# Capacitación Proyecto Norte del Cauca
# Microorganismos en la agricultura y prácticas de conservación


Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia-CENICAÑA
Programa Agronomía-Área de Nutrición y Fertilidad
Microbiología de suelos

Julián Esteban Másmela Mendoza, MSc. Biología.
Yohan Sebastián Mejía Flores-Est.Biología.
Gustavo Adolfo Segura, Líder prácticode campo

# Orden de la charla

1. Introducción a la vida microbiana del suelo

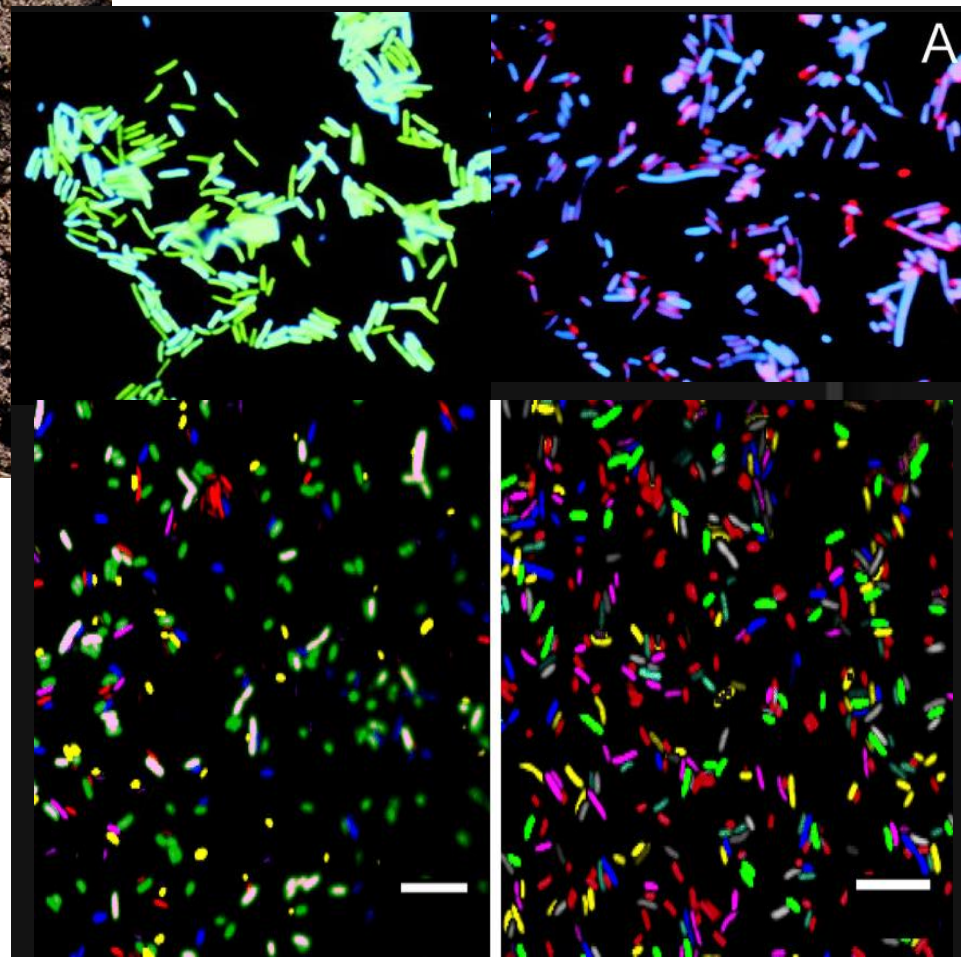
2.. Biofertilizantes microbianos y su promoción de crecimiento vegetal (dos casos de estudio-Azospirillum y micorrizas)

3.Compost

4. Prácticas agronómicas sostenibles para la conservación de la diversidad microbiana del suelo

"Lo esencial es invisible a los ojos"

# El suelo es un ecosistema vivo



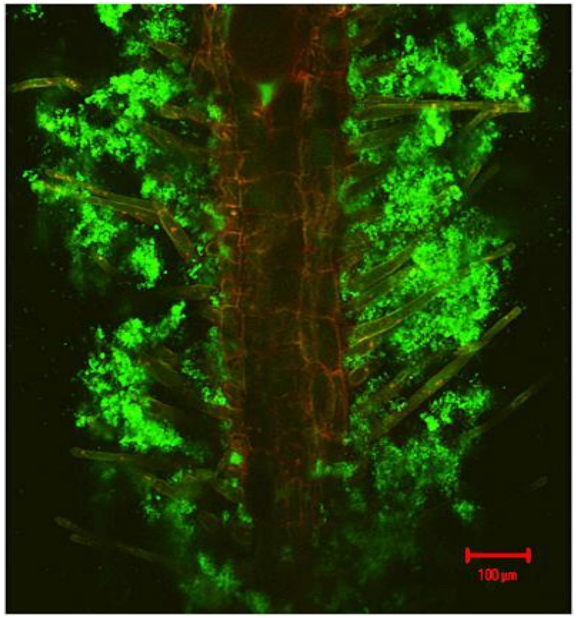

La vida microbiana del suelo es la más abundante y diversa del planeta

Está habitado por $10^{10}$ bacterias / g de suelo
(diez mil millones de bacterias)

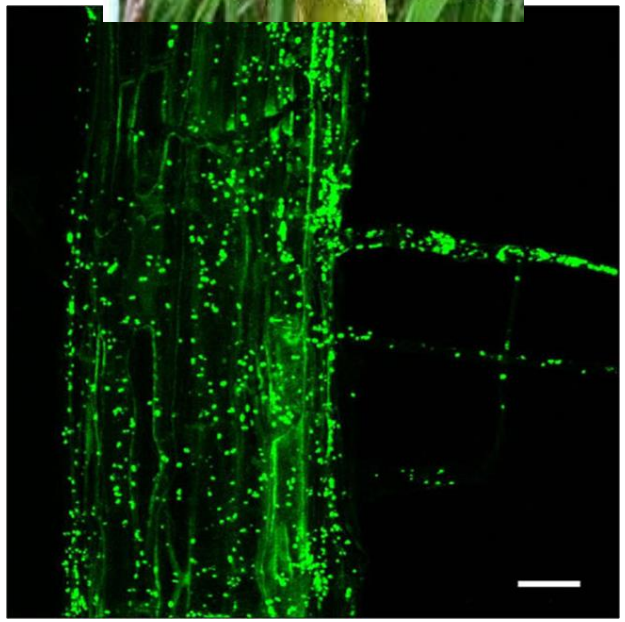
Fierer 2017

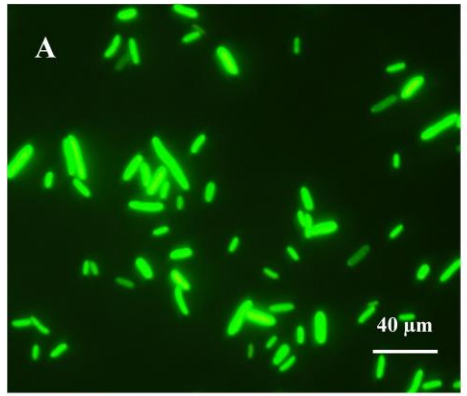
# “Las plantas establecen estrechas relaciones de ayuda mutua con la vida microbiana”

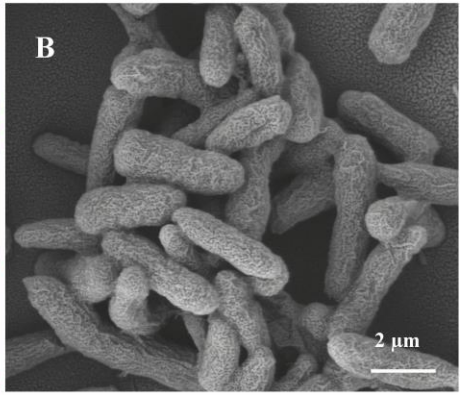
Rizosfera

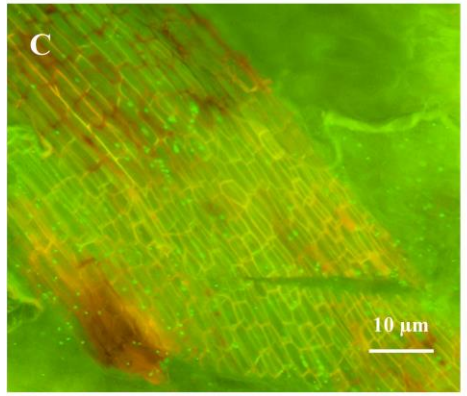


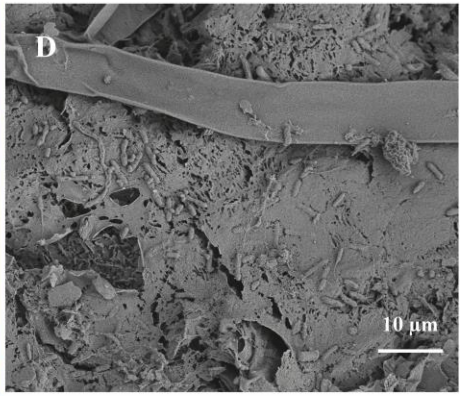

endófitos

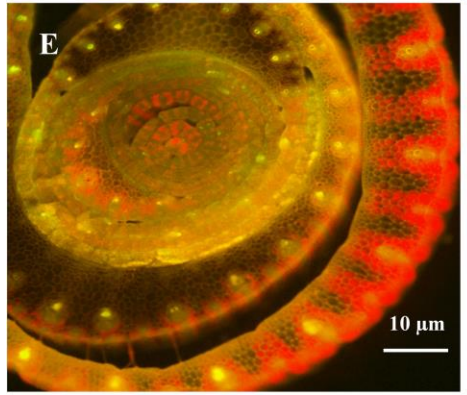


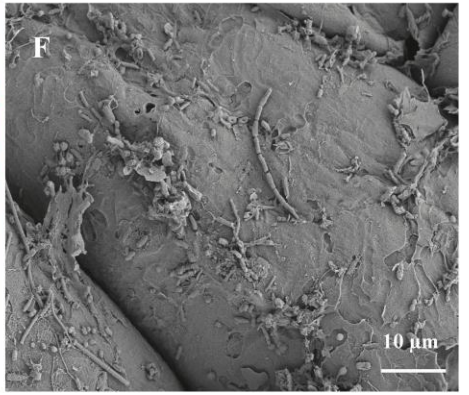


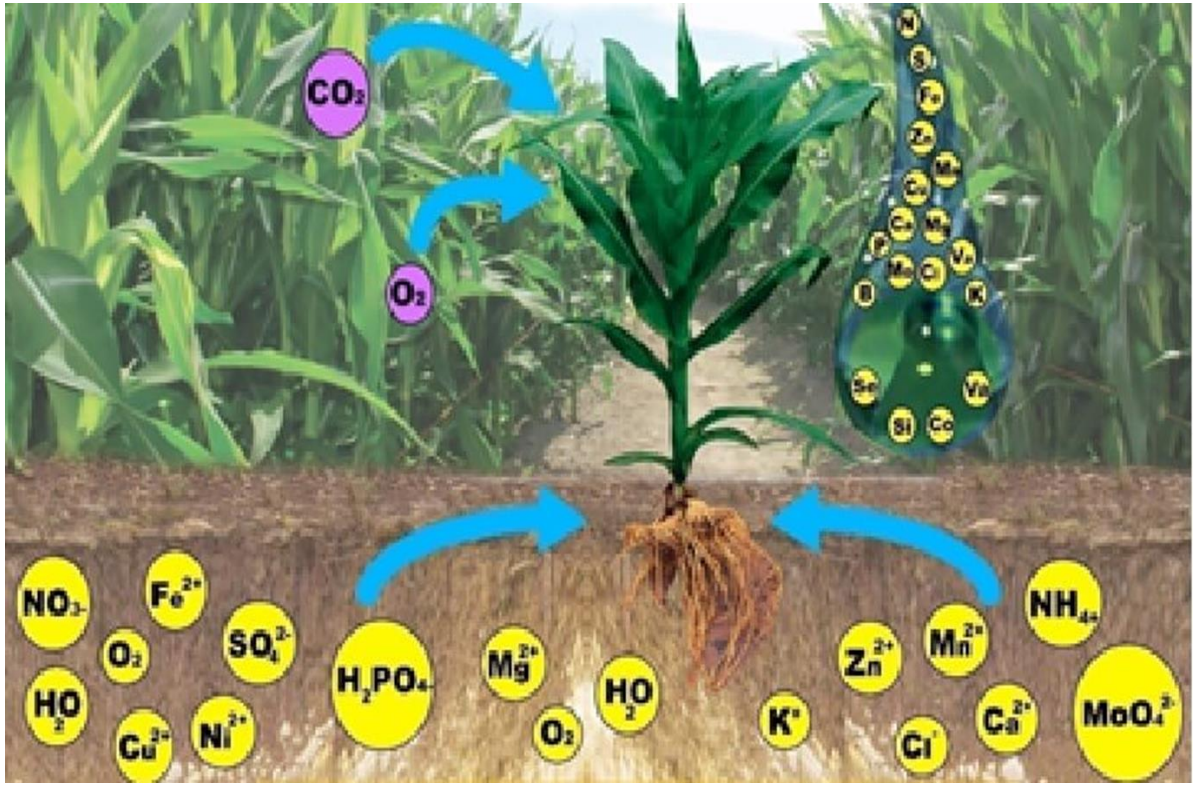



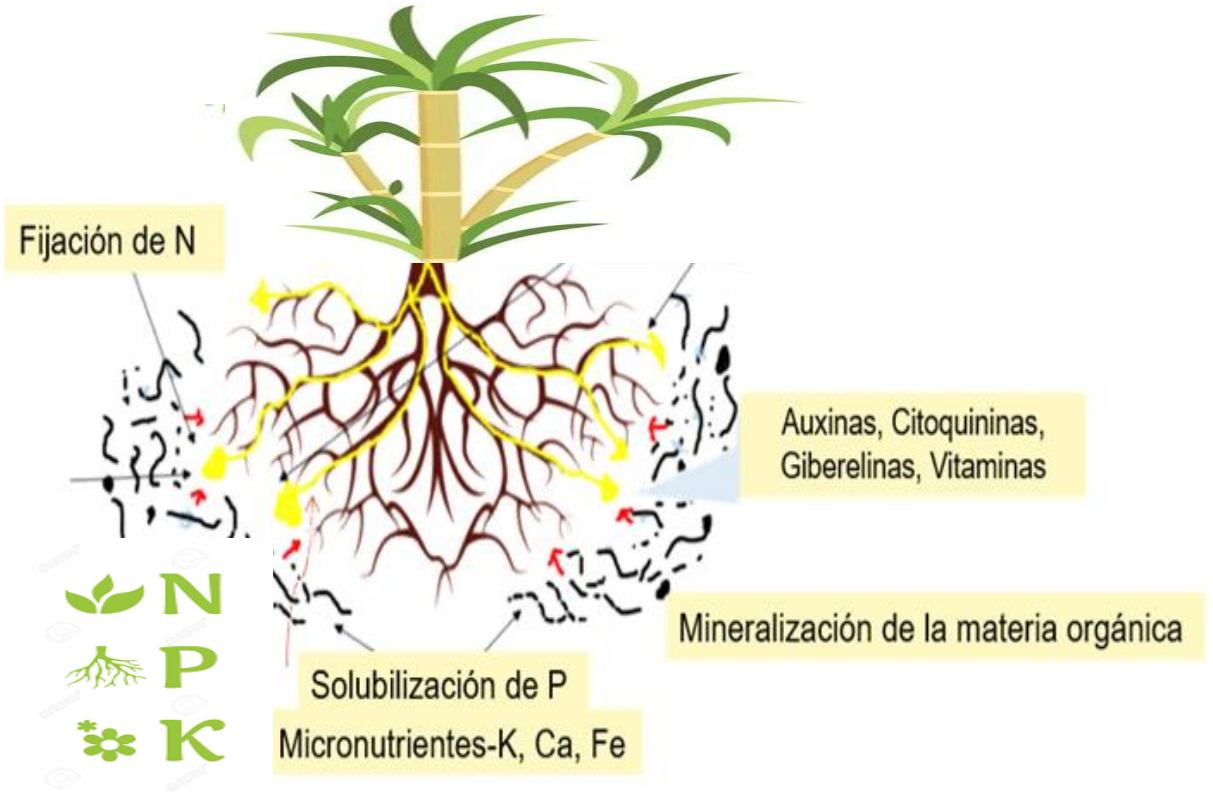






- Las plantas toman los macro y micronutrientes del suelo
- La aplicación de un fertilizante químico aumentan las concentraciones disponibles de estos elementos en el suelo

Las bacterias y hongos del suelo facilitan y mejoran la nutrición del suelo:

Pueden dejar libres en el suelo: amonio, fosfatos, azufre

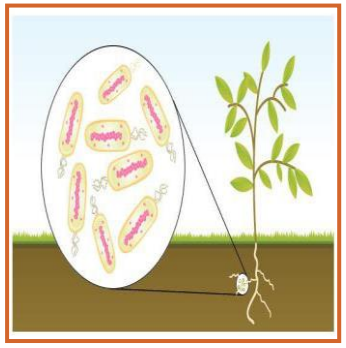
Mineralizando, aumentando la concentración-cambian la disponibilidad-movilizando el elemento)

# Bacterias fijadoras de Nitrógeno

Son bacterias "amigas" de las plantas

Interacción: Simbiosis-mutualismo

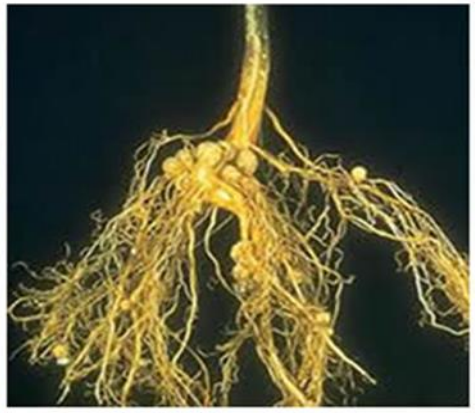
Yo te ayudo-tu me ayudas



Las plantas brindan protección y nutrientes (glucosa) a la bacteria

Las bacterias brindan el Nitrógeno del aire en forma de Amoniaco-amonio para las plantas-Nutriente vegetal en el suelo

Nódulos en leguminosas
(Maní, fríjol, soya, trébol, maní forrajero)

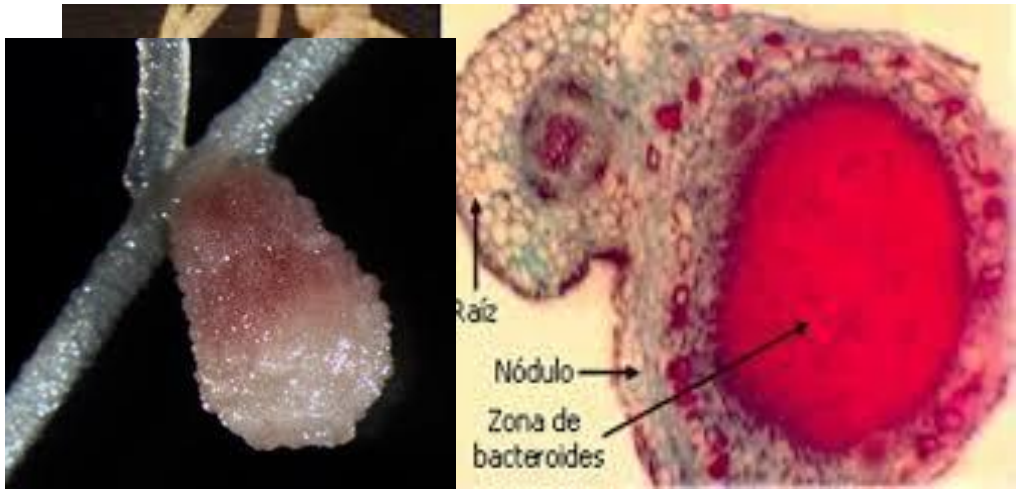


# ¿Cómo se llaman estas bacterias que componen el grupo de Bacterias fijadoras de nitrógeno?

Simbióticas-Nódulos, dentro de la planta

*Rhizhobium*
*Bradhirhizobium*
*Frankia*

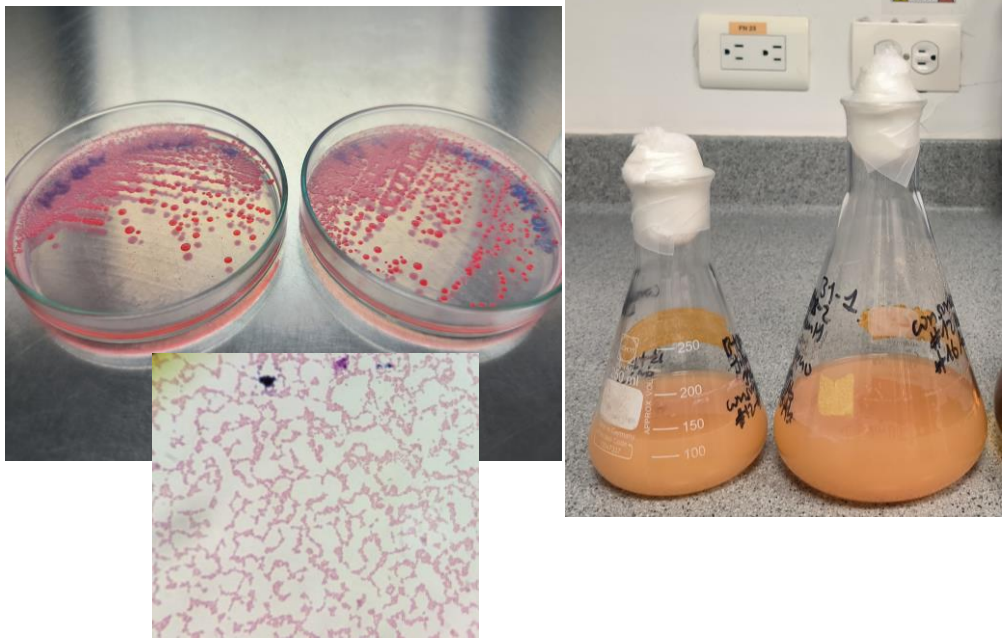
**+Leguminosas**

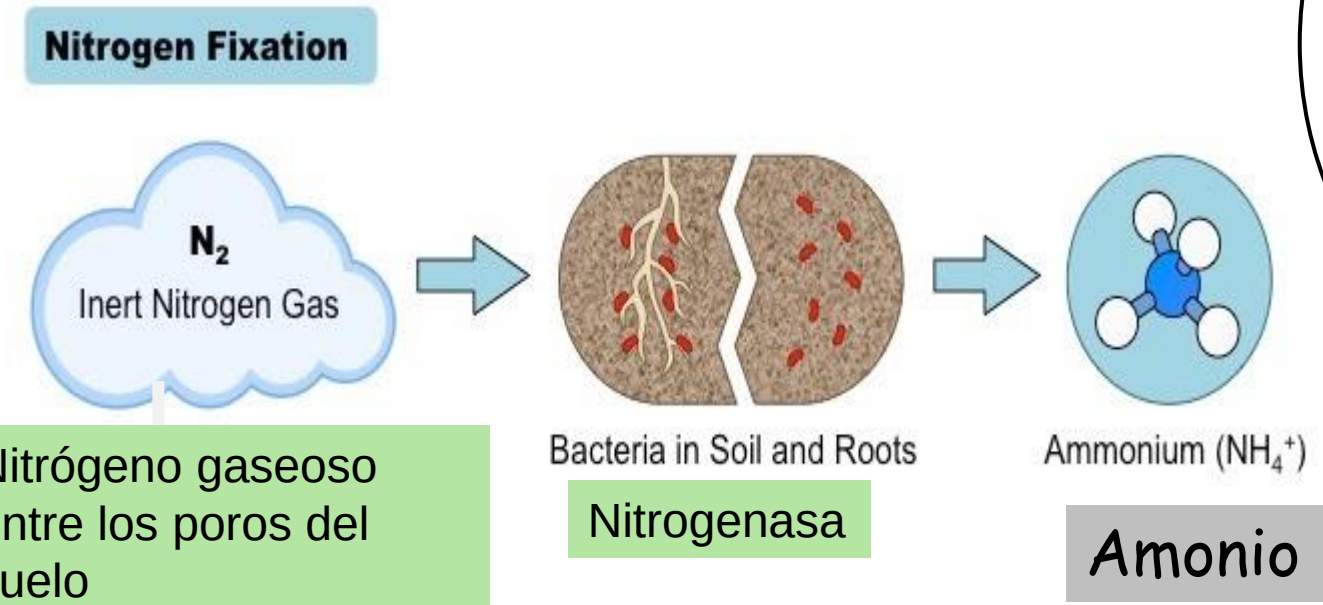


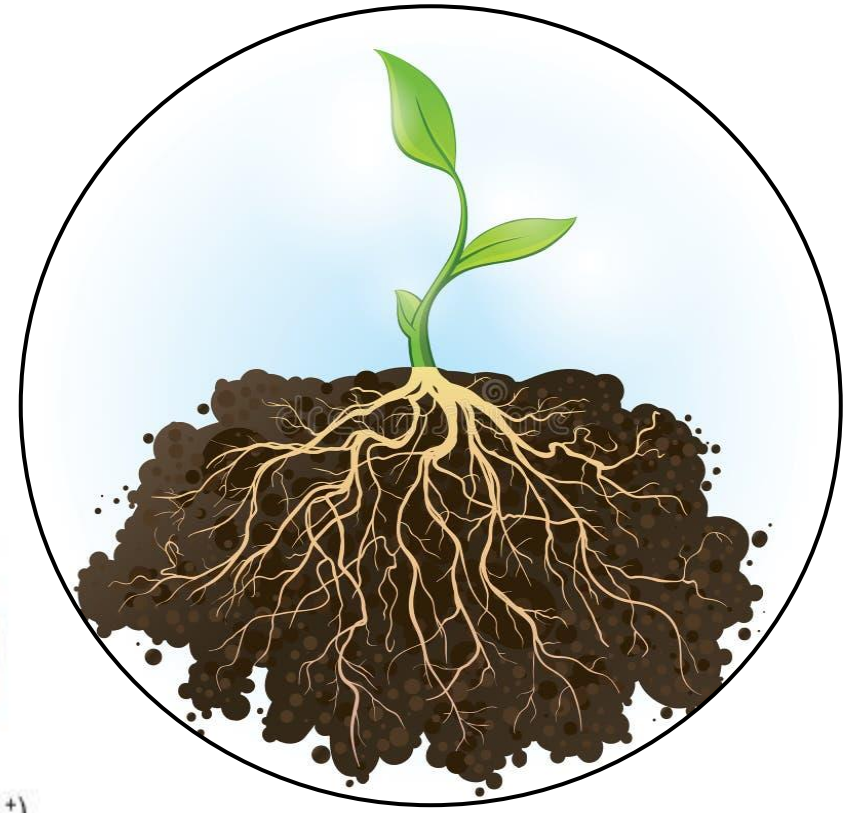

Vida libre-Viven cerca a la raíz

*Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, Pseudomonas, Bacillus, Beijerinckia, Acidovorax*

**+ Pastos-Poaceae**
**Maíz-caña de azúcar**





Nitrógeno gaseoso entre los poros del suelo

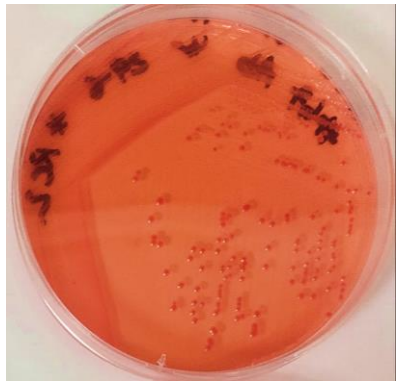
Nitrogenasa

Amonio

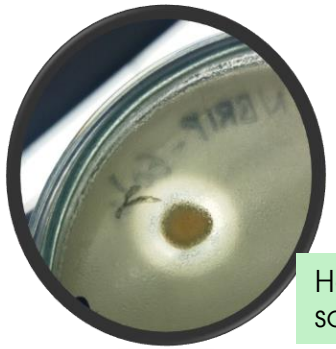
# Mecanismo microbiano de fijación de Nitrógeno

# Bacterias fijadoras de Nitrógeno en caña de azúcar
# Búsqueda de un Biofertilizante bacteriano en caña de azúcar

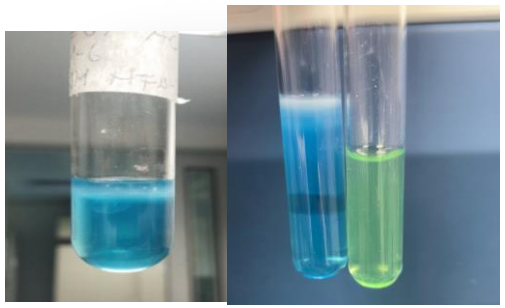
¿Quiénes son? 1 → ¿Qué pueden hacer esos microorganismos? 2 → Producción masiva de los inóculos 3 → ¿Pueden promover el crecimiento en caña? 4

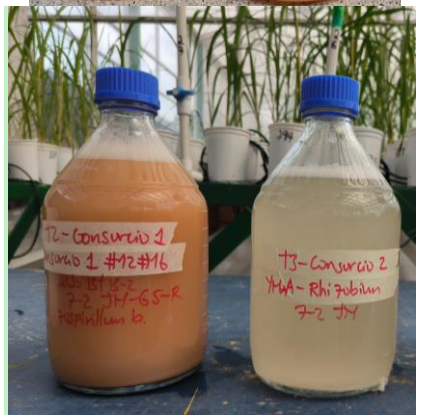


*Azospirillum* en rojo Congo y en DYGS



Halo de solubilización



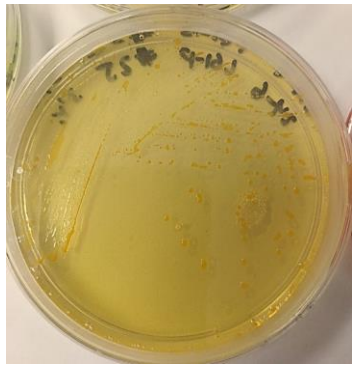


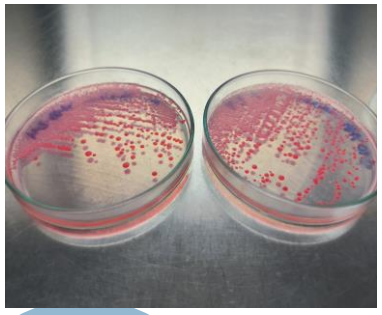
Producción en caldo BTB-2

Ensayo en invernadero

Ensayo en campo

# Riqueza de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de rizosfera de caña de azúcar de cultivos del Valle del Río Cauca





*Gluconacetobacter* (5)

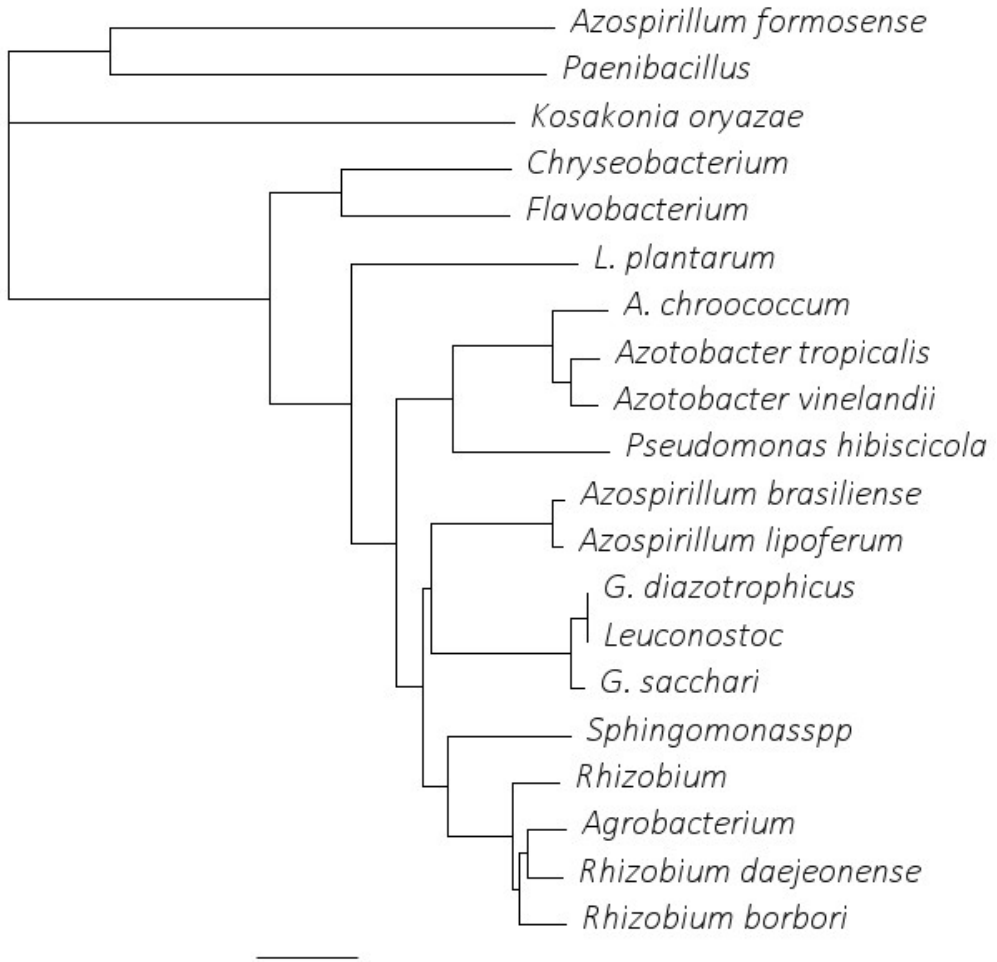
*Azotobacter* (6)

**¿Quiénes son?**

110 cepas Criopreservadas-colección de recursos genéticos

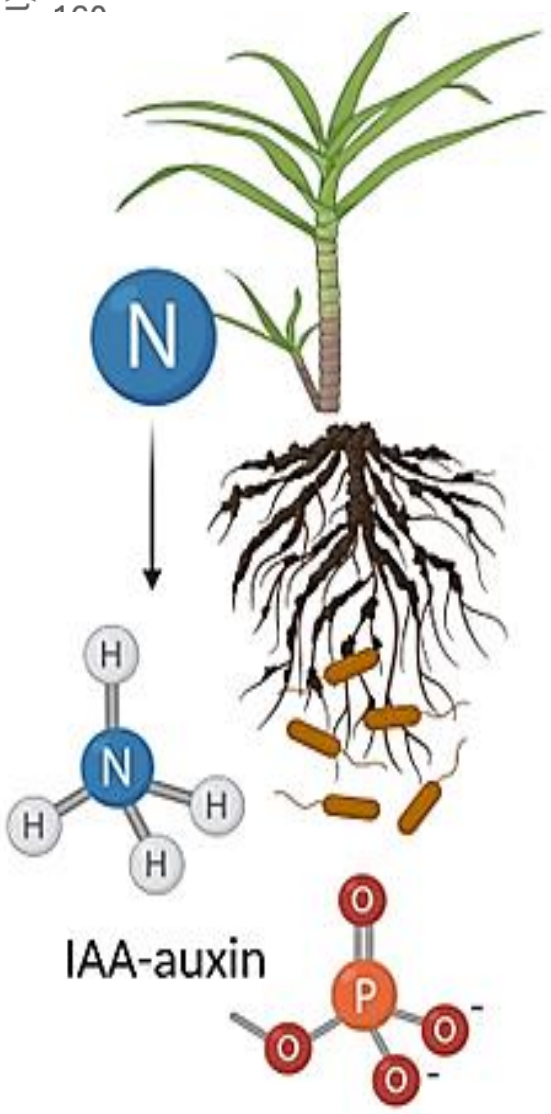
*Azospirillum* (15)

Otros-*Rhizobium*-*Pseudomonas* (7)




Árbol filogenético de cepas de bacterias nativas del valle del Cauca identificadas por biología molecular-secuenciación de genes NifH y región V1-V4 gen ARNr 16s

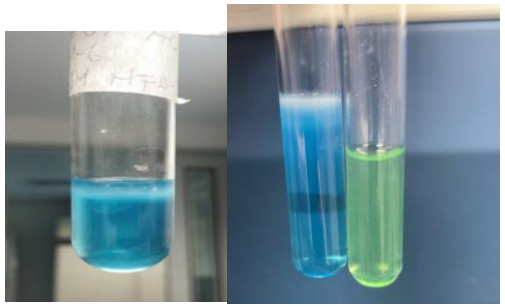
# Capacidades bioquímicas de las bacterias en promoción de crecimiento vegetal

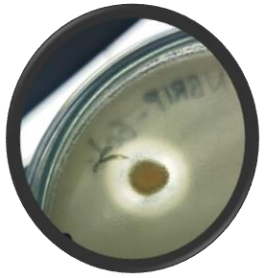



## Cepas bacterianas producen en el suelo

AIA-**auxinas**

**Amonio $(NH_4)^+$**





**Fosfatos $(PO_4)^{-3}$**

Roa *et al.*, 2016; Roa *et al.*, 2017; Masmela-Mendoza, 2023

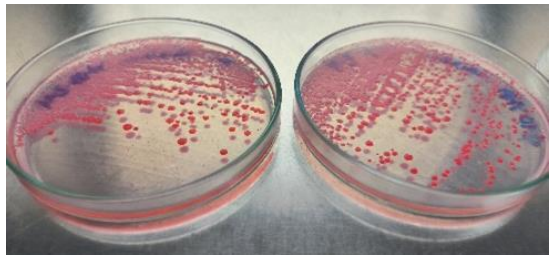
cenicaña

# Aplicación de bacterias fijadoras de Nitrógeno y sus efectos en el crecimiento vegetal de la caña de azúcar CC -8592 en plantilla-cosecha 1

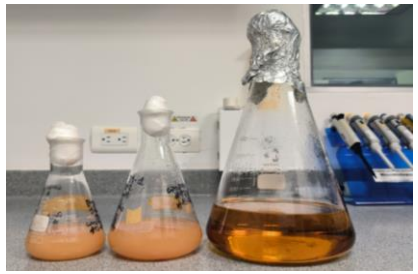
2 meses

10 meses

## Producción masiva de las cepas



Activación, viabilidad y pureza de las cepas



Producción de biomasa en medios líquidos

## Invernadero

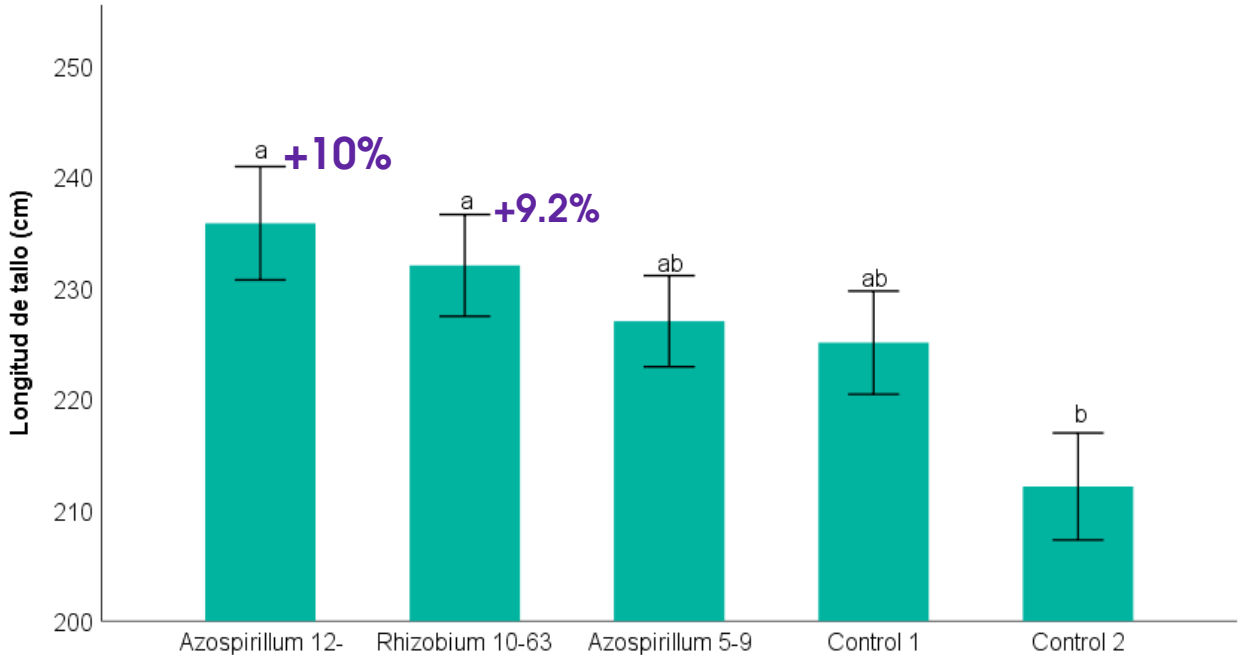
1° aplicación en fase de plántula

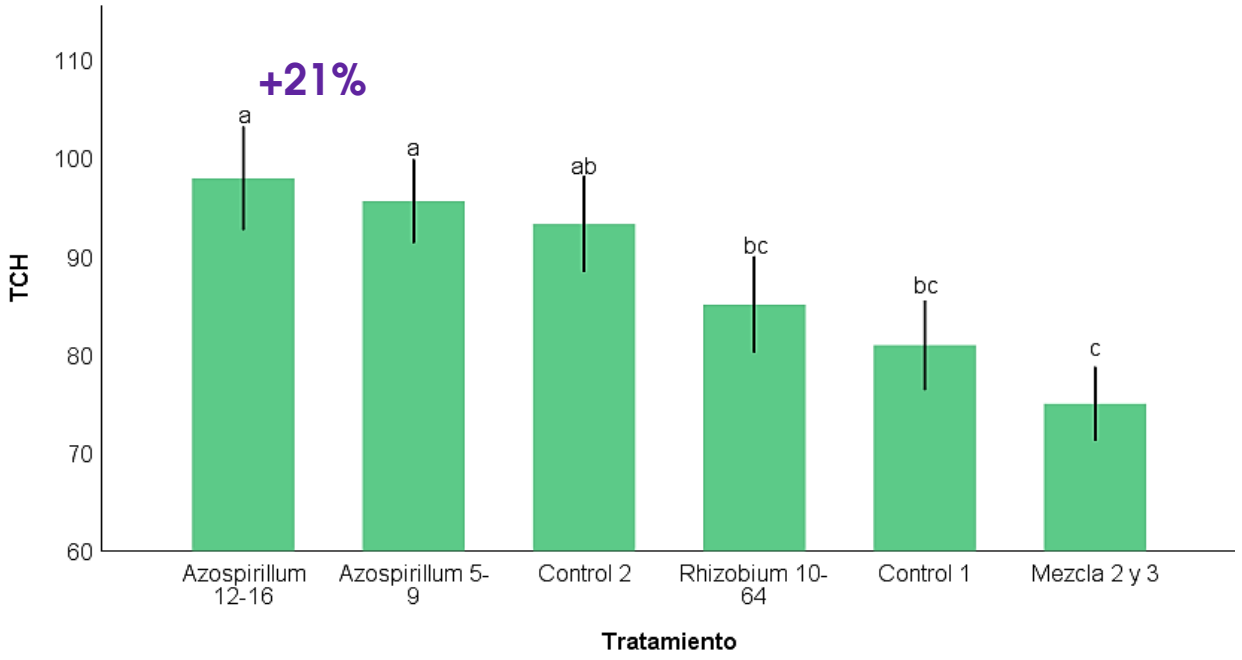
- Inoculante bacteriano líquido aplicado por drench
- Dosis de aplicación:
- 50 ml/planta a 1,2x$10^7$ UFC/ml -4.0x$10^8$ UFC/ml
- 2 veces por semana durante un mes

## Trasplante a campo y 2° aplicación

- Trasplante con todo el cepellón
- Dosis de aplicación: 100 ml entre 5x $10^6$ UFC/ml y 4x$10^8$
- 2 meses después del trasplante-cada 15 días

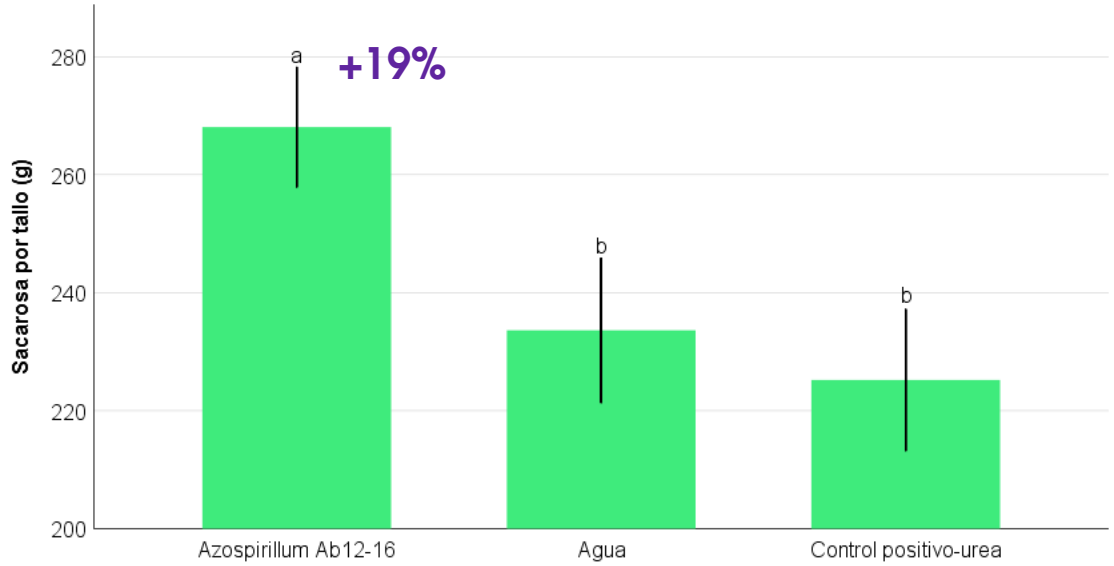
# La aplicación de inoculante líquido de las cepas 12 y 16 de *Azospirillum brasilense* aumenta la longitud del tallo, el TCH, y la sacarosa (g) de la caña de azúcar CC 8592 corte 1



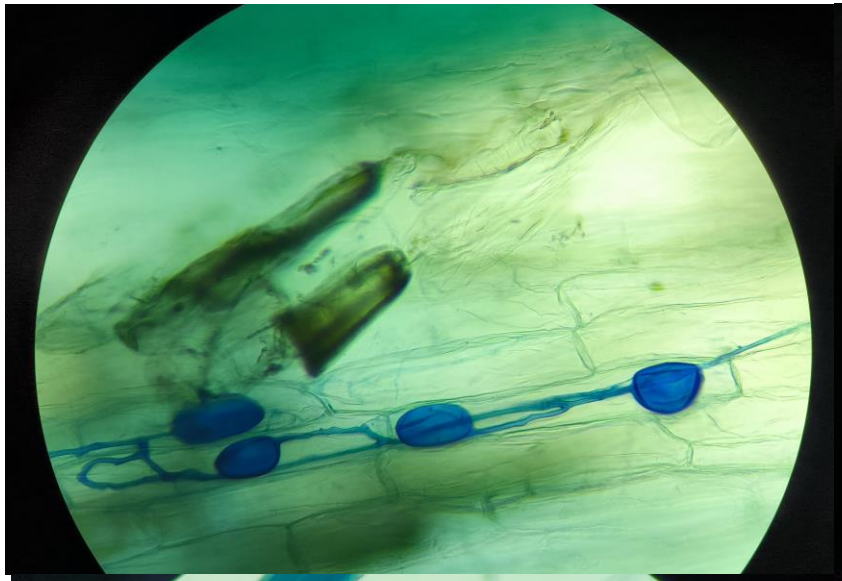

| Número | Tratamiento | Sacarosa por tallo (g) | Sacarosa caña (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | Control agua | 233.61±21 a | 14.2±0.97 a |
| 2 | Azospirillum 12-16 | 268.08± 10 b | 14.73±0.29 a |

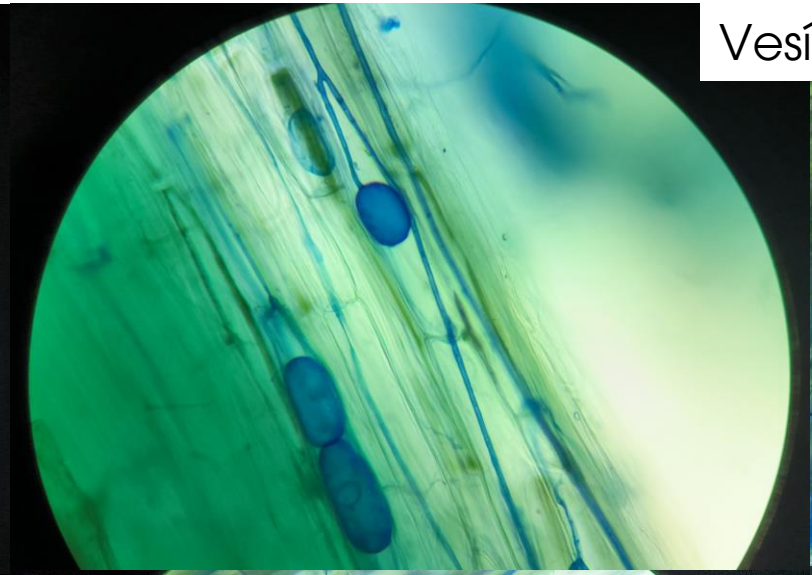
+0.53%



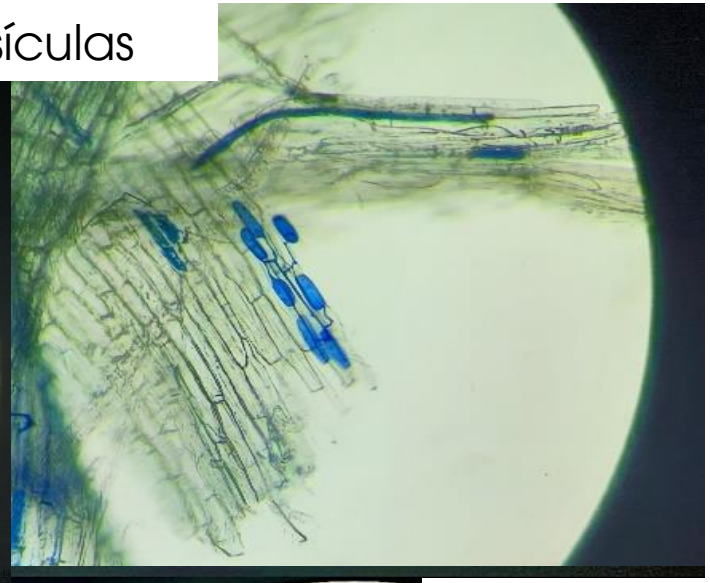
# Micorrizas en la rizosfera de la caña de azúcar

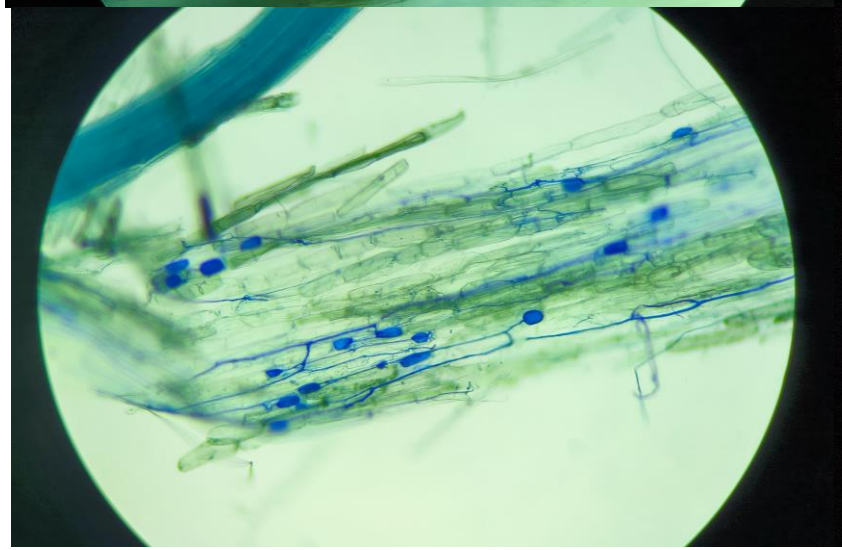
**Los Hongos micorrícicos arbusculares colonizan la raíz de la caña de azúcar en cultivos del Valle del Cauca y forman Estructuras intra-intercelulares de reproducción, de movilización e intercambio de nutrientes**

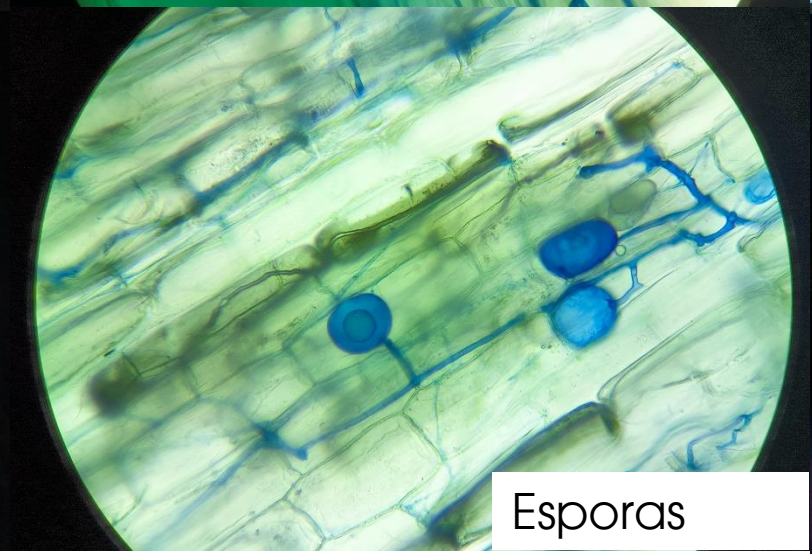




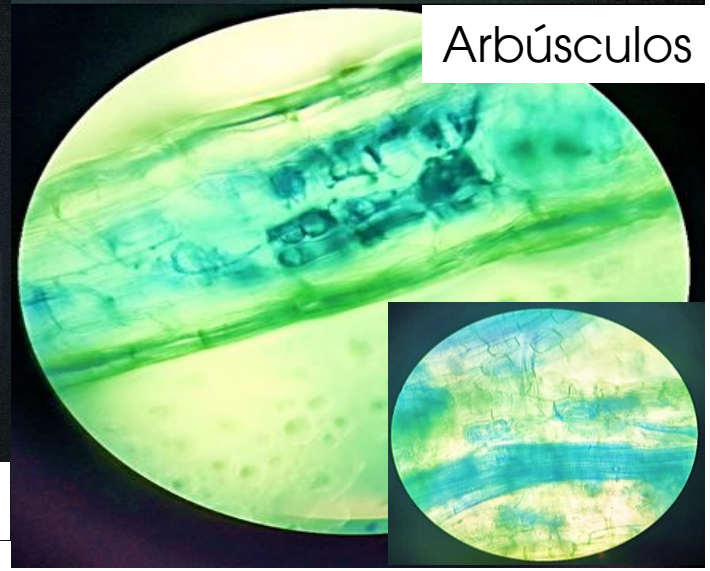
Vesículas







Esporas

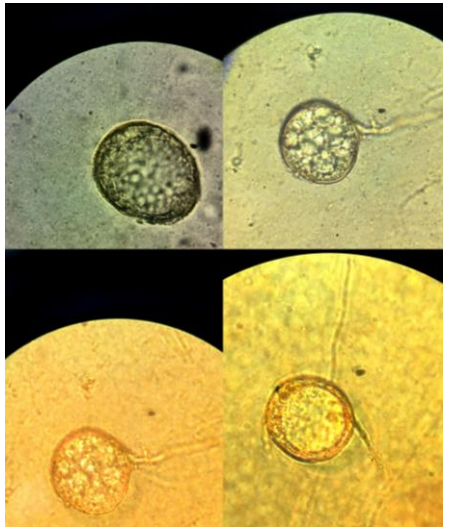


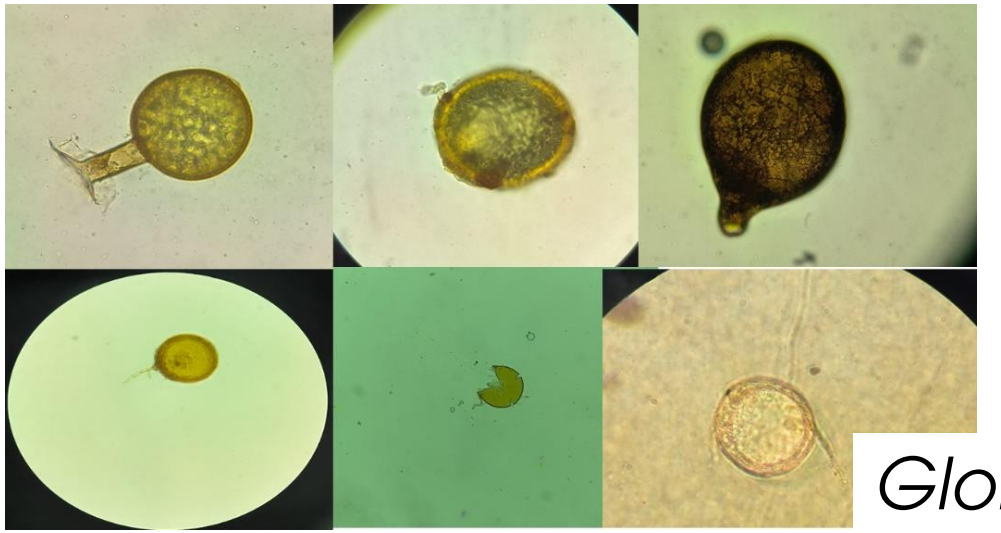
Arbúsculos

*Microscopio ópitco-100X-Tinción con azul de lactofenol

# Micorrizas en la rizosfera de la caña de azúcar

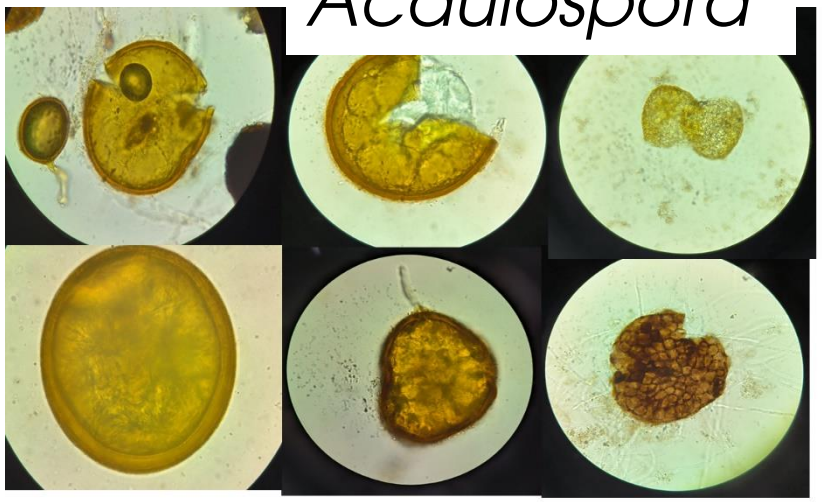
**En los suelos rizosféricos nativos de cultivos de caña de azúcar hay una alta riqueza de géneros de Hongos micorrícicos arbusculares (HMA)**

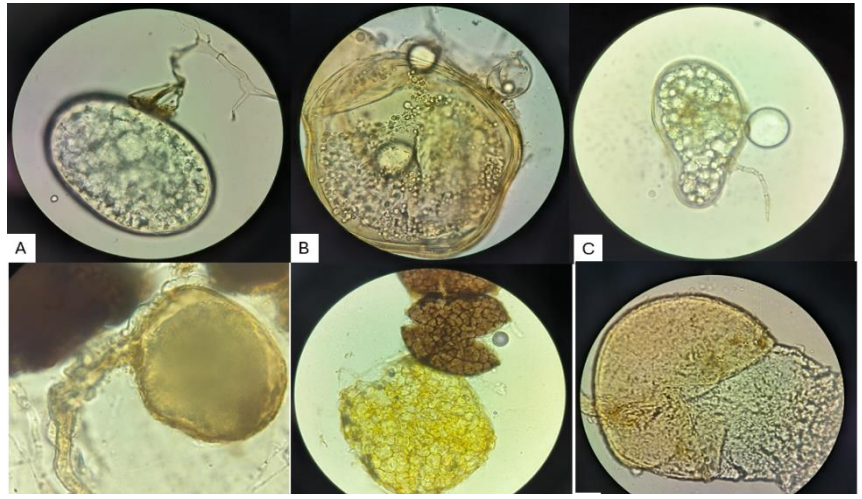




*Glomus*

*Acaulospora*






57 morfotipos

Importancia:

Bioindicadores de salud del suelo

Movilización de nutrientes por aumento de área radicular

Absorción de P

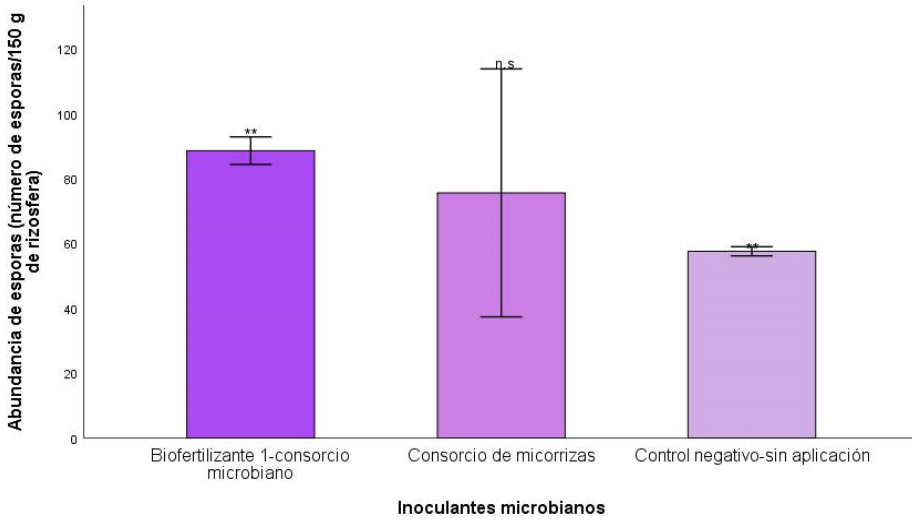
*Claroideglomus* spp, *Scutellospora* sp. *Diversispora* sp, *Gigaspora*

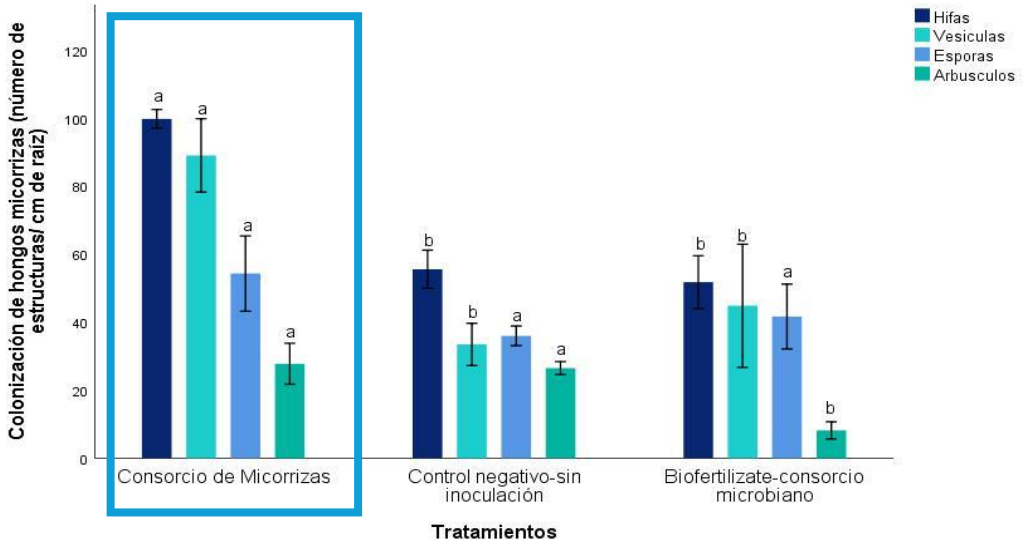
# La aplicación de los inoculantes microbianos de micorrizas aumentan la abundancia de esporas y el número de estructuras intra-celulares fúngicas en la rizosfera y raíz de la caña de azúcar

Bioinsumos 2-consorcio de micorrizas

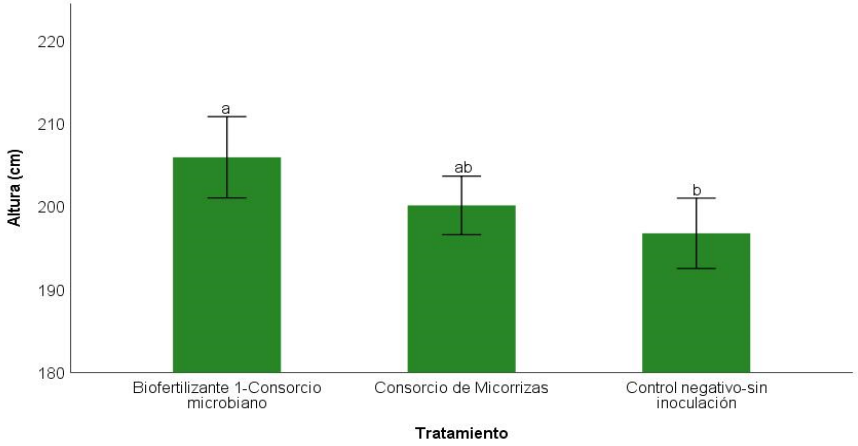
20 g por planta-2 bultos/ha Después de la siembra de esquejes-plantilla

*Acaulospora, Scutellospora Glomus*



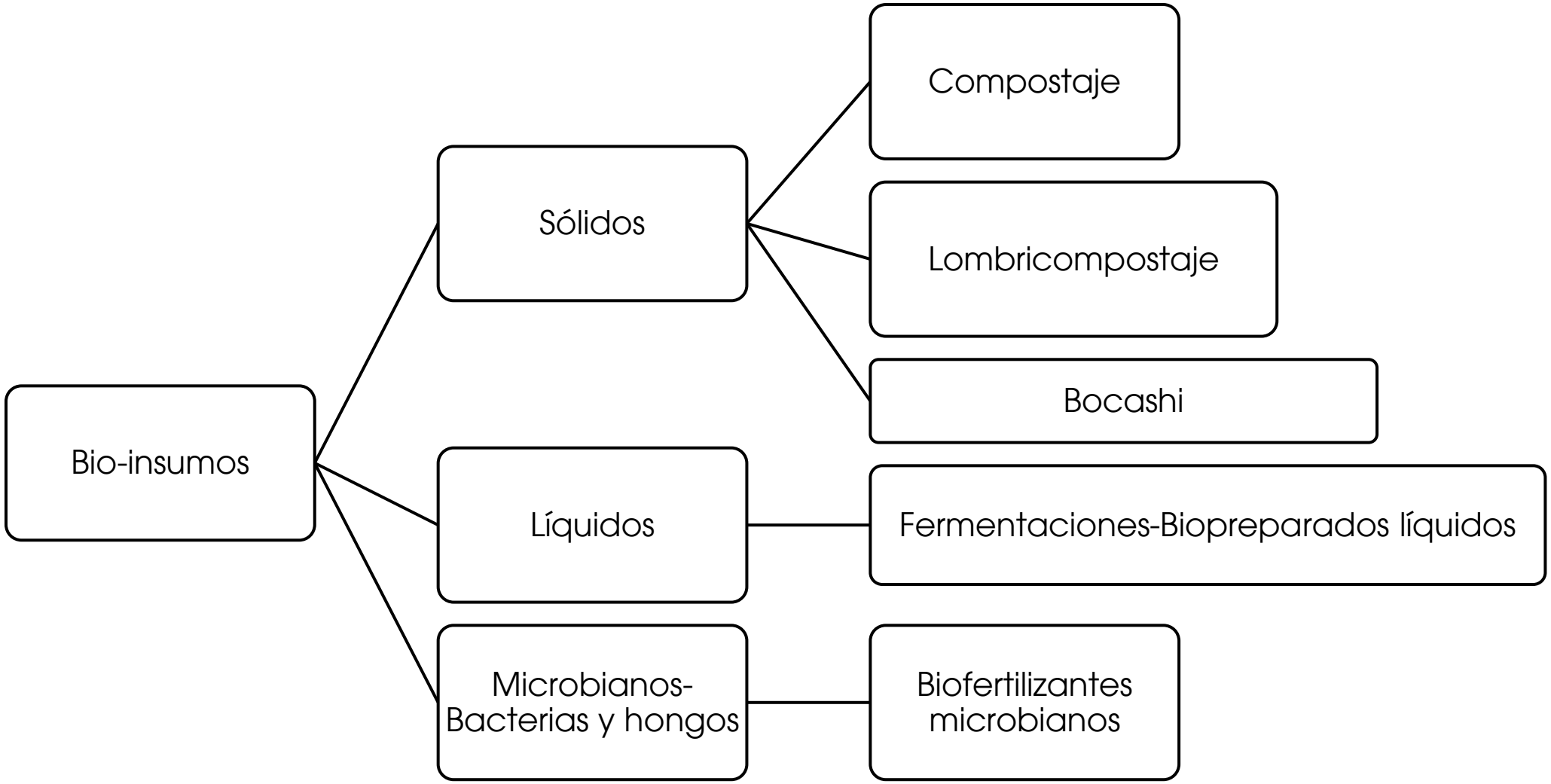




## La inoculación de biofertilizantes fúngicos de hongos micorrizas pueden promover el incremento de altura de la caña de azúcar




Altura de la variedad CC 11-595 a 8 meses después de la aplicación del bioinsumo

# Bioinsumos que contienen bacterias y hongos (poblaciones o comunidades) que pueden aumentar la abundancia y diversidad de microorganismos de la caña de azúcar



# Compost

Mezcla de materia orgánica en descomposición en presencia de oxígeno-aerobia

Es un proceso secuencial microbiológico, dinámico que requiere el control de ciertas condiciones ambientales

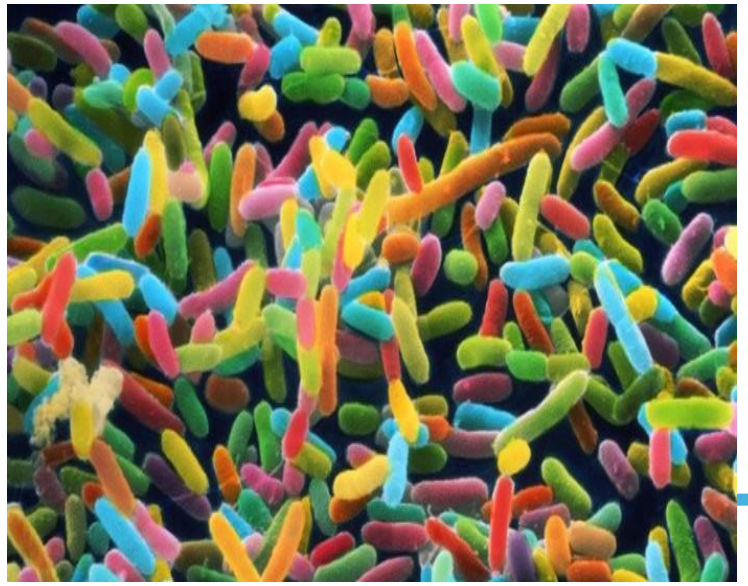
El sumatorio de procesos metabólicos realizados por diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa.

*"La adaptación, en condiciones controladas, del proceso natural de descomposición de la materia orgánica "*

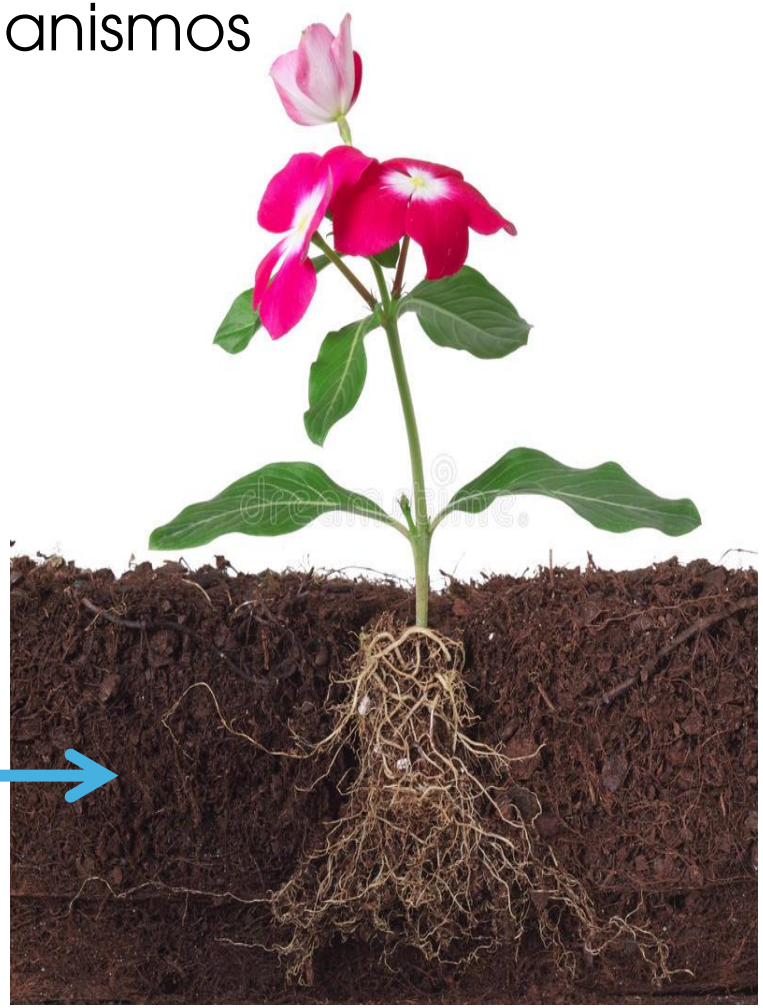
- Sencillo y tecnológicamente asequible
- Proceso microbiológico
- Temperatura, factor selectivo de microorganismos (eliminación de patógenos)
- Aeróbico (proceso bioxidativo)
- Liberación de vapor de agua $CO_2$ y nutrientes

- Producto estable con características húmicas llamado **COMPOST**

Uno de los objetivos de los procesos de producción de un abono orgánico es
aumentar- multiplicar los microorganismos



Comunidad de grupos microbianos funcionales que benefician el crecimiento de las plantas



-Aplicación en entresurcos cerca de la zona radicular de la planta

-Práctica simultanea de aplicación de compost+ inoculantes líquidos bacterias promotoras de crecimiento vegetal

-Compost estabilizado o compost maduros

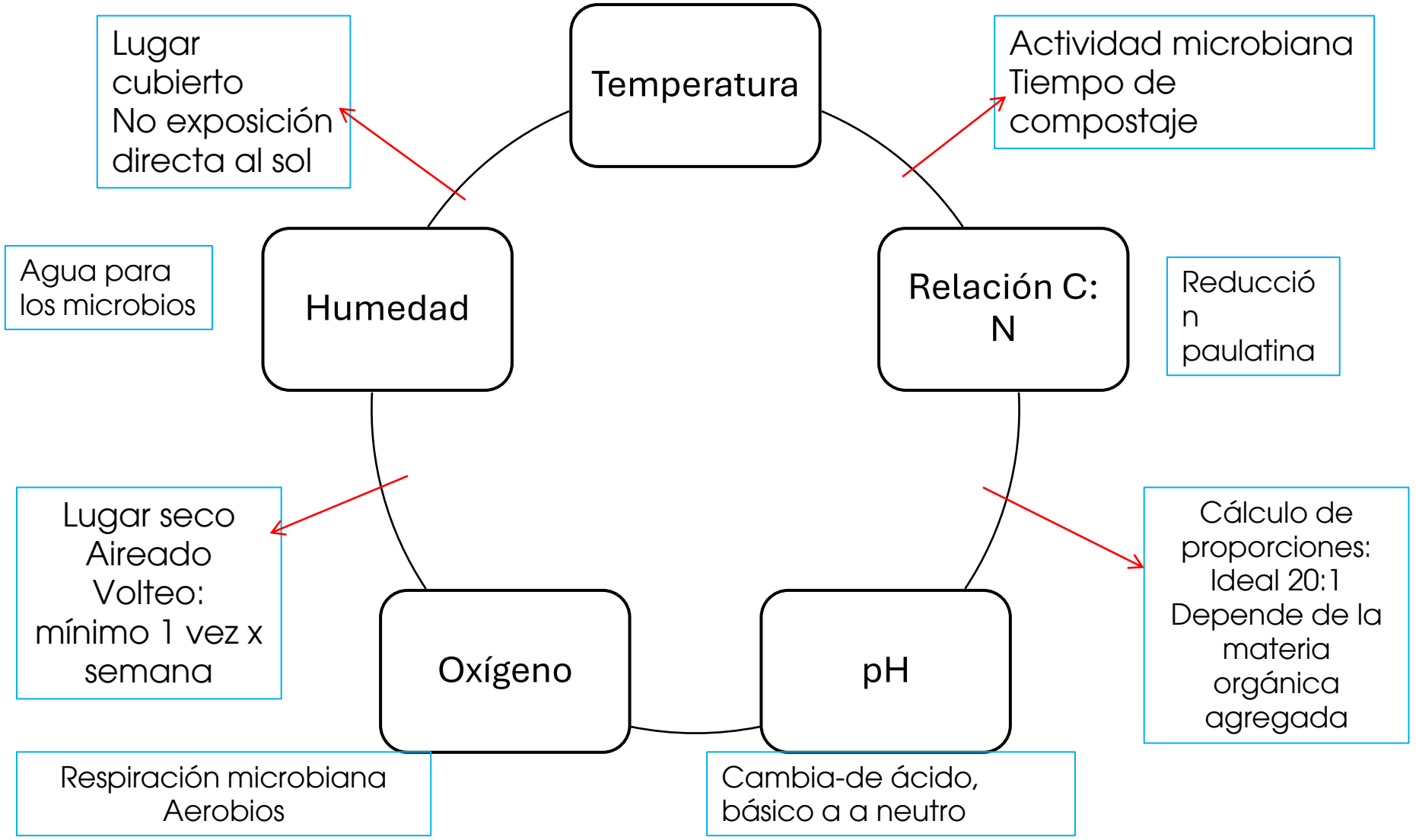
# Compost en caña de azúcar

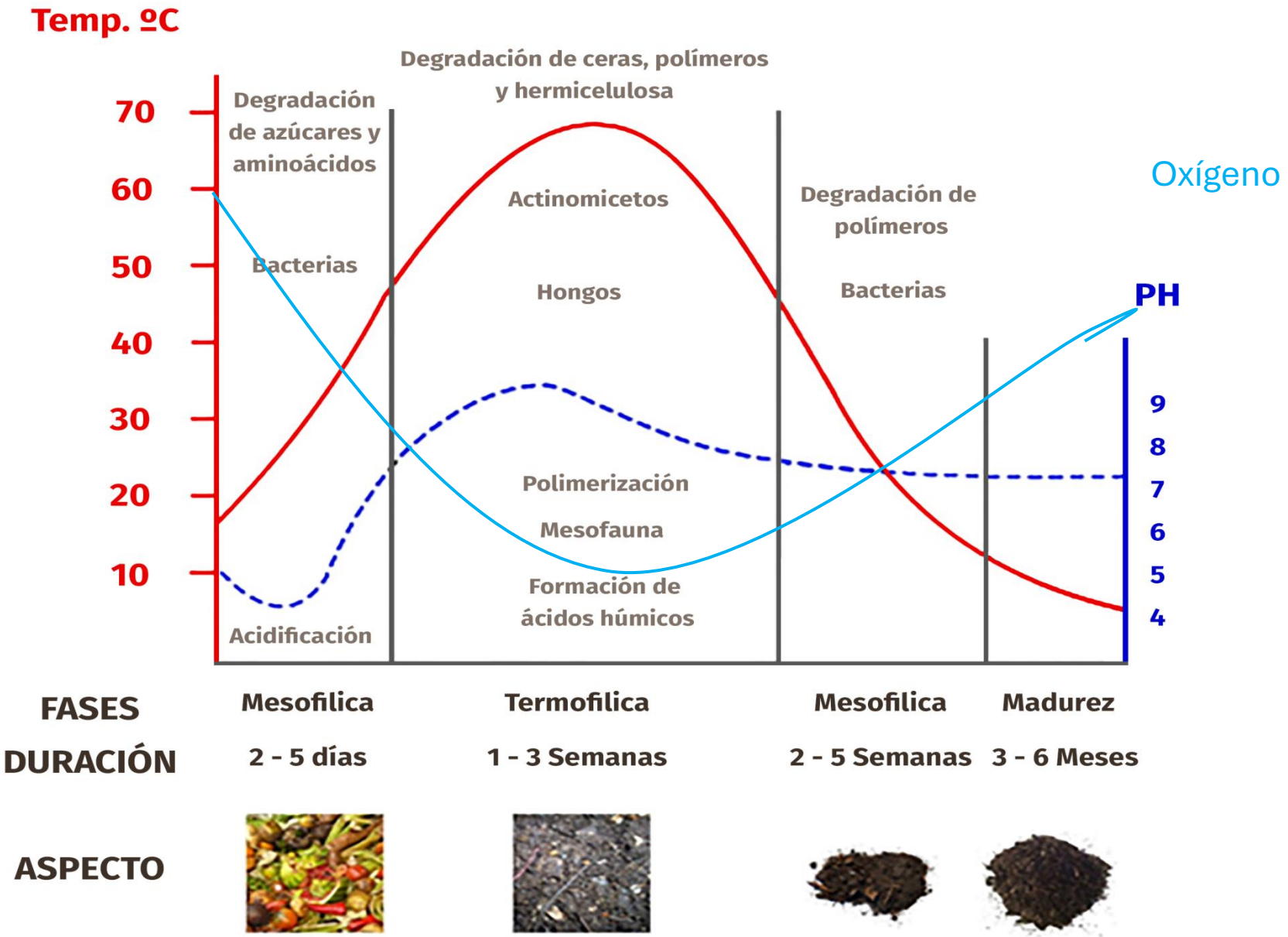
-Producido mediante el uso de subproductos:
residuos orgánicos de cosecha (materiales ricos en Carbono)
Gallinazas o pollinazas (materiales ricos en N)
Suelos de bosques de montaña, vinazas, cachazas, ajustes de pH con cal
Fuentes minerales (cenizas de caldera)

-Tiempo de elaboración:
Compost estabilizado-2 a 3 meses
Compost maduro: 6 meses a 1 año

-Aplicación al inicio (1 a 2 meses) de un nuevo ciclo de cosecha (plantilla 1, soca 1)

# Condiciones y recursos que influyen en el proceso de compostaje-los parámetros a controlar (influyen en el crecimiento y reproducción de los microorganismos)




Temp. ºC
70
60
50
40
30
20
10
Degradación de azúcares y aminoácidos
Degradación de ceras, polímeros y hermicelulosa
Degradación de polímeros
Actinomicetos
Bacterias
Hongos
Bacterias
Oxígeno
PH
9
8
7
6
5
4
Polimerización
Mesofauna
Formación de ácidos húmicos
Acidificación
FASES
Mesofilica
Termofilica
Mesofilica
Madurez
DURACIÓN
2 - 5 días
1 - 3 Semanas
2 - 5 Semanas
3 - 6 Meses
ASPECTO

¿Cómo saber si

## Tabla 7 Parámetros del compostaje

| Parámetro | Rango ideal al comienzo (2-5 dias) | Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas) | Rango ideal de compost maduro (3-6 meses) |
|---|---|---|---|
| C:N | 25:1 – 35:1 | 15/20 | 10:1 – 15:1 |
| Humedad | 50% - 60% | 45%-55% | 30% - 40% |
| Concentración de oxígeno | ~10% | ~10% | ~10% |
| Tamaño de partícula | <25 cm | ~15 cm | <1,6 cm |
| pH | 6,5 – 8,0 | 6,0-8,5 | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | 45 – 60°C | 45°C-Temperatura ambiente | Temperatura ambiente |
| Densidad | 250-400 kg/$m^3$ | <700 kg/$m^3$ | <700 kg/$m^3$ |
| Materia orgánica (Base seca) | 50%-70% | >20% | >20% |
| Nitrógeno Total (Base seca) | 2,5-3% | 1-2% | ~1% |

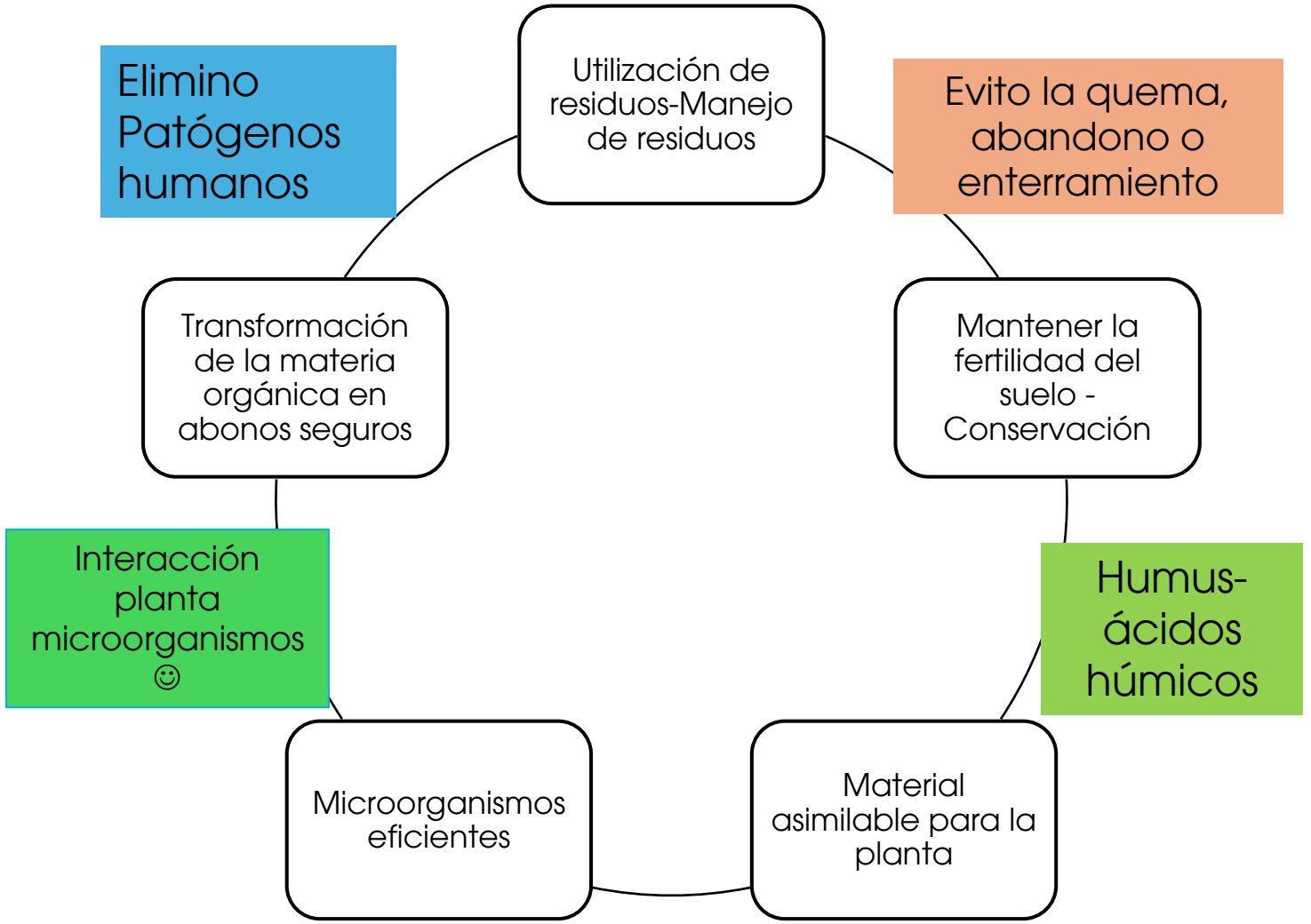
# ¿Cómo saber si mi compost ya esta listo?

| | | |
|---|---|---|
| El color: café a negro oscuro | El olor: Humus-¨a Tierra húmeda ”Buen olor | Temperatura-Seguimiento (frío)<br>Quiénes crecen encima |

Figura 4 **Hongo indicador de la fase mesófila II**

Fuente: M. M. Martínez, CATA-USM, Chile

# Beneficios de la elaboración de abonos orgánicos



# Prácticas agronómicas sostenibles para la conservación de la diversidad microbiana del suelo

## 1. Residuos orgánicos de cosecha

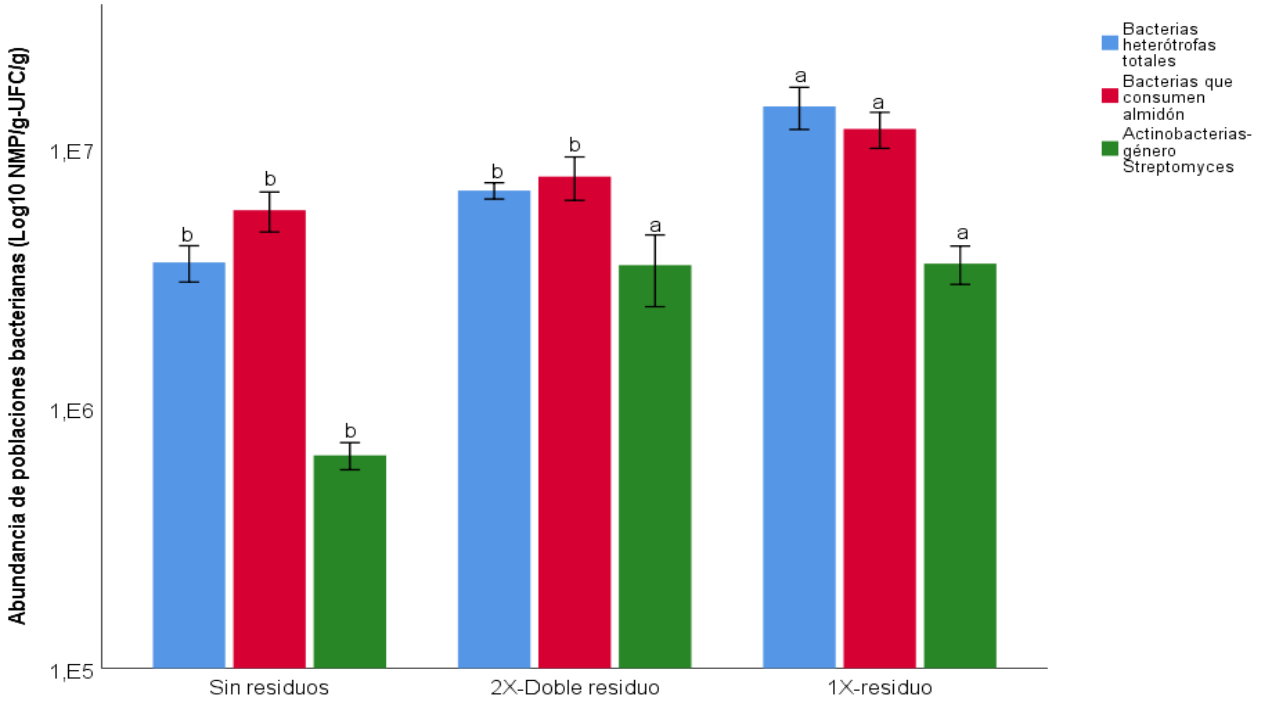
# Efecto de los residuos orgánicos de cosecha sobre la comunidad microbiana de la rizosfera de la caña de azúcar

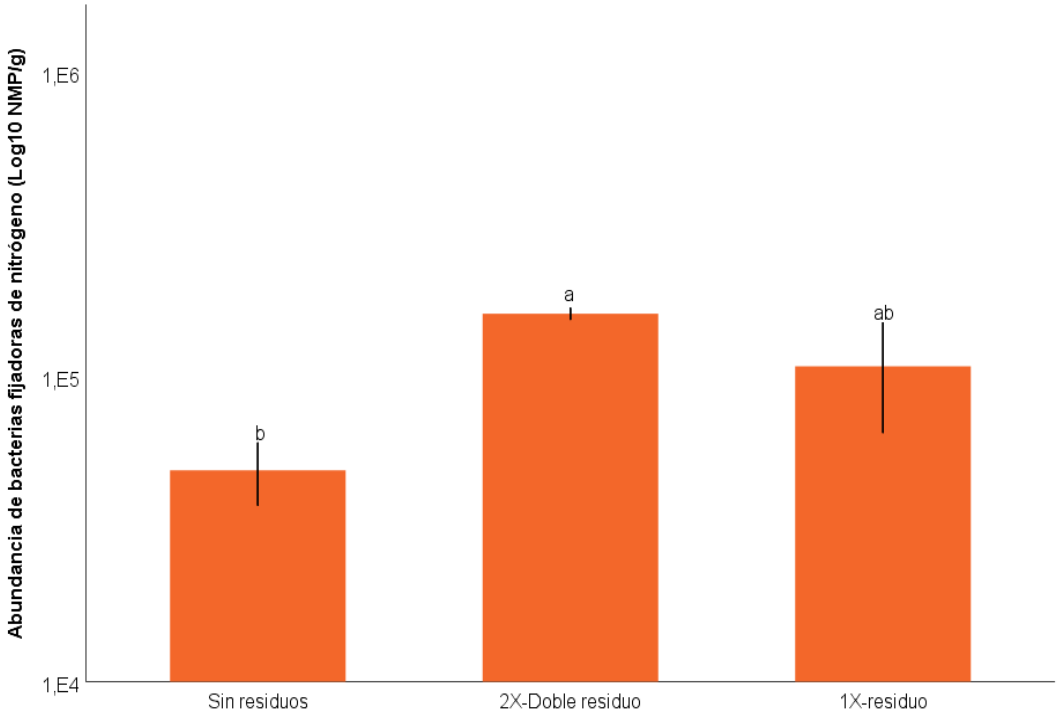
## Lote 19A-Cenicaña

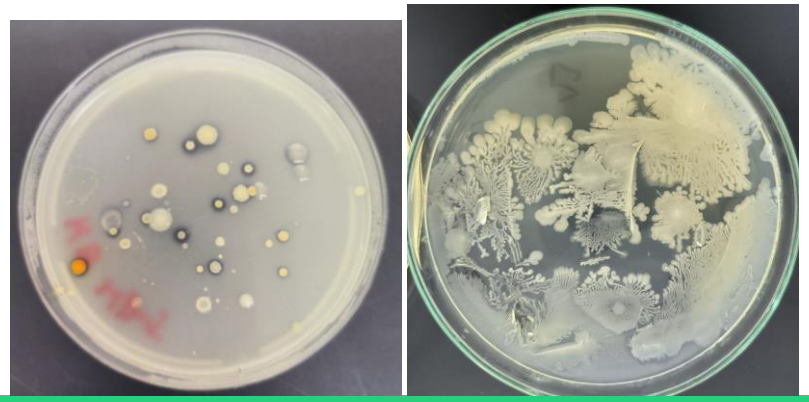
Fecha de inicio: 1999

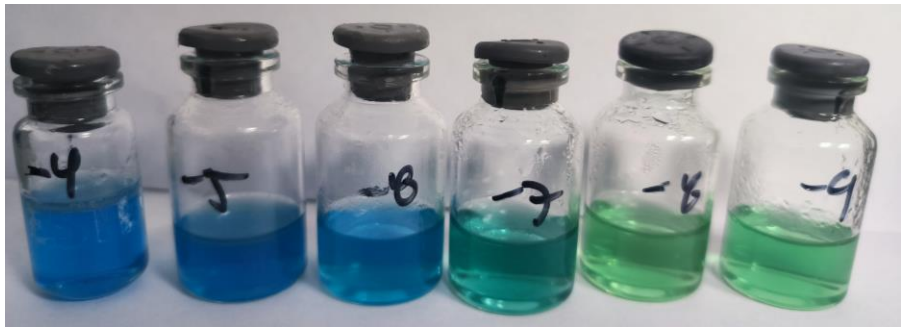
Tiempo de la práctica agronómica de retiro y mantenimiento de los residuos de cosecha: 23 años

# La abundancia de poblaciones microbianas cultivables de la rizosfera de la caña de azúcar CC 05 430 es mayor en las parcelas donde se incorporó y se mantuvieron los residuos orgánicos de cosecha durante 24 años de manejo

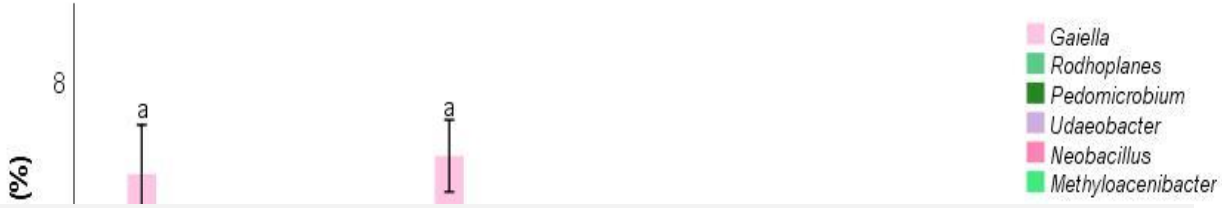




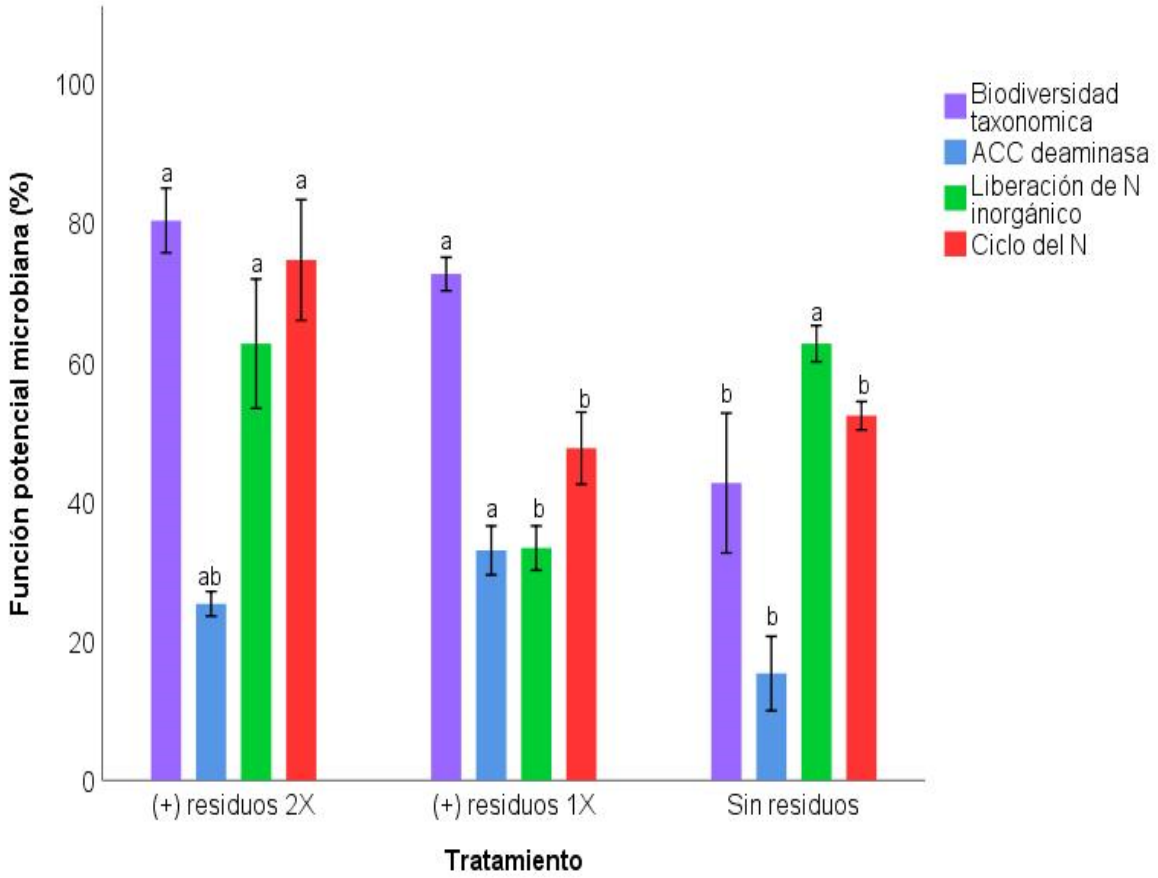
# El mantenimiento de los residuos orgánicos de cosecha conserva la diversidad y algunas funciones ecológicas microbianas de la rizosfera de CC 05-430
# Librerias metaaenómicas ARNr 16s




RIQUEZA DE ESPECIES

Numero de organismos encontrados en cada cluster

1. Residuos orgánicos 1X — 1551 ORGS
2. Residuos orgánicos 2X — 1356 ORGS
3. Sin residuos — 1322 ORGS



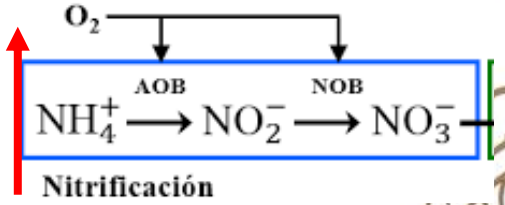

**Incrementos del 17% de riqueza microbiana**
**Diversidad filogenética mayor**

# La incorporación de residuos orgánicos como buena práctica agronómica sostenida en el tiempo es benéfica en múltiples aspectos

≤ TCH

≤ sacarosa

≤ población




**Pérdidas de N por amonificación y nitrificación**

≥ TCH

≥altura

P

C labil

P-K-S

Bacterias fijadoras de N
Bacterias heterótrofas
Actinobacterias

*Gaiella*
*Hyphomycrobium*
*Neobacillus*
*Nitrosocosmicus*

Ciclo del N Equilibrado

ACC deaminasa

# ¿Cómo conservar la diversidad microbiana de suelos agrícolas?

Materia orgánica del suelo

residuos de cosecha

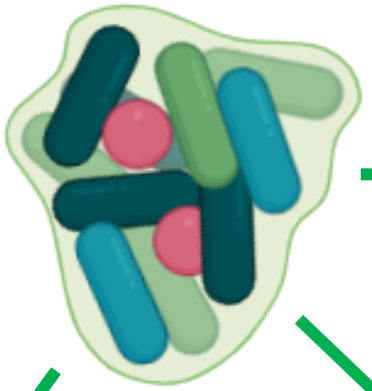
Abonos orgánicos

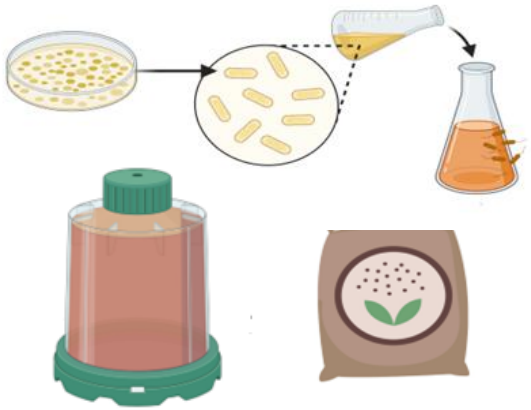
Enmiendas orgánicas

Prácticas agronómicas

Fertilización mineral

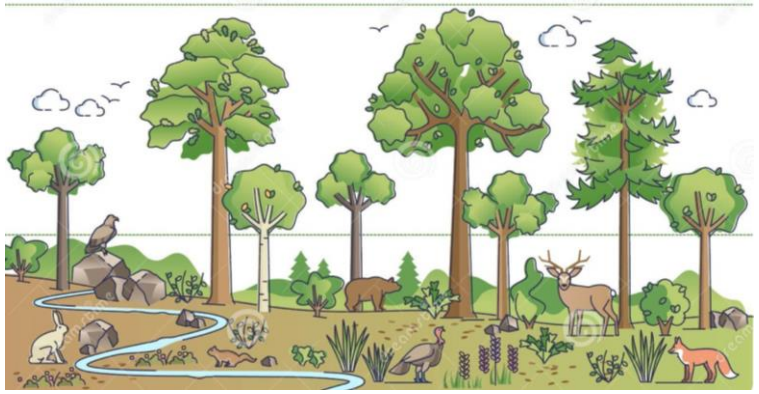
Manejo del suelo





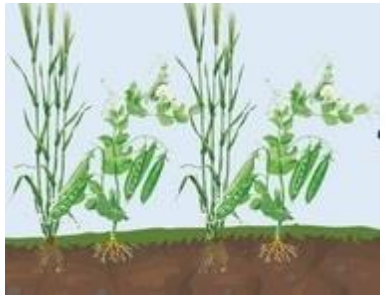
Uso de inoculantes microbianos
Biofertilizantes , ACB, bioinsumos

Diversidad biológica



Prácticas agro-biodiversas

Sistemas agroforestales

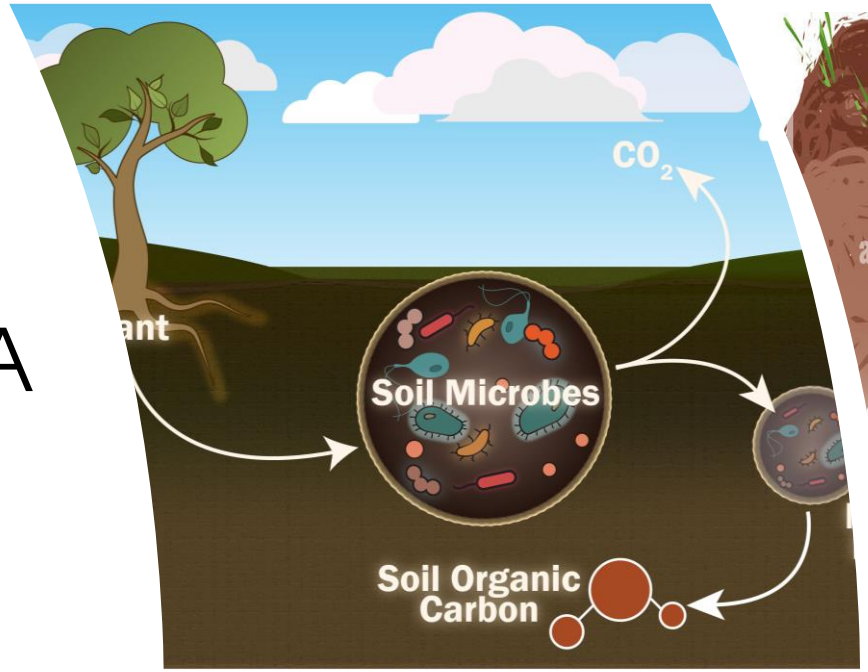


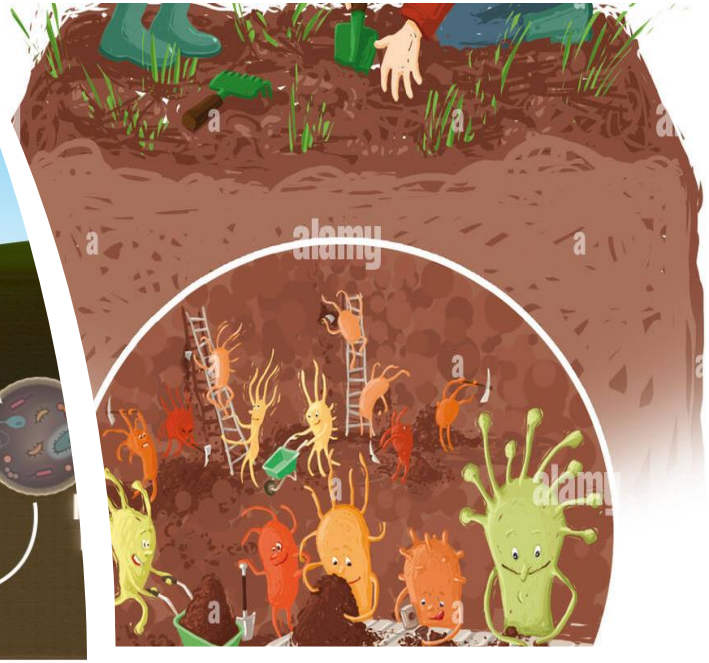
Inter-cultivos, Coberturas vegetales
Rotación de cultivos

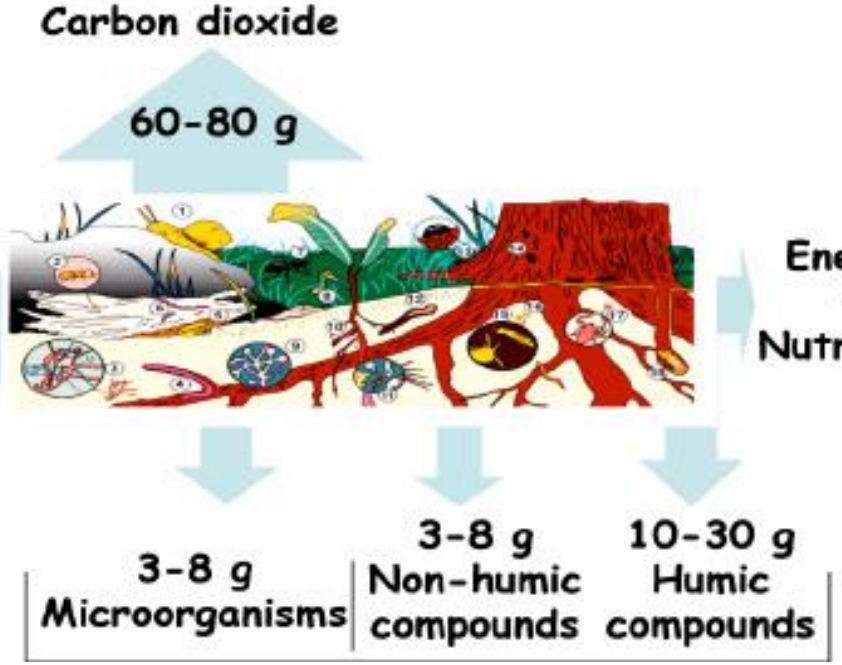
# CONSERVACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO PARA PRESERVAR LA VIDA MICROBIANA

Reservas de carbono son consolidadas por los microorganismos

Fuentes de carbono y energía para el crecimiento, reproducción y funciones ecológicas de los microorganismos





# Conclusión final

El uso de **biofertilizantes microbianos** como **práctica agronómica complementaria** a la fertilización pueden promover crecimiento vegetal en caña de azúcar (Mayor TCH, altura, sacarosa)

**Biofertilizantes microbianos** estudiados:

Bacterias fijadoras de N-***Azospirillum*** *brasiliense*

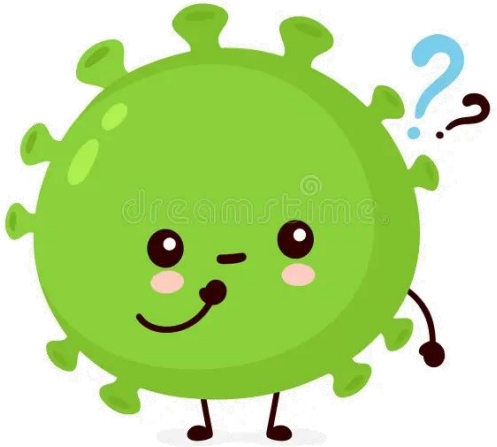
Micorrizas-Hongos micorrícicos *arbusculares-Glomus-Acaulospora-Scutellospora*

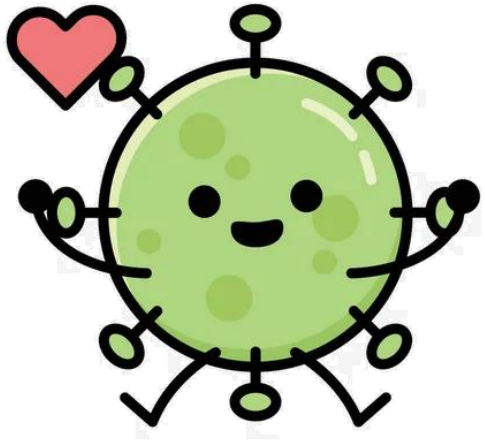
*Trichoderma*

Las buenas prácticas agronómicas de **mantenimiento de los residuos orgánicos de cosecha en entresurco** pueden aumentar la **productividad del cultivo** y está relacionada con el **incremento de S, Carbono lábil, la diversidad** y funciones de la comunidad microbiana del suelo

El uso de **inter-cultivos con frijol y maní** pueden conservar la **diversidad microbiológica** de la comunidad bacteriana del suelo y las funciones de mineralización

Uso de compost para mejorar las fuentes de materia orgánica del suelo





# Muchas gracias

Contacto:
Julian Másmela Mendoza
jemasmela@cenicana.org
julianmasmela@gmail.com