5	16.3
R4	21.5	7.8	15.2
R5	27	7.5	16.1

Tabla 5: Crecimiento de la raíz, tallo y hojas de las plantas de *Zea mays* sin tratamiento aplicado (control)

Repeticiones\ Característica	Promedio crecimiento radicular en cm (± 0.1)	Promedio de elongación de tallos en cm (± 0.1)	Promedio de longitud de hojas en cm (± 0.1)
R1	13.3	7.2	15.6
R2	17.6	7.8	12.7
R3	14.9	7.7	12.9
R4	12.7	7.5	13.4
R5	15.6	7.3	13.3

4.2 Estadística procesada: Análisis de varianza de un factor o ANOVA

Se realizó un análisis factorial de varianza con los resultados obtenidos de las medidas de los órganos de las plantas en sus distintas repeticiones para cada uno de los tres tratamientos aplicados. Este fue hecho en el software Microsoft Excel y con el propósito de corroborar el valor de los datos y distinguir si la desigualdad es significativa o no. Gracias a esta prueba se puede obtener con un alto rango de certeza el grado de confiabilidad de los datos conseguidos, así como comprobar si los datos de dos o más poblaciones en estudio son iguales.

Dentro del programa, al ingresar los promedios de las medidas por cada tratamiento, este muestra unas tablas realizadas con el análisis correspondiente, mostrando así la información necesaria para reconocer y afirmar estadísticamente si las diferencias influyen significativamente en los resultados.

Tabla 6: Varianza de las medidas tomadas en el crecimiento radicular de las plantas de *Zea mays*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Hipótesis	286.9	2	143.45	19.0243579	0.00018999	3.885293835
Error	90.484	12	7.540333333			
Total	377.384	14				

Tabla 7: Varianza de las medidas tomadas en la elongación del tallo de las plantas de *Zea mays*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Hipótesis	44.00133333	2	22.00066667	41.27704816	4.17836E-06	3.885293835
Error	6.396	12	0.533			
Total	50.39733333	14				

Tabla 8: Varianza de las medidas tomadas en la longitud de las hojas de las plantas de *Zea mays*

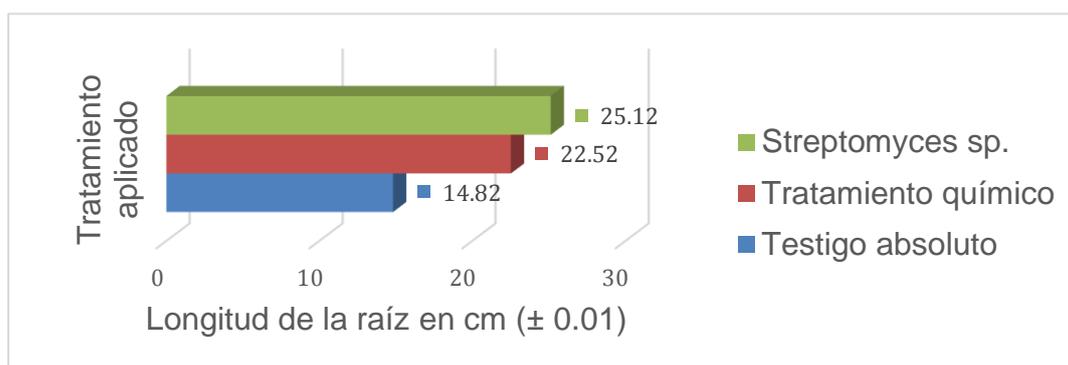
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Hipótesis	5.189333333	2	2.594666667	7.823115578	0.006687624	3.885293835
Error	3.98	12	0.331666667			
Total	9.169333333	14				

En las tablas con el análisis ANOVA, el dato más importante para determinar la significancia de las medidas obtenidas es la “probabilidad”, pues esta mientras menor sea a 0.05 determinará que uno o más de los resultados en la población se

desvía de la media, siendo este un buen indicador para poder reconocer que hay diferencia significativa entre los tres tipos de tratamiento, lo cual lleva a concluir que la aplicación de uno de ellos tendrá un mejor resultado sobre el crecimiento de esta especie.

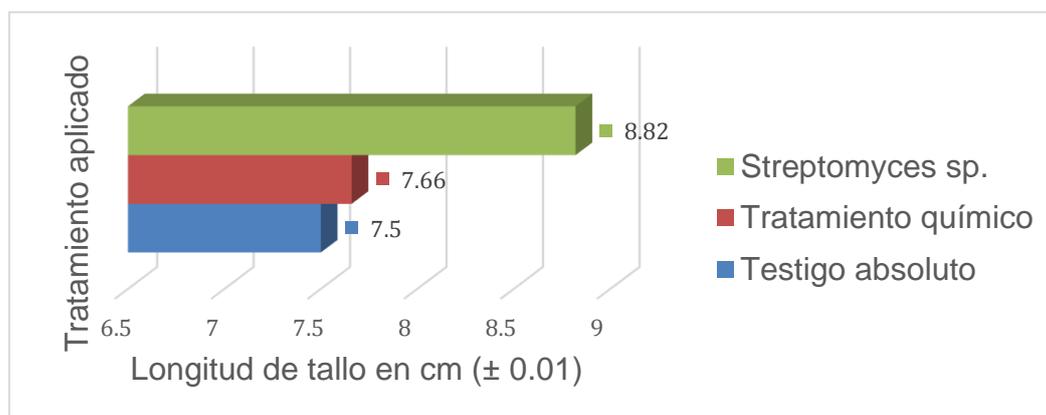
4.3 Comparación de los tratamientos según el crecimiento del órgano vegetal

Gráfica 1: Crecimiento radicular según el tipo de tratamiento



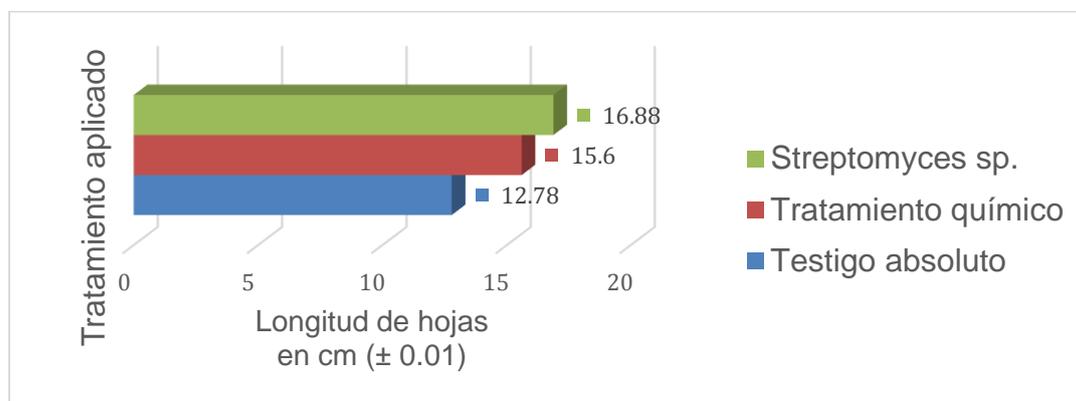
Se muestra que el tratamiento que dio mejor resultado para el crecimiento radicular del maíz es con *Streptomyces sp* puesto que el promedio de este órgano vegetal es de 25.12 cm con respecto al tratamiento químico con resultado de 22.52 cm.

Gráfica 2: Elongación del tallo según el tipo de tratamiento.



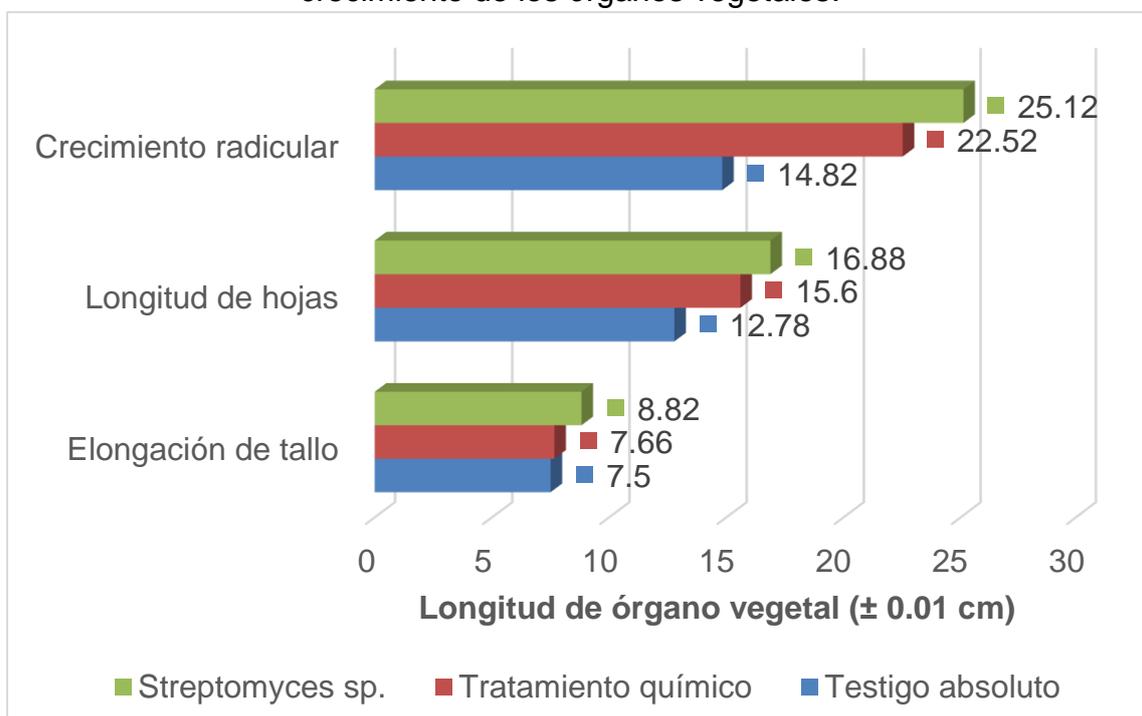
El tratamiento que tuvo mayor eficacia en cuanto a la elongación del tallo del maíz es con *Streptomyces sp* puesto que el promedio de este órgano vegetal es de 8.82 cm con respecto al tratamiento químico con resultado de 7.66 cm.

Gráfica 3: Comparación de los tratamientos según la longitud de las hojas.



En el caso de la longitud de las hojas del maíz, el tratamiento con mejores resultados fue al que se les aplicó *Streptomyces sp* puesto que el promedio de la longitud de este órgano vegetal es de 16.88 cm a diferencia del tratamiento químico con 15,6 cm

Gráfica 4: Comparación general de la eficacia de los tratamientos según crecimiento de los órganos vegetales.



Tras elaborar estas gráficas se puede evidenciar claramente la diferencia en el desarrollo de los órganos vegetales dependiendo del tratamiento que se le ha aplicado, así como también muestra cuál dio mejores resultados después de la experimentación al comparar los promedios de las medidas tomadas en cada repetición.

CONCLUSIONES

- Según el análisis factorial de varianza, las medidas obtenidas del crecimiento de las plantas *Zea mays* se diferencian entre sí por el grado de significancia que presentan (menor a 0.05), esto quiere decir que uno de los tratamientos es el que mejor ha funcionado en el desarrollo de las plantas. De acuerdo a la gráfica 4 se puede demostrar que las plantas sembradas a partir semillas inoculadas con *Streptomyces sp* tuvieron un mayor desarrollo con respecto al crecimiento radicular (25.2 cm), elongación de tallo (16.88 cm) y longitud de las hojas (8.82 cm) en comparación con los resultados obtenidos en el crecimiento de plantas aplicadas a fertilizante químico, obteniendo los resultados 22.52 cm, 15.6 cm y 7.66 cm para las mismas características respectivamente. Esto responde a la pregunta de investigación y comprueba la hipótesis. Se fundamenta al reconocer que este tipo de microorganismos son excelentes fijadores de nitrógeno, lo cual según Martínez, Z, et al. coinciden al describir a los *Streptomyces sp* como buenos distribuidores de nutrientes de suelo y agua para el crecimiento de las plantas.
- Con respecto al crecimiento radicular de las plantas se obtuvo un mejor resultado (25.20 cm) en aquellas plantas que fueron tratadas con *Streptomyces sp* en comparación con las tratadas con urea (22.52 cm), tal como se observa en el gráfico 1. Teniendo esto en cuenta, se puede considerar a esta especie de actinomicetes como buenos enraizantes. Probablemente al momento de realizar la evaluación final esta diferencia no haya sido muy significativa, pero cuando el maíz llega a la etapa fenológica del crecimiento rápido, el desarrollo de estas plantas se duplica, es decir, a partir de los 60 días la parte radicular tendrá mayor área de absorción porque esta será grande y por lo tanto se

proyectarán a ser más profundas y mejor distribuidas, captando así más nutrientes y absorbiendo los agentes más beneficiosos en el suelo.

- Adicionalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en la misma gráfica, el crecimiento de tallos y hojas de las plantas, no difieren mucho entre los tratamientos con *Streptomyces sp* (16.88 cm y 8.82 cm) y fertilizante químico (15.6 cm y 7.66 cm). Esto se puede deber al poder altamente radical de los productos químicos agrícolas como plaguicidas y fertilizantes, pues las plantas aplicadas al tratamiento químico solo estuvieron expuestas por 5 días a la urea y el efecto fue similar en estos órganos de las plantas. Se puede determinar así que si bien es cierto estos productos ayudan a la producción agrícola, no resultará siempre beneficiosa para el ambiente, puesto que los elementos que contienen son nocivos para el entorno y los mismos seres vivos pueden verse perjudicados.
- Por último, en una comparación realizada con los testigos absolutos como muestras de control, la evidencia de crecimiento examinado en raíz (14.82 cm), tallo (12.78 cm) y hojas (7.5 cm) es significativo. Ello se puede explicar en que los *Streptomyces sp* fueron extraídos de la rizósfera de las malezas asociadas a los cultivos de maíz.
- En suma, fue el tratamiento con *Streptomyces sp* el que causó un mayor efecto como fertilizante para el desarrollo de las plantas de maíz, comprobando así que es una bacteria promotora del crecimiento vegetal. Además, constituye una alternativa saludable y ecológicamente amigable frente al uso de los fertilizantes químicos, los cuales ocasionan problemas ambientales y afectan la salud humana.

MEJORAS DE LA INVESTIGACIÓN

Se recomienda que para futuras investigaciones se pueda tomar en cuenta un análisis estadístico más amplio y específico hacia la investigación, como lo es Tukey, puesto que con este estudio se podrá evaluar estadísticamente la efectividad de variables.

Asimismo, se sugiere probar otro tipo de fertilizantes naturales para comparar la efectividad que tienen ellos como promotores de crecimiento vegetal, siendo estas alternativas también favorables para la conservación del ambiente.

Del mismo modo, se podría aplicar el tratamiento a otro tipo de plantas, pues existen algunas que son más afectadas por el excesivo uso de agentes químicos durante su desarrollo y siendo también fuente de alimentación primaria para los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Benjumeda, D. (2017). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/65140/BENJUMEA%20MU%C3%91OZ%2c%20DANIEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Distribuidora de Químicos Industriales [DQI]. (2015). Ficha Técnica Urea. Recuperado de <http://dqisa.com/wp-content/uploads/2015/11/UREA.pdf>
- Echegoyen, M. (2016). Cultivo del Maíz, Recuperado de <https://es.scribd.com/document/330690147/Cultivo-Del-Maiz#>
- Gonzáles, Y. (2010). Los actinomicetos: una visión como promotores de crecimiento vegetal (Tesis de grado). Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>
- Ministerio del ambiente [MINAM]. (2014). Guía para el muestro de suelos. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Salcedo, N. (2010). Streptomyces. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/31341023/Streptomyces-sp>
- Secretaría de agricultura y desarrollo rural [SAGARPA]. (2015). Recuperado de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20%20MAIZ.pdf>

Franco, M. (2008). Evaluación de caracteres PGPR en Actinomicetos e Interacciones de estas Rizobacterias con Hongos Formadores De Micorrizas. Recuperado de <https://hera.ugr.es/tesisugr/17716093.pdf>