



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Efecto de bacterias diazótroficas y su importancia para el  
rendimiento de los cultivos de ciclo corto”.

**AUTOR:**

Joel Darwin García Castro

**TUTORA:**

Ing. Quim. Adriana Mejía González, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

## RESUMEN

Los suelos para la producción de cultivos muchas veces sufren frecuentes degradaciones y por consiguiente fertilidad media; esto ha ocasionado bajos rendimientos por unidad de superficie, lo que además repercute en los ingresos económicos de los productores. El uso indiscriminado de productos químicos en los cultivos ha causado contaminación ambiental y en la salud de la población, siendo indispensable el uso de productos a base de microorganismos, que no han sido estudiados a profundidad y que los agricultores por creencia dudan de su efectividad. Las conclusiones determinan que los microorganismos nativos con propiedades que promueven el crecimiento vegetal son *Azotobacter*, *Burkholderia* y *Azospirillum*, consideradas como biofertilizantes en cultivos de interés agronómico; también el aislamiento de bacterias *diazótrofas*, su identificación mediante métodos confiables y la evaluación de su capacidad como promotoras del crecimiento vegetal, además de ser una opción en procesos investigativos con fines agrícolas, es una buena alternativa para mejorar la nutrición y la calidad de los cultivos, lo que contribuye al mejoramiento del sistema planta-suelo-microorganismo; se considera que las bacterias *Azospirillum sp.* y *Azotobacter sp.* han sido reportadas como promotoras de crecimiento vegetal en plantas obteniendo incrementos en los parámetros de crecimiento, longitud radical, altura y producción y el efecto de la bacteria *Azotobacter sp.* se evidencia desde los inicios del cultivo, incrementándose el número de plántulas en semilleros, crecimiento, altura, número de hojas, diámetro del tallo, área foliar y biomasa vegetal, posibilitando el acortamiento entre 7 a 10 días del ciclo de obtención de la cosecha en cultivos de ciclo corto.

Palabras claves: nitrógeno, bacterias *diazótrofas*, rendimiento.

## SUMMARY

Soils for crop production often suffer from frequent degradation and consequently medium fertility; This has caused low yields per surface unit, which also affects the economic income of the producers. The indiscriminate use of chemical products in crops has caused environmental contamination and in the health of the population, being essential the use of products based on microorganisms, which have not been studied in depth and that farmers by belief doubt their effectiveness. The conclusions determine that the native microorganisms with properties that promote plant growth are *Azotobacter*, *Burkholderia* and *Azospirillum*, considered as biofertilizers in crops of agronomic interest; the isolation of diazotrophic bacteria, their identification by reliable methods and the evaluation of their ability to promote plant growth, in addition to being an option in research processes for agricultural purposes, is a good alternative to improve the nutrition and quality of crops, which contributes to the improvement of the plant-soil-microorganism system; the bacteria *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp. have been reported as plant growth promoters in plants obtaining increases in growth parameters, root length, height and production and the effect of the bacterium *Azotobacter* sp. It is evident from the beginning of the crop, increasing the number of seedlings in seedbeds, height growth, number of leaves, stem diameter, leaf area and plant biomass, making it possible to shorten the harvest cycle in crops by 7-10 days. short cycle.

Keywords: nitrogen, diazotrophic bacteria, yield.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.5. Fundamentación teórica .....	4
1.6. Hipótesis .....	14
1.7. Metodología de la investigación .....	15
CAPÍTULO II .....	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
2.1. Desarrollo del caso .....	15
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) .....	15
2.3. Soluciones planteadas .....	16
Conclusiones .....	16
Recomendaciones .....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	18

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos que históricamente formaron parte de la dieta de sus poblaciones originarias, son considerados hoy como alimentos de alta calidad. En general están considerados cultivos rústicos, con resistencia a sequía, helada y salinidad, sin embargo, no se han conducido muchos trabajos para mejorarlos. Los cultivos, tanto granos, tubérculos, raíces, frutales, aromáticas y medicinales, tienen un gran potencial de transformación en productos procesados. Sin embargo, en la actualidad los países productores están sub-utilizando este potencial de la infinidad de formas que es posible realizar, pudiéndose obtener productos con características excepcionales (Jacobsen *et al.*, 2016).

La actividad biológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alto rendimiento. Los microorganismos en asociación con los cultivos son importantes, como insumos, para el mejoramiento de la producción y el control ambiental; además permiten el mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Moreno y Galvis 2015).

Las bacterias *diazotrófas* son de gran importancia agrícola como intermediarios en el proceso de fijación biológica del nitrógeno, reduciendo el nitrógeno atmosférico no asimilable por las plantas a amonio, ayudando así a suplir carencias de este elemento en los cultivos. El N (Nitrógeno) tiene la capacidad de aumentar la fertilidad del suelo mediante la formación de humus, que posee la facultad de almacenar N, disminuir la pérdida de K (Potasio), Ca (Calcio) y Mg (Magnesio), y al mismo tiempo mantiene la humedad del suelo, mejorando los procesos biológicos desarrollados (Argüello *et al.*, 2016).

La demanda de productos orgánicos y nutritivos a nivel nacional y mundial, como la quinua, viene incrementando su valor económico, disminuyendo el uso indiscriminado de agroquímicos, ante ello se plantea el uso y aplicación de bacterias *diazótrofes* en el proceso productivo (Irquinigo 2019).

La presente investigación permitió identificar el efecto de bacterias

*diazótrofas* y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

Efecto de bacterias *diazótrofas* y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

El desarrollo y nutrición de las plantas y el aumento de tolerancia de los cultivos frente al estrés, son los principales beneficios de las bacterias *rizósferas* presentes en los cultivos y que pueden aportar indispensablemente a la agricultura.

### 1.2. Planteamiento del problema

Los suelos para la producción de cultivos muchas veces sufren frecuentes degradaciones y por consiguiente fertilidad media; esto ha ocasionado bajos rendimientos por unidad de superficie, lo que además repercute en los ingresos económicos de los productores.

El uso indiscriminado de productos químicos en los cultivos ha causado contaminación ambiental y en la salud de la población, siendo indispensable el uso de productos a base de microorganismos, que no han sido estudiados a profundidad y que los agricultores por creencia dudan de su efectividad.

### 1.3. Justificación

Por la demanda de alimentos que consume la población a nivel mundial, es necesario buscar alternativas que permitan incrementar los rendimientos y a su vez ayuden a las condiciones económicas de los productores.

Es por tanto que es imprescindible el uso de productos a base de microorganismos benéficos en diferentes cultivos y agroecosistemas, entre los

que se destacan las bacterias *diazótrofas*, los cuales son imprescindibles para la movilidad de diferentes nutrientes en las plantas, especialmente a base de nitrógeno.

Por lo expuesto se justifica la presente investigación, a fin de estudiar el efecto de bacterias *diazótrofas* y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

#### **1.4. Objetivos**

##### **General**

Determinar el efecto de bacterias *diazótrofas* y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

##### **Específicos**

- Establecer los beneficios de las bacterias *diazótrofas* en el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.
- Caracterizar las bacterias *diazótrofas* que intervienen en el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

#### **1.5. Fundamentación teórica**

El término “biofertilizante” es un término engañoso ampliamente usado con el significado de “inoculante bacteriano” dado que ambos consisten en preparaciones de uno o más microorganismos. A diferencia de un inoculante bacteriano el biofertilizante sólo aporta nutrientes como fósforo y nitrógeno y pueden sustituir parcial o completamente la fertilización química, pero no cuenta con los demás efectos de promoción del crecimiento vegetal producidos por las bacterias (Gutiérrez 2016).

García *et al.* (2017) señala que la utilización de biofertilizantes constituidos por bacterias que fijan nitrógeno, solubiliza nutrientes, producen hormonas y estimulan la protección frente al ataque de plagas y patógenos, representa una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes químicos.

La agricultura moderna busca reducir el uso de fertilizantes ya que los fertilizantes nitrogenados causan la contaminación de aguas subterráneas entre otros prejuicios al ambiente. Es por eso, que se busca reducir o suplir el uso de la fertilización nitrogenada química con el uso de la combinación de la bacteria fijadora de nitrógeno *diazótrofas*, puesto que constituyen una alternativa agroecológica para la producción (Cevallos 2021).

“Los diazotrofos que logran colonizar el interior de las raíces tienen una menor competencia por los sustratos disponibles, hecho muy importante por la gran demanda de energía que requiere el proceso de fijación” (Carrizo y Bellone 2016).

Una de las alternativas al problema de la fertilización es el uso de bacterias *rizosféricas* con propiedades de promoción de crecimiento vegetal. Estas bacterias usan mecanismos como fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, producción de índoles y sideróforos, para favorecer la toma de nutrientes y así promover el crecimiento vegetal (Pérez y Sánchez 2017).

El mejoramiento del desarrollo y nutrición de la planta y el aumento de la tolerancia de los cultivos frente al estrés, son algunos de los beneficios que las bacterias *rizosféricas* presentes en los cultivos, pueden aportar a la agricultura. Este tipo de bacterias, aseguran la sostenibilidad de los cultivos contribuyendo a mejorar la calidad del suelo, limitar el aporte de nutrientes e incrementar los rendimientos en producción (Argüello *et al.*, 2016).

La biofertilización nitrogenada en las gramíneas es un reto para la agricultura de los países en desarrollo, debido a que ellas constituyen la base de la alimentación de estos países. La necesidad de renovar la metodología para obtener altos rendimientos en los cultivos en la agricultura a nivel mundial, ya

que es imprescindible preservar las reservas de nutrientes que se han perdido en el suelo; o sea, llegar a una agricultura sostenible a largo plazo, siendo la fijación biológica del nitrógeno (FBN) una vía para recobrar estas pérdidas (Velazco *et al.* 2017).

Para (Cevallos (2021), las Bacterias *diazótrofas* son microorganismos que se incluyen actrices no solo de bacterias gran positivas y negativas sino también de arqueas y cianobacterias, en la cual posee una gran diversidad morfológica y genética. De esta forma las bacterias *diazotrófas* tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, pueden vivir libres de diversos ecosistemas, y así establecer simbiosis o estar asociadas con algunas plantas.

La misma fuente señala que las bacterias diazótrofes favorecen a las plantas a través de diferentes mecanismos que se pueden resumir en: la fijación biológica del nitrógeno, síntesis de fitohormonas como las auxinas (fundamentalmente el ácido indolacético AIA), promoción del crecimiento de la raíz y proliferación de pelos radicales (Cevallos 2021).

Velazco *et al.* (2017) manifiestan que muchos de los *diazótrofos rizosféricos* también poseen varias funciones como son: producción de fitohormonas, optimización de la adsorción de nutrientes, entre otras; es por ello que son considerados como rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR). En esta categoría se incluyen bacterias con formas de vida diferentes, lo que con lleva que, de acuerdo con el agroecosistema, se expresarán las posibilidades genético-fisiológicas de los *diazótrofos* en él.

La actividad biológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alto rendimiento. Los microorganismos en asociación con los cultivos son importantes, como insumos, para el mejoramiento de la producción y el control ambiental; además permiten el mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Moreno y Galvis 2015).

Las bacterias *diazotróficas* se dice que son promotoras del desarrollo de las plantas, por ende, no solo permiten la fijación de nitrógeno sino también a su

gran capacidad sintetizan metabolitos o sustancias que son reguladoras de crecimiento tales como: auxinas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. De esta manera menciona “que es una respuesta de la bacteria a la producción de otras sustancias de la planta hacia la rizosfera (Cevallos 2021).

Gutiérrez (2016) colabora que una de las formas en que las bacterias PGPB promueven el crecimiento vegetal es mediante la fijación biológica del nitrógeno y a las bacterias que cuentan con esta capacidad se les denominan *diazótrofas*. Estos microorganismos poseen una ventaja competitiva en un ambiente pobre en N y rico en C, como suele ser el suelo. Por muchos años se creyó que la capacidad de fijar N<sub>2</sub> estaba limitada a unas pocas especies microbianas.

“Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas se caracterizan por incrementar el crecimiento y la productividad vegetal, entre los organismos más conocidos están las especies pertenecientes a los géneros *Rhizobium* y *Azospirillum*” (Duarte 2016).

Las bacterias promotoras de crecimiento pueden clasificarse en dos grupos: Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas donde la bacteria afecta a las plantas suprimiendo los otros microorganismos y las bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad de control biológico (Torres 2019).

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas donde la bacteria afecta a las plantas suprimiendo los otros microorganismos, a través del propio metabolismo de la bacteria (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno) se afecta directamente el metabolismo de la planta, es decir, incrementa la toma de agua y de minerales mejorando el desarrollo radicular, e incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos benéficos para que beneficien las plantas (Gutiérrez 2016)..

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas, promueve el crecimiento de la planta al suprimir los fitopatógenos, dentro de ellas se

encuentra el género *Azospirillum* y *Azotobacter*, también bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, e igualmente, aumentan la capacidad de solubilización del fósforo orgánico e inorgánico presente en el suelo, colonizan raíces de las plantas produciendo fitohormonas como giberelinas que inducen la germinación de las semillas y control al crecimiento vegetal; citocininas, hormona que fomenta y favorece el crecimiento de yemas laterales y, auxinas, sustancias promotoras de crecimiento vegetal (Pérez y Sánchez 2017).

Particularmente, el género *Azotobacter* se caracteriza por la fijación no simbiótica de nitrógeno (bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre), síntesis de antibióticos y vitaminas, las especies de *Azotobacter* se encuentran en diferentes condiciones climáticas y generalmente en suelos ligeramente ácidos o alcalinos, están distribuidas en diferentes ambientes de suelo, agua y sedimentos. Adicionalmente, el género *Azospirillum* está representado por bacterias que perduran a lo largo del tiempo en suelo rizosférico, permaneciendo en diferentes especies de plantas lo que le da un mejor desarrollo a los cultivos. Sobreviven a altas condiciones ambientales desde climas tropicales hasta templados, minimizan los efectos negativos del estrés abiótico en las plantas, causado por condiciones de sequía, salinidad, metales pesados y pH extremos Velazco *et al.* (2017).

Argüello *et al.*, (2016) analiza que las bacterias *diazotrófas* son de gran importancia agrícola como intermediarios en el proceso de fijación biológica del nitrógeno, reduciendo el nitrógeno atmosférico no asimilable por las plantas a amonio, ayudando así a suplir carencias de este elemento en los cultivos. El N tiene la capacidad de aumentar la fertilidad del suelo mediante la formación de humus, que posee la facultad de almacenar N, disminuir la pérdida de K, Ca y Mg, y al mismo tiempo mantiene la humedad del suelo, mejorando los procesos biológicos desarrollados en él.

Las fuentes de carbono descritas para el proceso de fijación incluyen desde el metano (CH<sub>4</sub>) hasta carbohidratos complejos, dependiendo de la naturaleza del microorganismo *diazótrofo*. Otro de los requerimientos por parte

de las bacterias fijadoras de nitrógeno son los elementos traza, como molibdeno, vanadio y hierro para la producción de Mg, debido a que el magnesio es un cofactor importante en la expresión de la nitrogenasa (Torres 2019).

Cevallos (2021) sostiene que “En efecto los reguladores de crecimiento en las plantas se muestran principalmente modificando la morfología, superficie y actividad enzimática radical, de esta forma beneficiando el crecimiento de la parte aérea”.

Se requiere el aislamiento e identificación de microorganismos nativos con propiedades que promuevan el crecimiento vegetal y presenten mayor permanencia en el campo, como *Azotobacter vinelandii*, *Stenotrophomonas maltophilia* y *Burkholderia cepacia*, y así poder evaluar el potencial biofertilizante en cultivos de interés agronómico (Moreno y Galvis 2015).

La fijación biológica de nitrógeno es una función exclusiva de procariontes los cuales se denominan como organismos diazotrofos; pueden actuar de manera libre o realizando simbiosis con las plantas. La fijación de nitrógeno se da por la reducción enzimática de  $N_2$  a  $NH_3^+$  por acción de la enzima nitrogenasa, que consta de dos proteínas distintas llamadas dinitrogenasa y dinitrogenasa reductasa; los *diazotrofos* son los responsables de producir nitrógeno biodisponible en forma de amonio y también producir biomasa bacteriana (Duarte 2016).

Los microorganismos almacenan carbono, participan de los ciclos de nutrición de las plantas, rehabilitan suelos afectados, biodegradan y reducen residuos peligrosos, controlan plagas y enfermedades, descomponen materia orgánica, intervienen en la formación de sustancias orgánicas con efecto en la formación de micro y macro agregados, efectos de aireación, porosidad, capacidad de retención de agua y reducción del lixiviado de nutrientes y la protección y formación de raíces, existe la imperiosa necesidad de estudiar a los microorganismos entre ellas las bacterias diazótrofas, ya que poseen un potencial inmenso en un proceso productivo de un cultivo de importancia económica (Irquinigo 2019).

Moreno y Galvis (2015) Para la identificación de las bacterias diazótrofes se emplean técnicas convencionales o basadas en sus propiedades bioquímicas, tales como: la descripción de su morfología celular, la coloración Gram, el análisis de su capacidad para crecer en condiciones aerobias o anaerobias, o el análisis de requerimientos de sustratos especiales para su cultivo; estas técnicas permiten su identificación hasta género. Para la caracterización de especies, subespecies, serovariedades o cepas, se precisa de técnicas más sensibles y específicas, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que identifica una secuencia única en el ADN.

Por otra parte, estudios mencionan que la intervención de bacterias *diazotróficas* interviene en la morfogénesis de la raíz, se explica en gran medida el crecimiento vegetal, pues durante este proceso aumenta el número pelos radicales, así como las raíces laterales, lo que conduce a una buena capacidad de absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, además influyendo en el intercambio del ambiente de la rizosfera e incrementos en el rendimiento del cultivo (Cevallos 2021).

Torres (2019) acota que uno de estos factores es la fuente de energía para el crecimiento de los diazótrofes; en general, a excepción de las bacterias fotótrofes y las cianobacterias, todas las bacterias fijadoras de nitrógeno requieren fuentes de energía orgánicas o inorgánicas. Esto se debe a que la activación de la nitrogenasa es un proceso altamente energético (se requieren aproximadamente 16 moléculas de ATP para fijar una molécula de  $N_2$ ).

Clasificar a las bacterias fijadoras de nitrógeno en tres grupos: *diazótrofes de vida libre*, que fijan el nitrógeno para su propio uso y el nutriente queda disponible después de su muerte, por ej. especies de *Klebsiella*, *Azotobacter* y *Rhodobacter*; *diazótrofes asociativos*, que contribuyen al crecimiento de la planta huésped sin formación de estructuras diferenciadas, por ej. especies de *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Herbasprillum*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Paenibacillus*, y *diazótrofes simbióticos*, que establecen una interacción muy estrecha entre macro y micro simbiote y en algunos casos se forman estructuras diferenciadas

denominadas nódulos como en los géneros de rizobios: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* (Gutiérrez 2016).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno, pueden ser de vida libre, en donde participan géneros aerobios como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Derxia*, *Azoarcus*, *Pseudomonas*., *Gluconacetobacter*; algunos anaerobios facultativos como *Bacillus*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*; otras que son microaerofílicas como *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Acidothiobacillus*, *Burkholderia*, *Aquaspirillum*, o anaerobios estrictos como *Clostridium* y *Desulfovibrio* (Torres 2019).

El mismo autor menciona que otro tipo de bacterias fijadoras son las que pueden formar asociaciones simbióticas con plantas generando nódulos en las raíces, en este caso encontramos el género *Rhizobium*, que ha sido ampliamente estudiado por ser una bacteria con altos rendimientos de fijación cuando está asociada a la planta. Todos los microorganismos *diazótrofos* tienen la capacidad de sintetizar la enzima nitrogenasa, que cataliza el proceso de fijación biológica del elemento (Torres 2019).

La inoculación con bacterias diazótropas benéficas de raíces se debe a que estas bacterias aumentan la capacidad de absorción radical del trigo por el: *Azospirillum* y *Azotobacter*. Esto se basa en la conversión de sus exudados radicales en sustancias promotoras de crecimiento vegetal como: auxina, citocinina, etc, produciendo un incremento del 43 al 90% en porcentaje de germinación y 20% en longitud de raíces. Esta conversión de productos de raíz es una propiedad bioquímica de las bacterias *diazótrofas*, lo que explica el incremento en peso fresco y seco del trigo inoculado hasta en un 50 % (Cevallos 2021).

“Las bacterias *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum* han sido reportadas como promotoras de crecimiento vegetal en plantas tuberosas obteniendo incrementos en los parámetros de crecimiento como materia seca, longitud radical y altura” (Pérez y Sánchez 2017).

La misma fuente indica que bacterias del género *Azospirillum* al igual que de *Azotobacter* no se consideran buenas solubilizadoras de fósforo sin embargo existen reportes en los cuales destacan la capacidad solubilizadoras de estas bacterias reportaron por primera vez la producción de ácido glucónico y la solubilización directa de fosfato por cepas de *Azospirillum brasilense*, en el mismo sentido entre sus resultados indican que existe una respuesta de actividad fosfatasa acida, de la bacteria *Azospirillum brasilense*, a la adición de fosfato tricálcico que indican la capacidad solubilizadoras de estas bacterias (Pérez y Sánchez 2017).

Estas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) incluyen al género *Azospirillum*, con especies de vida libre, presentes en suelos a nivel mundial y capaces de fijar nitrógeno molecular del ambiente, producir fitohormonas e incrementar la productividad agrícola. A pesar que existen biofertilizantes comerciales de *Azospirillum* spp., su aplicación no siempre es efectiva, por lo cual se prefiere el uso de microorganismos nativos, adaptados a las condiciones climáticas y que puedan competir exitosamente con la biota nativa (García *et al.* 2017).

*Azospirillum* sp., como rizobacteria promotora del crecimiento de las plantas, posee una mayor adaptabilidad y competitividad con respecto a los restantes diazótrofos en los ecosistemas y que, por sus posibilidades de adaptación posee grandes posibilidades para su aplicación como biopreparado agrícola, siempre que se estudie el agroecosistema que se quiere biofertilizar y este sea el diazótrofo predominante (Velazco *et al.* 2017).

La bacteria *Azospirillum* spp., puede promover la producción de hormonas vegetales y enzimas pectinolíticas, que favorecen la formación de raíces, así como hay un incremento en producción de exudados, lo que promueve el crecimiento de otros organismos rizosféricos. La síntesis de altas cantidades de auxinas *in vitro*, se considera un parámetro útil para la selección de cepas nativas de *Azospirillum* spp. a utilizarse en la producción de biofertilizantes, puesto que promueven un mayor crecimiento vegetal (Cevallos 2021).

García *et al.* (2017) indica que en una agricultura sostenible y respetuosa con el ambiente, la aplicación de bacterias nativas del género *Azospirillum*, constituye una alternativa para incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz, sin necesidad de aplicar fertilizantes químicos; sin embargo, en la actualidad no existen estudios de la existencia de *Azospirillum* spp.

(Zambrano Mendoza, 2020) menciona que el biofertilizante fertibacter - maíz contiene bacterias de (microorganismos del suelo) del género *Azospirillum*, las cuales tienen la capacidad de promover el crecimiento de los cultivos, estimulando principalmente un ensanchamiento y alargamiento de las raíces, lo que aumenta significativamente las superficies de absorción de los nutrientes que se encuentra en el suelo. Esta bacteria también tiene la habilidad de tomar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en unos nutrientes aprovechables por las raíces de las plantas de maíz.

La misma fuente señala que en el año 2008, el INIAP a través de la SENESCYT, ejecutó un proyecto de uso y conservación de la biodiversidad de cepas de *Azospirillum* spp., para la producción y validación de un biofertilizante para el cultivo de *Zea mays* L., en la sierra del Ecuador, y como resultado, se obtuvo el biofertilizante comercial registrado, fertibacter, y puesto a disposición de los agricultores y otros usuarios participantes del proyecto (Zambrano Mendoza, 2020).

El empleo de microorganismos fijadores asimbióticos de nitrógeno y productores de sustancias promotoras de crecimiento vegetal como inoculante toma cada día mayor auge; bacterias del género *Azotobacter* sp han demostrado un aumento significativo de los rendimientos de los cultivos, ahorro de fertilizantes minerales y disminución de la contaminación ambiental (Lara *et al.* 2017).

La misma fuente señala que se ha desarrollado y comercializado un grupo de bioproductos ampliamente empleados en la agricultura urbana, constituidos por la serie de biofertilizantes y bioestimuladores elaborados a base de *Azotobacter chroococcum*; este producto es comúnmente empleado en

diferentes cultivos de importancia económica, demostrándose su mayor respuesta en hortalizas tales como tomate, cebolla, cebollino, pimiento, pepino, ajo, lechuga, acelga, berenjena, remolacha, rábano, coliflor y brócoli, entre otras (Lara *et al.* 2017).

El efecto de la bacteria *Azotobacter* sp. se evidencia desde los inicios del cultivo, incrementándose del 15-25% el número de plántulas que emergen en los semilleros, lo que aumenta su eficiencia y posibilita el ahorro de semillas por emplear. Igualmente, se logra un aumento entre 20-36% de los diferentes indicadores de crecimiento en plántulas como altura, número de hojas, diámetro del tallo, área foliar y biomasa vegetal, posibilitando el acortamiento entre 7-10 días del ciclo de obtención de la cosecha. Se destaca el aumento en la calidad de los productos de cosecha, registrando indicadores entre 28 y 35% de aumento en cuanto al peso y diámetro de frutos y bulbos cosechados (Lara *et al.* 2017).

Estudios demuestran que la cuantificación de bacterias diazótrofes por NMP reporta mayores poblaciones de diazótrofes presuntivamente de los géneros *Azospirillum* sp. y *Bukholderia* sp. las cuales abundan en la zona de rizósfera, respecto a los géneros *Herbaspirillum* sp. y *Gluconacetobacter* sp. que se reportaron en menor población debido a la naturaleza endófitas de estos (Argüello *et al.*, 2016).

## 1.6. Hipótesis

**H<sub>0</sub>**= no es importante el efecto de bacterias diazótrofes y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

**H<sub>a</sub>**= es importante el efecto de bacterias diazótrofes y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación se recopiló información de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos que mejoren la redacción del documento.

La información obtenida fue parafraseada, resumida y analizada en función del efecto de bacterias *diazótrofas* y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

# **CAPÍTULO II**

## **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Desarrollo del caso**

La presente investigación bibliográfica detalla el efecto de bacterias diazótrofas y su importancia para el rendimiento de los cultivos de ciclo corto.

La actividad biológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alto rendimiento. Los microorganismos en asociación con los cultivos son importantes, como insumos, para el mejoramiento de la producción y el control ambiental; además permiten el mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas.

### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

Las bacterias *diazótrofas* son importantes en la agricultura moderna, para buscar reducir el uso de fertilizantes ya que los fertilizantes nitrogenados causan la contaminación de aguas subterráneas y prejuicios al ambiente.

El uso de bacterias *diazótrofas* son una alternativa prometedora como

biofertilizantes en cultivos de ciclo corto.

El efecto beneficioso de las *rizobacterias* radica en diferentes mecanismos, tales como: la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento y antibióticos; así como la inducción de resistencia en la planta y la fijación del nitrógeno.

### **2.3. Soluciones planteadas**

Utilizar bacterias *diazótrofas* para incrementar los rendimientos en cultivo de ciclo corto y además reservar el ambiente y los suelos.

Los productos a base *Azospirillum sp.* y *Azotobacter sp.* promueven mayor altura de planta, diámetro del tallo, biomasa radical, además reducen los días a cosecha.

### **Conclusiones**

Los microorganismos nativos con propiedades que promueven el crecimiento vegetal son *Azotobacter*, *Burkholderia* y *Azospirillum*, consideradas como biofertilizantes en cultivos de interés agronómico.

El aislamiento de bacterias diazótroficas, su identificación mediante métodos confiables y la evaluación de su capacidad como promotoras del crecimiento vegetal, además de ser una opción en procesos investigativos con fines agrícolas, es una buena alternativa para mejorar la nutrición y la calidad de los cultivos, lo que contribuye al mejoramiento del sistema planta-suelo-microorganismo.

Se considera que las bacterias *Azospirillum sp.* y *Azotobacter sp.* han sido reportadas como promotoras de crecimiento vegetal en plantas obteniendo incrementos en los parámetros de crecimiento, longitud radical, altura y producción.

El efecto de la bacteria *Azotobacter* sp. se evidencia desde los inicios del cultivo, incrementándose el número de plántulas en semilleros, crecimiento altura, número de hojas, diámetro del tallo, área foliar y biomasa vegetal, posibilitando el acortamiento entre 7 a 10 días del ciclo de obtención de la cosecha en cultivos de ciclo corto.

### **Recomendaciones**

Utilizar productos a base *Azospirillum* sp. y *Azotobacter* sp. en cultivos de ciclo corto para incrementar los rendimientos.

Capacitar a los productores sobre el beneficio de las bacterias diazótrofes en los cultivos de ciclo corto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Argüello-Navarro, A. Z., Madiedo Soler, N., & Moreno-Rozo, L. Y. 2016. Cuantificación de bacterias diazótrofias aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 40-47.
- Carrizo-de Bellone, S., Bellone, C. H. 2016. Diazotrofos en vainas de hojas de caña de azúcar aportan nitrógeno al cultivo con las precipitaciones pluviales. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 489-492.
- Cevallos Mejía, E. H. 2021. Evaluación del efecto de bacterias diazótrofias en el rendimiento de trigo (*Triticum Aestivum* L.) cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura (Bachelor's thesis).
- Duarte, P. A. B. 2016. Bioprospección de microorganismos diazótrofios como una alternativa para el mejoramiento del suelo en el canopy urbano de la Universidad EAN. *Revista Ontare*, 4(1), 67-87.
- García, F., Muñoz, H., Carreño, C., Mendoza, G. 2017. Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L. "arroz" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 107-116.
- Gutiérrez Sena, P. 2016. Efecto de la inoculación con bacterias diazótrofias en plantas de maíz (*Zea mays* L.) de distintas variedades.
- Irquinigo Quenta, R. 2019. Bacterias diazótrofias del género *Azotobacter* y su efecto en el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) hasta la fase de ramificación en condiciones de laboratorio.
- Irquinigo Quenta, R. 2019. Bacterias diazótrofias del género *Azotobacter* y su efecto en el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) hasta la fase de ramificación en condiciones de laboratorio.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., Ortiz, R. 2016. La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14-24.
- Lara Mantilla, C., García Támara, L. P., Oviedo Zumaqué, L. E. 2017. Efecto biofertilizante del preparado: residuos vegetales-bacteria nativa diazótropa, sobre las variables biométricas en plántulas de *Rhapanus sativus*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 156-162.
- Moreno, L. Y., Galvis, F. 2015. Potencial biofertilizante de bacterias diazótrofias

aisladas de muestras de suelo rizosférico. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 33-37.

Zambrano Mendoza, J. L. (2020). Uso del biofertilizante FertiBacter para Maíz. (E. I.-E. Quito, Editor, & INIAP, Productor) Obtenido de Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador, Estación Experimental Santa Catalina.: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5685>

Pérez-Pazos, J. V., & Sánchez-Lopez, D. B. 2017. Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea* batatas del Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 35-46.

Torres Bèz, M. A. 2019. Bacterias Diazótrofas Microaerófilas y Hongos de Micorriza Arbuscular asociados a sistemas agroforestales en dos unidades fisiográficas del departamento del Guaviare.

Velazco, A., Castro, R., & Nápoles, M. C. 2017. *Azospirillum* sp., diazótrofo predominante en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la provincia de Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 20(3), 5-9.