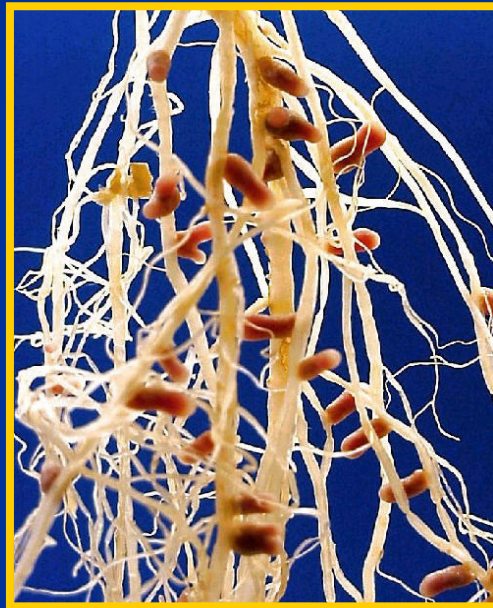


# Inoculantes microbianos



Carmen Valverde Tercedor

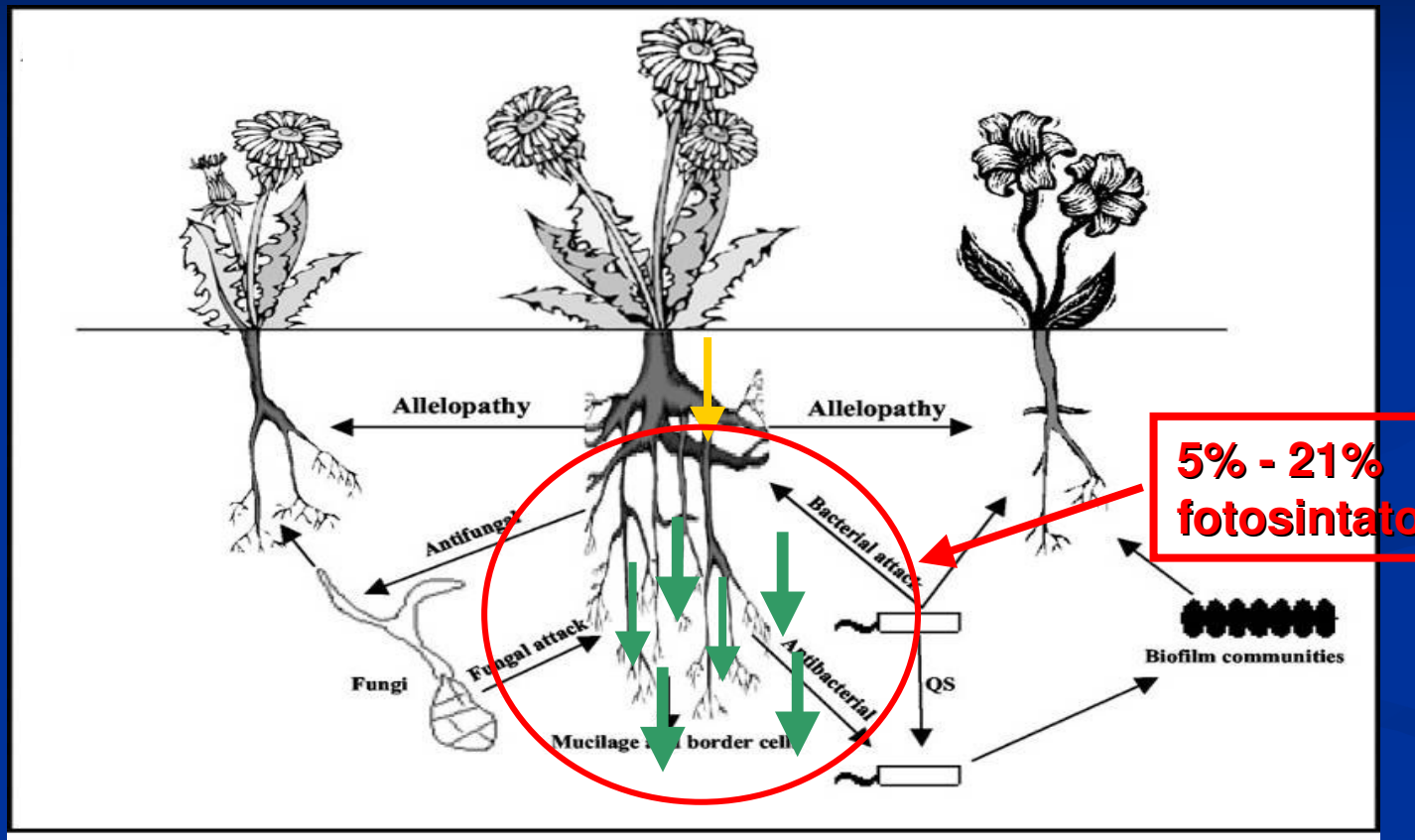
# ¿Qué es un inoculante microbiano?

- **Inoculante microbiano:** son productos tecnológicos basados en microorganismos, promotores del crecimiento vegetal.

Preparaciones de microorganismos beneficiosos para aplicación en semillas o suelos, con la finalidad de incrementar su número dando mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas y ayudando a su crecimiento.

Pueden sustituir parcial o totalmente a los fertilizantes químicos, por lo que son de gran importancia para la sustentabilidad de la agricultura, particularmente en regiones económicamente deprimidas.

Cuando crecen sobre el suelo, las raíces de las plantas son colonizadas por comunidades microbianas diversas y complejas



# Tipos de interacciones beneficiosas planta-microorganismo

- **Asociativas:** El microorganismo coloniza la superficie o las cercanías de la raíz (Rizosfera).
- **Endofíticas:** El microorganismo puede colonizar el interior de la planta (raíz y/o tallo).
- **Simbióticas:** Se generan nuevas estructuras especializadas en la provisión de nutrientes.

# Mecanismos de promoción del crecimiento vegetal

- **Directos:** El microorganismo aporta nuevos nutrientes al sistema suelo-planta o facilita la adquisición por la planta de los ya existentes.
- **Indirectos:** La promoción o mejora del crecimiento y desarrollo vegetal se debe a la interacción del microorganismo con otro organismo que interacciona negativamente con la planta (p.e., patógenos).

**¿Por qué el uso  
de inoculantes microbianos?**

Permite disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados.

Aporte de nitrógeno directo a la planta.

Menos contaminante

# Ventajas de la FBN

Más económico

Mejora la calidad del suelo.  
Aporta más de 200kgN/ha y año

Beneficiosa para otras plantas no leguminosas

# Fertilización



## Fertilizantes químicos Nitrogenados

Uso excesivo



Salinización de suelos  
Lixiviación,  
contaminación de  
aguas subterráneas.



**Contaminación y  
degradación ambiental**

Elevado consumo  
energías no  
renovables



**Alto costo**



# Asociaciones entre microorganismo fijador y planta

Varios grados de interdependencia:

- en el nivel inferior, menor grado de relación:
  - Azospirillum y cereales.
  - Azotobacter y Gramíneas.
- en el nivel superior, simbiosis mutualistas:
  - Rhizobium-leguminosas.
  - Frankia- plantas leñosas actinorrícicas.
  - Cianobacterias- helechos.

# Inoculantes microbianos

<b>Microorganismo</b>	<b>Planta inoculada</b>
<i>Anabaena-Azolla</i>	Arroz
<i>Azospirillum</i>	Cereales
<i>Rhizobium spp.</i>	Leguminosas
<i>Frankia spp.</i>	Árboles no-legum plantas leñosas actinorrícicas ,
Hongos micorrízicos	Plantas forestales
<i>Bacillus spp.</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i>	Plantas cultivadas y árboles

**Inoculantes mixtos:** sinergismo bacteriano.  
Ej: *Azospirillum*

# Inoculantes para leguminosas

1. Utilidad de la inoculación de leguminosas con *Rhizobium*.
2. Características deseables en una cepa de *Rhizobium* que va a ser usada como inoculante.
3. Preparación y uso de inoculantes para leguminosas.
4. Destino del microorganismo tras la inoculación.
5. Problemas derivados de la inoculación con *Rhizobium*



# **Beneficios potenciales de la inoculación de leguminosas con *Rhizobium***

- 1. Incremento cuantitativo de la cosecha.**
- 2. Incremento de la calidad de la cosecha.**
- 3. Aumento de la cantidad de nitrógeno en el suelo.**
- 4. Incremento de la cosecha siguiente, sea o no leguminosa**
- 5. Incremento de la productividad del cultivo.**
- 6. Reducción de los efectos nocivos de la fertilización química.**

# Características deseables en una cepa de *Rhizobium* como inoculante

## 1. Factores que afectan al establecimiento y desarrollo de la simbiosis

### A) Factores ambientales

- Bióticos: organismos parásitos, patógenos, competidores, etc.
- Abióticos: estado físico-químico del suelo, pH, T<sup>a</sup>, etc.

### B) Factores genéticos

- Bacteria: quimiotaxis, motilidad, nodulación, superficie celular, fijación de nitrógeno, oxidación de hidrógeno, etc.
- Planta: lectinas, nodulinas, capacidad de fotosíntesis, etc.
- El factor *Rhizobium* x leguminosa.

# Características deseables en una cepa de *Rhizobium* útil como inoculante

## 2. Selección de cepas bacterianas como inoculantes

Parámetros utilizados en la selección de cepas

- Eficiencia
- Competencia saprofítica
- Compatibilidad interespecífica
- Estabilidad genética
- Desempeño industrial
- Supervivencia en semilla inoculada
- Tolerancia a factores bióticos y abióticos

# Utilidad de la inoculación de leguminosas con *Rhizobium*

- A) En suelos donde no existe *Rhizobium* específico o existe en número muy bajo.

**Establecer una buena simbiosis fijadora de nitrógeno**

- B) En suelos que contienen poblaciones establecidas de *Rhizobium* específicos

**Mejorar la simbiosis mediante el uso de cepas bacterianas seleccionadas y/o mejoradas en su eficiencia simbiótica.**

# Preparación y uso de inoculantes

- 1.- Elección de las cepas.
- 2.- Formulación de inoculantes.
- 3.- Métodos de inoculación



# Preparación y uso de inoculantes

## 1.- Producción de cultivos puros de la(s) bacteria(s).

Selección de la cepa adecuada de *Rhizobium* para cada especie de leguminosa.

El inoculante puede incluir una o varias cepas bacterianas, tanto de *Rhizobium* como de otras especies que sean capaces de formar un nódulo de manera óptima.

## 2.- Formulación de inoculantes.

Se clasifican en:

- inoculantes líquidos.
- inoculantes con soporte sólido.

# Inoculantes sólidos

-Adición de los microorganismos a un soporte.

## Características deseables de un soporte:

- uniformidad física y química
- capacidad de retención de agua.
- pH neutro
- No tóxico y no contaminante.
- Elevado contenido en materia orgánica (>60%).
- Bajo contenido en sales solubles (<1%).
- Fácil manejo, procesamiento y conservación

## Tipos de soportes

### Orgánicos:

- Turba.
- Restos vegetales: cascarilla de arroz, salvado de trigo, fibra de coco, orujo de uva, restos de corcho y bagazo de caña de azúcar.
- Suelos orgánicos, compost y lodos de depuración.

### Inorgánicos →

perlita, vermiculita, talco, sílice, arcillas, sales cálcicas.

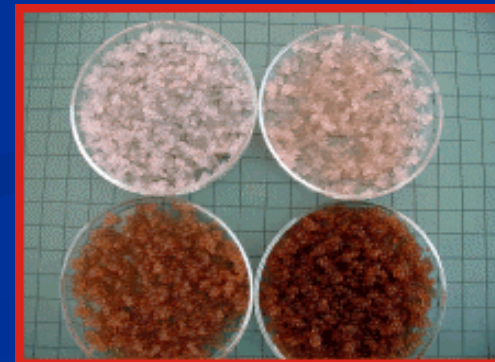
- Supervivencia de la bacteria en el soporte: Control de Calidad

# Inoculantes líquidos

- Rhizobium presenta poca viabilidad en medios líquidos.
- Más recientemente, se ha vuelto a desarrollar formulaciones líquidas.
- Se añade productos que prolongan la viabilidad de Rhizobium.
- Conservación a temperatura ambiente o a temperaturas cercanas a 4°C.
- Otras formulaciones líquidas: suspensiones oleosas o concentrados congelados (con un crioprotector). Costoso y poco práctico.

## Polímeros que engloban a Rhizobium

- Ej: agar, gelatina, alginatos, epóxido, archilamida, almidón, celulosa, etc.
- Protegen frente a condiciones adversas.
- El inconveniente: precio elevado y la mayor manipulación.



# Preparación de los soportes

- 1.- Secado de los materiales.
- 2.- Neutralización de los soportes.
- 3.- Molienda.
- 4.- Esterilización.

# Preparación y uso de inoculantes

## 3. Métodos de inoculación

### A) Inoculación de las semillas

- En el momento de la siembra:  
mezcla de inoculante (granular o en polvo) + agua + semillas  
Dejar secar antes de la siembra.  
Necesidad de agentes adhesivos
- Antes de la siembra: semillas "ready to use"  
Importante el control de calidad: muerte celular excesiva

### B) Inoculación directa del suelo

-Inoculantes líquidos o granulares con soporte inorgánico

- Ventajas:
- menores volúmenes de almacenamiento
  - menor posibilidad de contaminación
  - mayor fiabilidad

# Destino del microorganismo tras la inoculación

- 1) **Colonización del suelo: factores bióticos y abióticos, dispersión, etc.**
- 2) **Supervivencia**
- 3) **Establecimiento definitivo: persistencia**

# Comprobar que se ha realizado una correcta aplicación

- La **nodulación** es un signo claro para verificar ese resultado.
- El nódulo aparece en periodos de tiempo distinto dependiendo del tipo de leguminosa.
- Condiciones de estrés condicionan la nodulación.



Coloración roja o rosada en el interior indica buena actividad fijadora.

# Posibles problemas derivados de la inoculación

## 1) Problemas agronómicos

- . Uso de inoculantes contaminados: riesgo de transmisión de patógenos
- . Uso de cepas bacterianas poco efectivas: falta de respuesta a la inoculación; problemas de competición futuros.
- . Uso de cepas de *Rhizobium* "patógenas".
- . Estabilidad de la cepa introducida.
- . Supervivencia de la cepa introducida: problemas de competición



# Posibles problemas derivados de la inoculación



## 2) Problemas medio-ambientales


- Estabilidad genética de la cepa introducida:
  - cambios genotípicos
  - adquisición de genes desde poblaciones nativas
- Transferencia genética al resto de la microbiota
  - aparición de nuevas cepas simbióticas
  - pérdida de eficacia de la inoculación
  - posibles problemas de competición futuros

# Posibles acciones sobre *Rhizobium* para mejorar sus características simbióticas

- **Utilización de genes suicidas** para la obtención de inóculos seguros.
- **Incrementar las características de *Rhizobium* de** Especificidad, infectividad, competitividad y eficiencia.

# Posibilidades para incrementar la infectividad y competitividad de *Rhizobium*

1.-*Rhizobium* quiméricos  *R.etli*  
*R.tropici*  **Doble capacidad de ocupar nódulos**

2.-Multicopia de genes relacionados con el proceso de nodulación 

**↑ Genes nod**  
**↑ Infección y desarrollo del nódulo**

3.-Introducción de genes que producen bacteriocinas 

**Trifolitoxina**

4.-Incremento en las dosis del gen *nifA* 

**↑ Fijación de nitrógeno**

(Oliver et al)



[www.turfal.agr.br](http://www.turfal.agr.br)

[www.stoller.com.br](http://www.stoller.com.br)



[www.rizobacter.com.ar](http://www.rizobacter.com.ar)



[www.nitragin.com](http://www.nitragin.com)



[www.nitralurbana.com.br](http://www.nitralurbana.com.br)



[www.biagrosa.com](http://www.biagrosa.com)



[www.sintesisquimica.com.ar](http://www.sintesisquimica.com.ar)



[www.biosoja.com.br](http://www.biosoja.com.br)