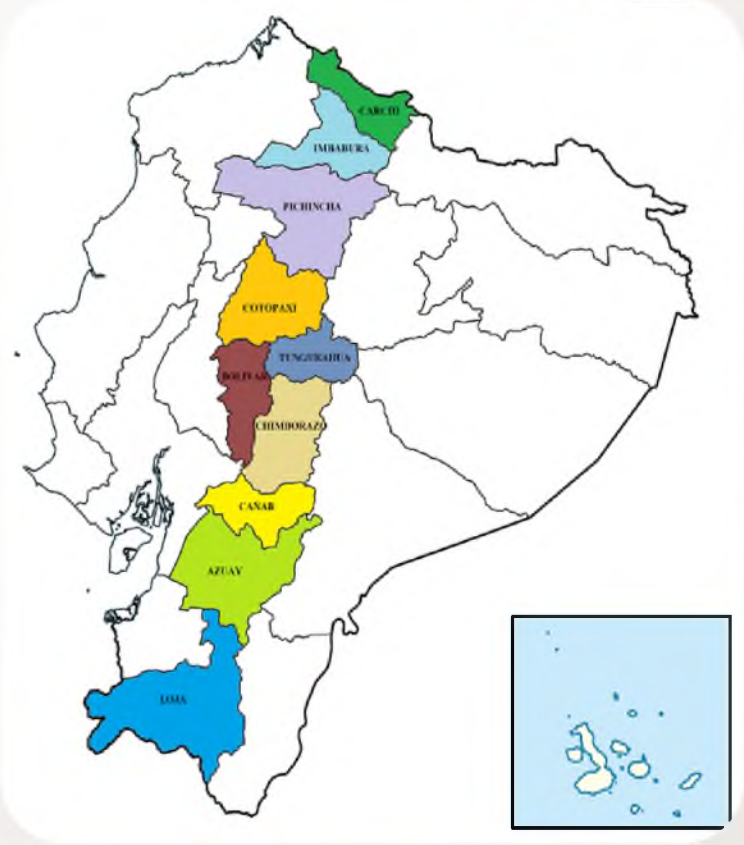
Evaluación de un biofertilizante a base de cepas fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum*) y solubilizadoras de fósforo (*Pseudomonas*) en el cultivo de maíz de la sierra del Ecuador.

Carlos Sangoquiza INIAP – UDG/Cuba
Carlos Yánez INIAP- EESC
Ernesto Gómez UDG - Cuba

Abril 2017

INTRODUCCIÓN

- El cultivo de maíz de altura conjuntamente con la papa y el trigo constituyen la base de la alimentación rural de la sierra ecuatoriana.
- Para el 2015 la superficie cosechada de maíz suave (solo y asociado), en choclo fue de 42 448 ha y de maíz suave seco fue de 45 874 ha.



- El poco uso de la tecnología ha hecho que los rendimiento de maíz de altura en seco alcancen apenas los 0,6 t/ha y en choclo 1.91 t/ha.

- El alto costo de los fertilizantes sintéticos y su uso indiscriminado están causando un grave impacto ambiental.

- Es necesario reducir su utilización y proporcionar alternativas válidas de nutrición de las plantas.

Actualmente el uso de biofertilizantes elaborados a base de microorganismos benéficos tales como: *Azospirillum, Pseudomonas, Rhizobium, Azotobacter* y *Micorrizas*, que viven asociados o en simbiosis con las raíces de las plantas presentan ventajas como:

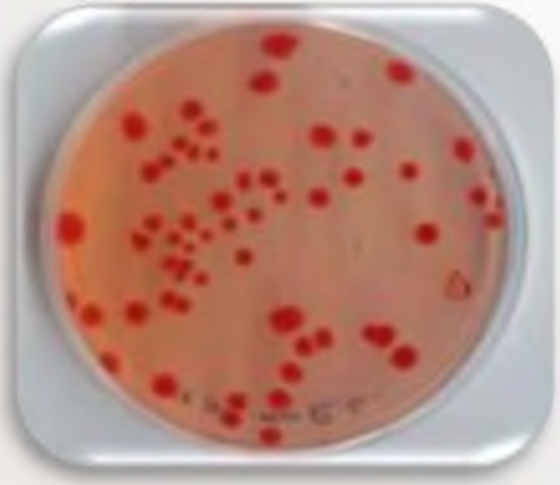
- Contribuyen eficientemente al proceso de nutrición de los cultivos
- Mejoran la fertilidad natural de los suelos
- Proporcionan un efecto agrobiológico positivo
- Constituyen una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales

El Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, cuenta con una colección de cepas de *Azospirillum* sp. con las cuales se ha desarrollado un biofertilizante FERTIBACTER – MAÍZ (Proyecto Identificación y Desarrollo de un Biofertilizante para el cultivo de maíz de altura), sin embargo últimamente se ha identificado a la bacteria *Pseudomonas fluorescens* como una buena solubilizadora de fósforo.

- *Azospirillum sp.* (1x10^8 UFC)
- *Pseudomonas fluorescens* (1x10^8 UFC)
- Melaza (2%)

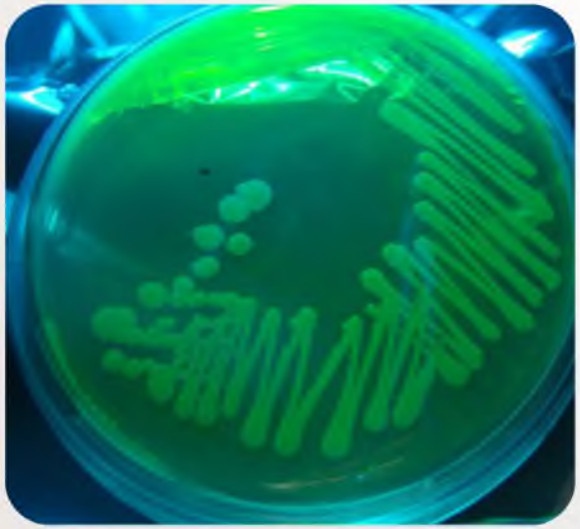
Género : *Azospirillum* sp. (Pereyra *et al*, 2009, Vega, 2015).

- Ovoides
- Gram negativos
- Móviles (presencia de flagelos)
- Diámetro celular es de 1 (µm)
- pH entre 6.8 y 7.8
- Temperaturas entre los 28 a 30°C



Género: *Pseudomonas fluorescens* (Pérez *et al.*, 2015).

- Bacilos
- Gram negativos,
- Temperatura entre 25 a 30°C.
- Requiere un pH neutro (6,8 a 7)



- Incrementan la formación de raíces y pelos absorbentes
- Estimula el proceso de germinación
- Solubilización de fosfatos
- Control biológico de patógenos

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficiencia de un biofertilizante a base de cepas fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum*) y solubilizadoras de fósforo (*Pseudomonas*) en el cultivo de maíz de la sierra del Ecuador.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar la influencia de la coinoculación *Azospirillum* - *Pseudomonas,* sobre variables relacionadas al crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz tierno (choclo).
- Evaluar la influencia de la inoculación de *Azospirillum* y *Pseudomonas,* sobre el rendimiento de maíz tierno "choclo".

HIPOTESIS

H0: El uso de cepas de *Azospirillum sp y Pseudomonas fluorecens* como biofertilizante no influye en el desarrollo y productividad del cultivo de maíz.

MATERIALES Y METODOS

- **Material biológico**

Semilla de maíz variedad INIAP-101.
Cepas de *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens.*

- **Material de laboratorio**

- **Material de campo**

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

Ubicación	
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Amaguaña
Sitio	La Unión
Altitud	2675 msnm
Latitud	0° 26′ 9.87"
Longitud	78° 30′ 3.4"

Características edafoclimáticas	
Zona climática	Bosque Húmedo Montano
Temperatura promedio	18° C
Precipitación	1489 mm
Humedad relativa promedio	77%
Topografía	Plano
Tipo de suelo	Franco

FACTORES EN ESTUDIO

- Cepas de *Azospirillum* sp.
- *Cepas de Pseudomonas fluorescens.*

UNIDAD EXPERIMENTAL

Área del ensayo:	682 m^2
Número de parcelas:	30
Área total de la parcela:	16 m^2
Área de la parcela neta:	8 m^2
Número de plantas por parcela:	80
Número de plantas por parcela neta:	40
Número de plantas por golpe:	1
Número de surcos de la parcela total:	4
Número de surcos de la parcela neta	2
Distancia entre surcos:	0.80 m
Distancia entre plantas:	0.25 m

PROCEDENCIA DE LAS CEPAS

Código	Identificación	Procedencia
C_2	Cepa 2 – Bolívar (*Azospirillum* sp.)	Bolívar: Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2
nl5	Cepa 3 – Imbabura (*Pseudomonas fluorescens*)	Imbabura: Cotacachi, El Sagrario

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Tipo de diseño: DBCA
- Número de repeticiones: 6
- Tratamientos

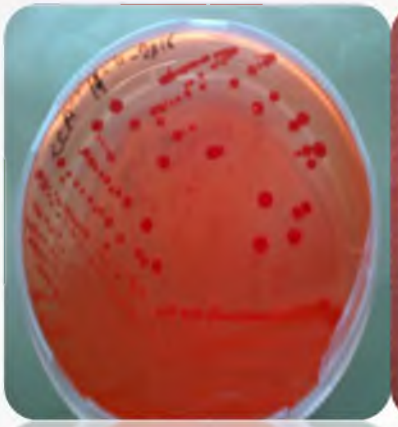
Tratamientos	Código	Descripción
T1	AZ	Biofertilizante a base de cepas *Azospirillum* sp.
T2	P	Biofertilizante a base de cepas *Pseudomonas fluorescens*
T3	Az+P	Biofertilizante a base de la mezcla *Azospirillum sp. + P. fluorescens*
T4	T.Q	Testigo fertilización Química (N,P,K)
T5	T. Abs	Testigo Absoluto

- Análisis de Varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	29
Tratamientos	4
Repeticiones	5
Error Experimental	20

INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FASE DE LABORATORIO



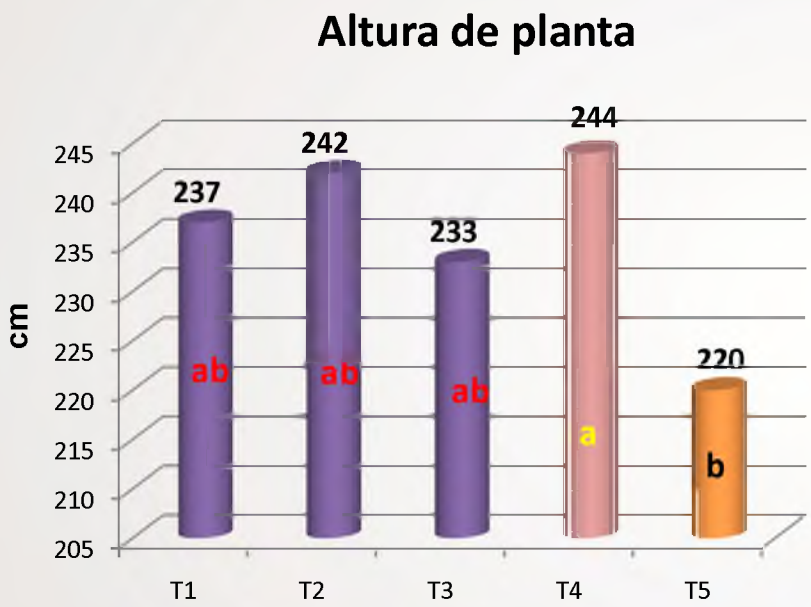
FASE DE CAMPO

Elemento	Unidad	Interpretación
pH	6,36	Ligeramente Acido
Nitrógeno	Ppm	Medio
Fósforo	Ppm	Medio
Azufre	Ppm	Bajo
Potasio	meq/100 ml	Alto
Calcio	meq/100 ml	Medio
Magnesio	meq/100 ml	Medio
Zinc	Ppm	Bajo
Cobre	Ppm	Alto
Hierro	Ppm	Alto
Manganeso	Ppm	Bajo
Boro	Ppm	Bajo

Iniap, 2016

MANEJO DEL EXPERIMENTO

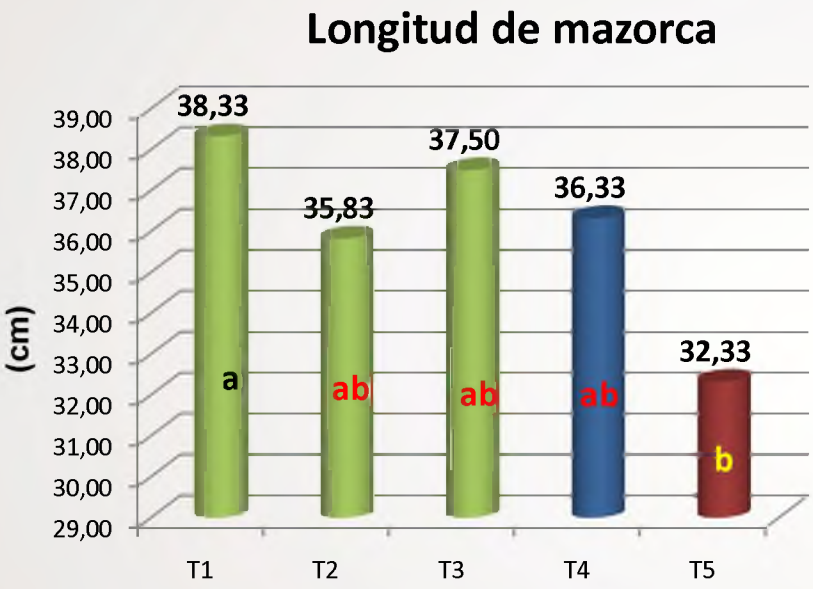
RESULTADOS



T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp. + Pseudomonas f.)*
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

Altura de planta

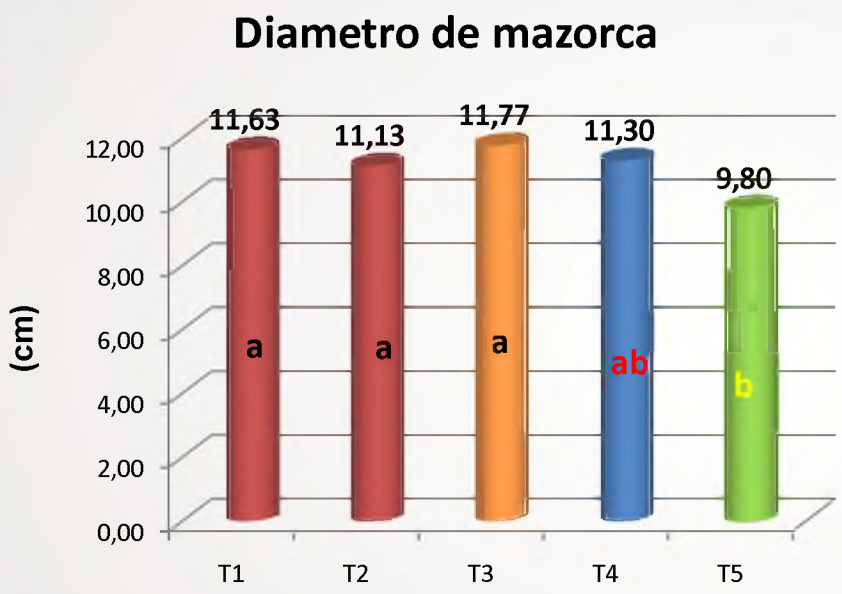
- El tratamiento T4 (TQ) presentó la mayor altura (244 cm) mientras que los tratamientos T1 (*Azospirillum sp)* ,T2 (*Pseudomonas fluorescens)* y T3 (*Azospirillum sp. + Pseudomonas fluorescens)* presentaron alturas de 237 cm, 242 cm y 233 cm respectivamente, frente al TA (220 cm).



T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp. + Pseudomonas f.)*
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

Longitud de mazorca

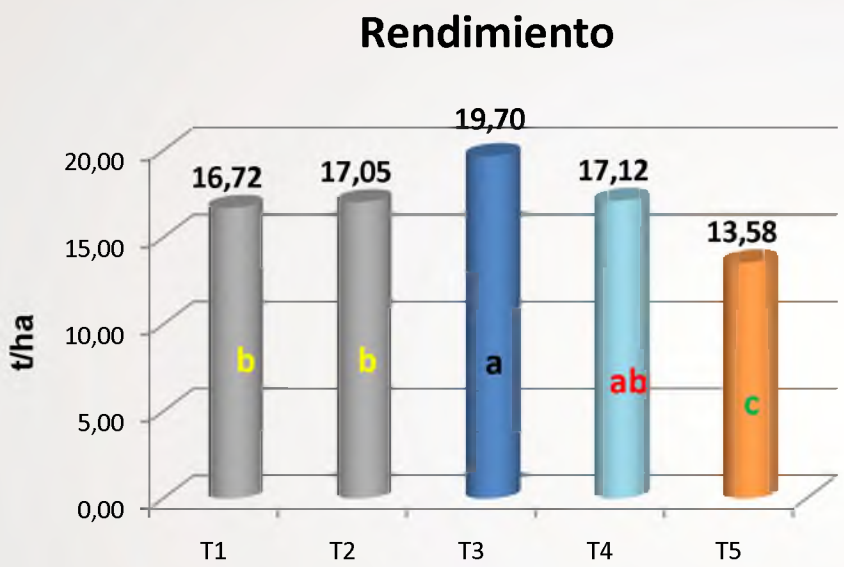
- El tratamiento T1 (*Azospirillum sp.*) presento una mayor longitud (38,33 cm) frente al TQ (36,33 cm) y TA (32,33 cm).



T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp. + Pseudomonas f.)*
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

Diámetro de mazorca

- El tratamiento T3 (*Azospirillum sp. + Pseudomonas fluorescens*) presentó un diámetro de 11,77 cm frente al TQ (11,30 cm) y TA (9,80 cm).

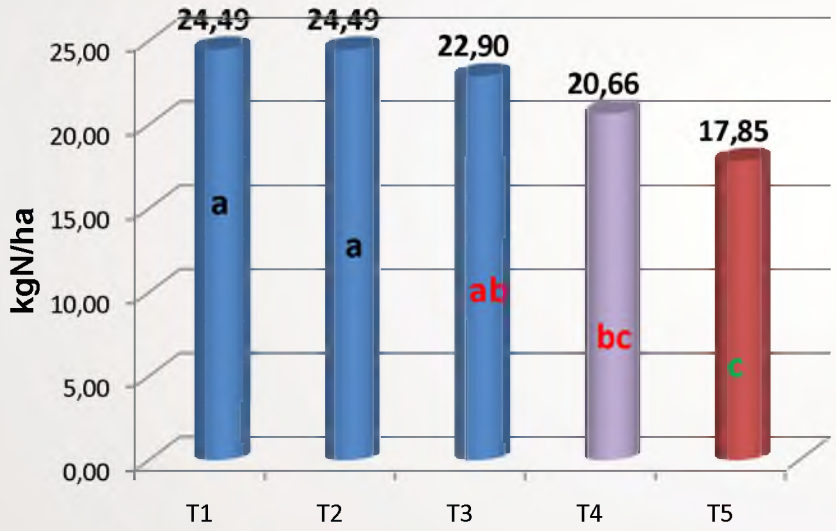


T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp.* + *Pseudomonas f.)*
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

Rendimiento t/ha

- Para la variable rendimiento en fresco (estado de choclo) en toneladas por hectárea con el tratamiento T3 (*Azospirillum sp.* + *Pseudomonas fluorescens*) se obtuvo 19.70 t/ha en comparación con el TQ (17,12 t/ha) y TA (13,58 t/ha).

Contenido de nitrógeno foliar



T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp.* + *Pseudomonas f.*)
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

Nitrógeno foliar

- Para el contenido de nitrógeno total los tratamientos T1 (*Azospirillum sp.*) y T2 (*Pseudomonas fluorescens*) presentaron la mayor absorción de nitrógeno (24,49 kg N/ha) frente al TQ (20,66 kg N/ha) y TA (17,85 kg N/ha).

Contenido de fósforo foliar

T1 (*Azospirillum sp.*)
T2 (*Pseudomonas fluorescens*)
T3 (*Azospirillum sp.* + *Pseudomonas f.)*
T4 (Testigo Químico)
T5 (Testigo Absoluto)

P205 foliar

- Para el contenido de fósforo total, el tratamiento T3 (*Azospirillum sp.* + *Pseudomonas fluorescens*) presento la mayor absorción con (10.86 kg de P2O5/ha) frente al TQ (9,67 kg de P2O5/ha) y TA (6,25 kg de P2O5/ha).

CONCLUSIONES

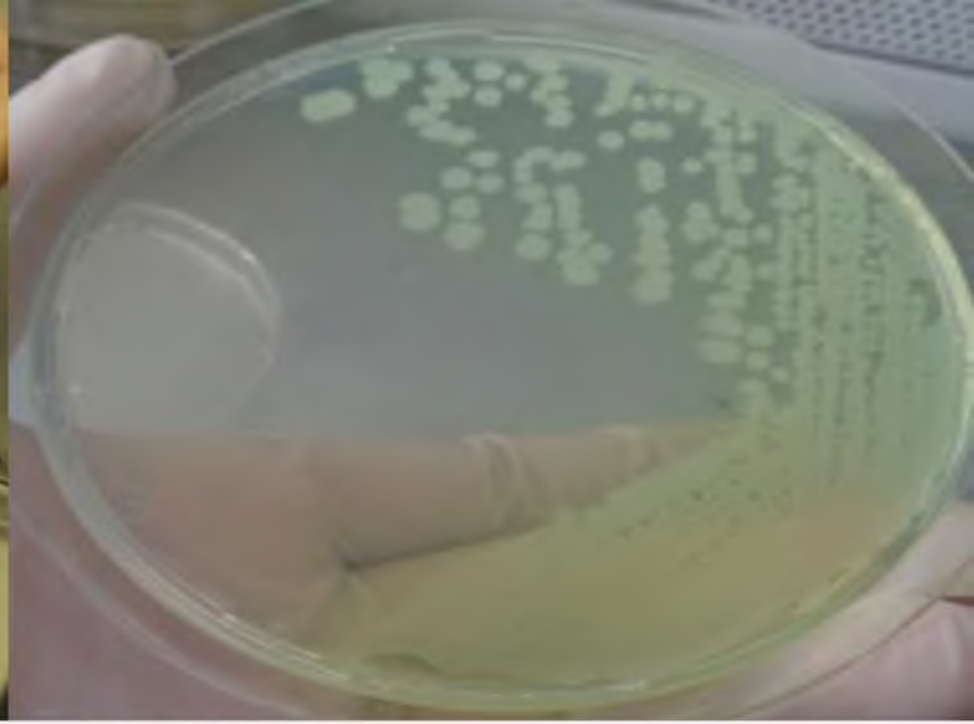
- La biofertilización con *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens*, solo o en combinación promovió un mayor crecimiento vegetal en los componentes morfológicos de la planta así como en el rendimiento del cultivo de maíz tierno (choclo).

- El contenido de N y P en el tejido vegetal se incrementó con la inoculación de los microorganismos solos o combinados.

- El uso de estos biofertilizantes puede ser una estrategia sostenible para incrementar la productividad del maíz en la sierra del Ecuador.

RECOMENDACIONES

- Se debe continuar con estudios de la asociación de las bacterias en diferentes tipos de suelos, localidades y ambientes.
- Continuar con el estudio de la respuesta de la asociación de estas bacterias en el cultivo de maíz en estado seco.
- Es importante realizar estudios con otros consorcios bacterianos ya que en muchos estudios se ha visto que las asociaciones bacterianas producen mejores efectos que un solo tipo de bacteria.
- Se debe hacer estudios económicos para determinar tasas de retorno marginales del uso de los biofertilizantes.



GRACIAS

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina