

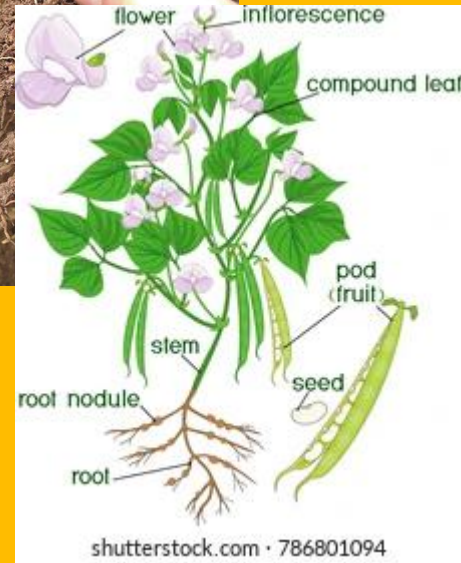


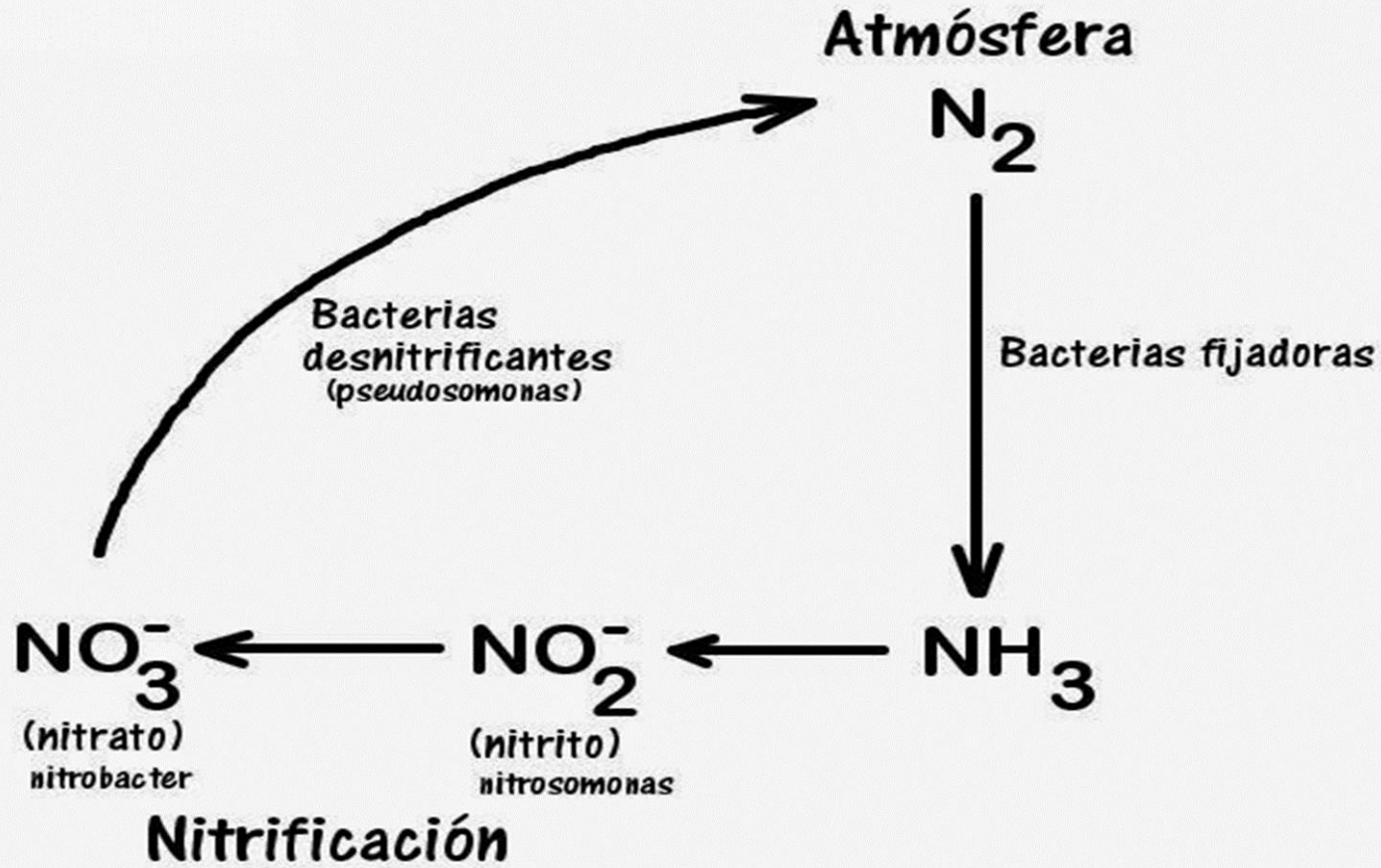
**Fijadores simbióticos
de N₂
RIZOBIOS**

Fijación simbiótica del N₂

Las raíces vegetales que presentan nódulos fijadores de N₂ en sus raíces pertenecen en su mayoría a la familia de las *Leguminosae*, de amplia distribución mundial.

Han sido estudiado por la presencia de nódulos con bacterias de género *Rhizobium*, principalmente la alfalfa, soja, tréboles, maní de interés agrícola.







Mecanismo de infección


- ❖ La simbiosis se da entre leguminosas y bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* y *Azorhizobium*, en el suelo como bacilos móviles, Gram-negativos.
- ❖ El establecimiento de una simbiosis efectiva entre leguminosas y rizobios es un proceso complejo. Hay especificidad de huésped.
- ❖ La infección de las raíces con una cepa adecuada de la bacteria conduce a la formación de nódulos
- ❖ Implica mecanismos de señalización química y reconocimiento por parte de ambos simbioses.

- ❖ Las raíces liberan flavonoides como señal, compuestos fenólicos que inducen la expresión de los genes de nodulación en los rizobios.
- ❖ Como resultado, los rizobios producen factores de nodulación “factores *nod*” (lipoquitin-oligosacáridos), que inducen una serie de respuestas en la planta preparando los canales de infección, la formación del nódulo, etc.
- ❖ Los Rizobios entran en la raíz por el extremo de los pelos absorbentes que se retuercen en forma de báculo.
- ❖ Se forma en el pelo uno o varios tubos de infección dentro de los cuales los rizobios se hallan dispuestos en fila. El tubo de infección penetra en las células del córtex de la raíz.

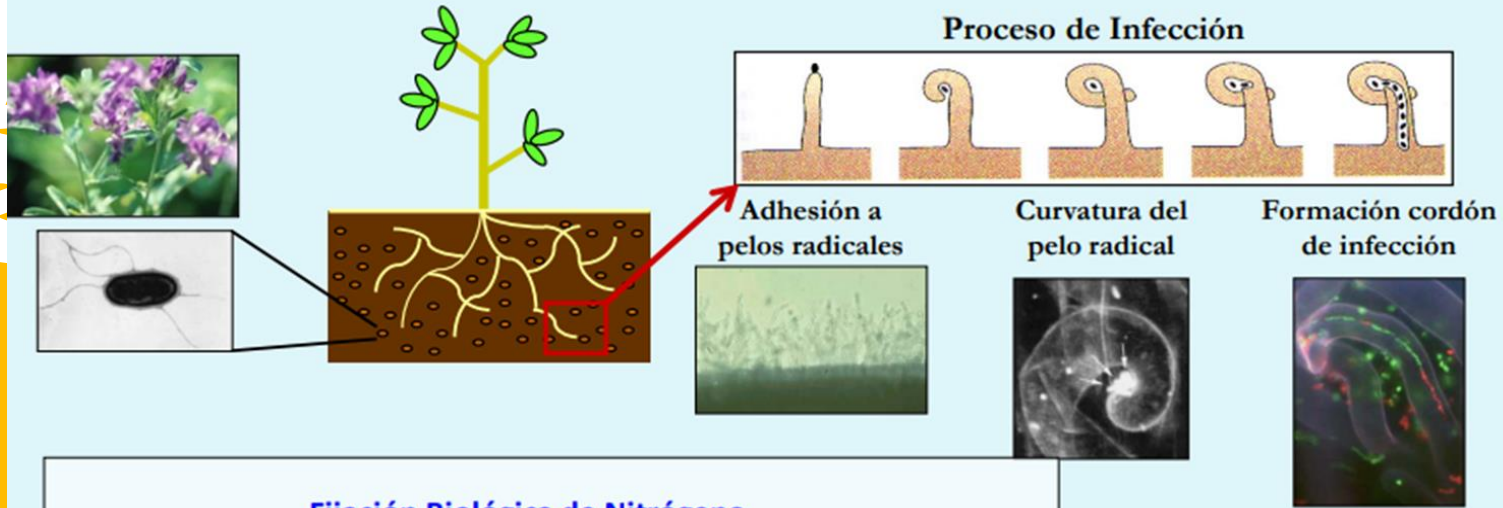


❖ Los rizobios contenidos en el tubo de infección son liberados en el citoplasma de estas células meristemáticas donde adquieren una forma distinta al rizobio de vida libre y se los llama bacteroides que fijan el nitrógeno molecular.

❖ El nódulo consume oxígeno que requiere para generar energía y fijar el N_2 , el aumento de oxígeno inactiva la nitrogenasa, esta es regulada por la Leg-Hb, una molécula transportadora de O_2 que contiene grupo hemo y da a los nódulos color rojizo.



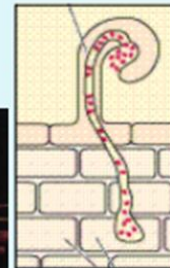
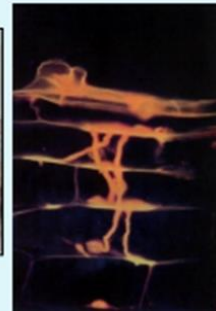
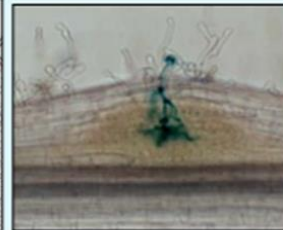
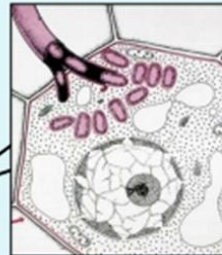
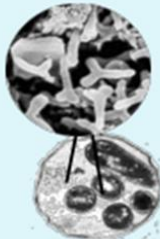
Esquema del proceso Simbiosis *Rhizobium*-Leguminosa

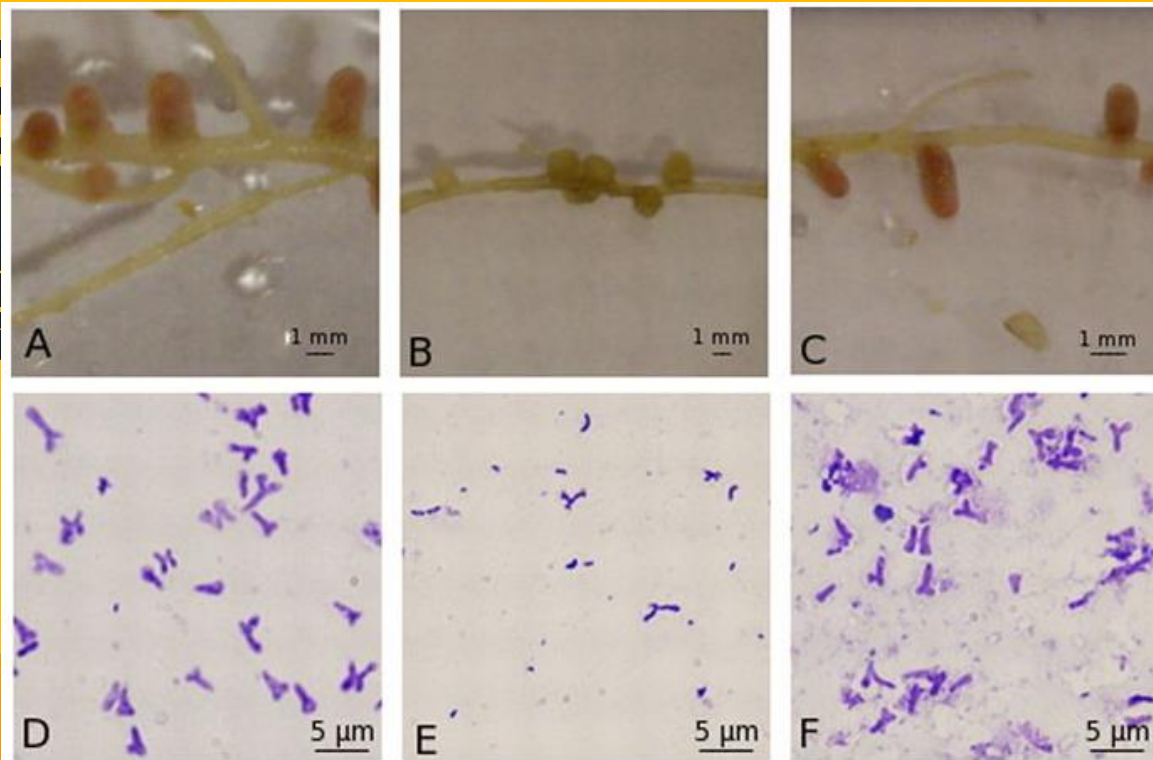


Fijación Biológica de Nitrógeno



Bacteroides





Nodulos (A a C) y bacteroides (D a F) de *P. sativum* cv. (arveja).

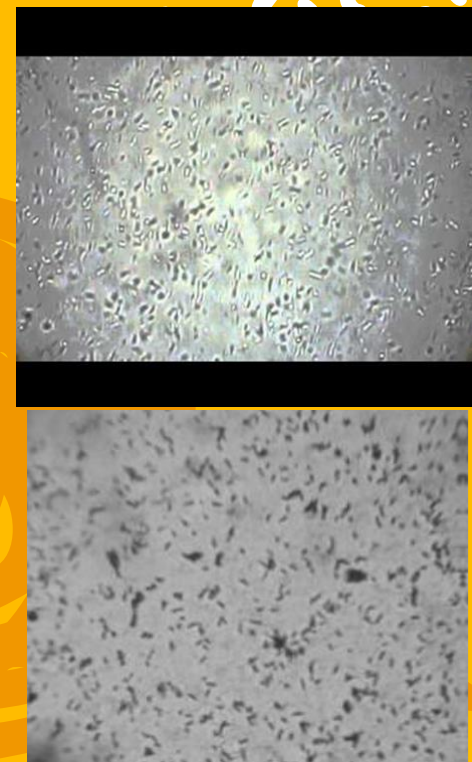
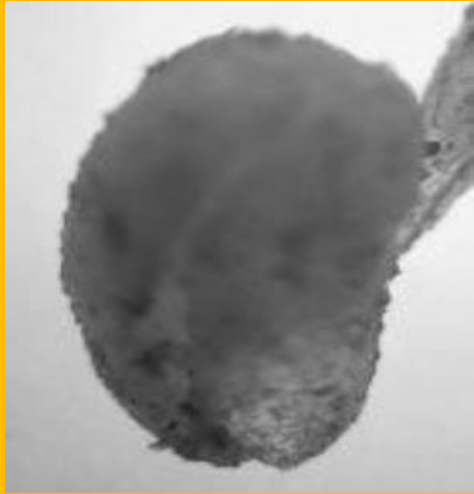


Figura 17: Bacteroides de los género *Rhizobium* aislada de *Trifolium* sp.

Nódulos

La coloración rojiza en el interior de los nódulos indica que las bacterias están vivas y activas. Los nódulos muertos, inactivos o senescentes, suelen tener una coloración verde grisácea o marrón.



Nódulos efectivos

- X pocos y situados sobre todo en la raíz primaria
- X voluminosos, con superficie lisa o rugosa
- X actividad meristemática y nodular prolongada
- X infección generalizada, zona bacteriana grande con muchos bacteroides
- X interior pigmentado de rojo

Nódulos inefectivos

- X numerosos y repartidos en todo el sistema radicular
- X pequeños con superficie lisa
- X actividad meristemática y nodular corta
- X pocas células infectadas, pocos o sin bacteroides y gránulos de almidón
- X interior no coloreado de rojo.

Inoculante para leguminosas

En muchos suelos el nivel y la eficiencia de los rizobios no son adecuados y la nodulación y la fijación de nitrógeno resultan insuficientes para satisfacer las demandas del cultivo.

La inoculación artificial resulta imprescindible cuando se introducen nuevas leguminosas y hay deficiencia en nitrógeno lo que limita el desarrollo vegetal.

La inoculación favorece la eficiencia de la fijación y promueve una rápida instalación de la simbiosis. Es importante la calidad de los inoculantes.

El método y las condiciones de inoculación deben permitir la supervivencia de los rizobios, además la semilla inoculada debe poseer la especie de rizobio adecuada y en número suficiente.

La eficiencia de la fijación se evalúa por el número de nódulos, la masa nodular, el peso seco de la planta y el contenido de nitrógeno de la parte aérea.