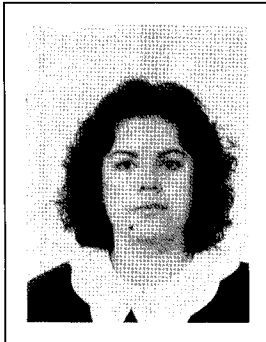


fijación biológica de nitrógeno

El efecto positivo del uso de inoculante en la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, sólo se producirá si los niveles nutricionales de la planta son los adecuados.



Leticia Barrientos D. ¹

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales para la nutrición vegetal y animal. El aire atmosférico está constituido por un 78% de nitrógeno gaseoso (N_2) y en el suelo, el 95% del nitrógeno de la materia orgánica se encuentra bajo formas no asimilables directamente por las plantas.

Entre las plantas cultivadas, cobran especial relevancia las leguminosas, ya que son capaces de formar una asociación con bacterias del suelo donde tanto la leguminosa como la bacteria se benefician. Esta es la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, que representa un gran potencial para la obtención de alimentos ricos en proteínas a bajo costo, ya que las exigencias nutricionales de nitrógeno de las plantas pueden ser satisfechas a través de la fijación simbiótica de este elemento, no siendo necesario aplicar fertilizantes nitrogenados.

Fijación de nitrógeno en leguminosas

Hay varias asociaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno con plantas superiores, siendo la simbiosis de las leguminosas con bacterias del género *Rhizobium* la más perfecta y también la con mayores posibilidades de explotación en la agricultura.

Las raíces de las leguminosas son infectadas, después de la germinación, por rizobios, que

1. Microbiólogo. M. S. Programa Microbiología.

inducen la formación de pequeños nódulos, en el interior de los cuales ocurren los procesos de captación del nitrógeno atmosférico y su posterior transformación a productos que son entregados a la planta. En los nódulos las bacterias encuentran un nicho protegido de las condiciones ambientales, y alimentación a partir de los productos fotosintéticos de la planta. A cambio, la bacteria suministra a la planta el amoníaco (NH₃) proveniente de la fijación del nitrógeno y que esta a su vez transforma en proteínas que participarán en la formación de materia verde y granos.

De esta manera, una planta nodulada por su rizobio específico y efectivo (capaz de fijar suficiente cantidad de N₂ para suplir los requerimientos de la planta) tendrá mejores rendimientos y posiblemente deje nitrógeno residual en el suelo, (el que será aprovechado por los cultivos siguientes), en comparación con aquella planta nodulada, ya sea por un rizobio no específico o menos efectivo.

La cantidad de nitrógeno fijado varía con las diversas especies de leguminosas y razas o cepas de *Rhizobium*, y depende de las condiciones ambientales para su expresión. En general, la actividad de los microorganismos es favorecida por las mismas condiciones que favorecen el crecimiento vegetal.

Capacidad de fijación de las leguminosas

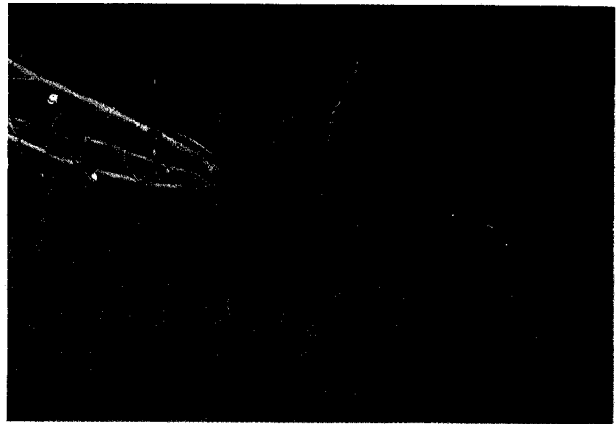
Las leguminosas noduladas por un rizobio específico pueden fijar cantidades apreciables de N. El nitrógeno simbiótico puede suministrar gran parte del total necesario para el desarrollo de las plantas, siendo el restante proveniente del suelo bajo la forma mineral.

Cuadro 1. Estimaciones de la fijación de nitrógeno.

Leguminosa	N fijado kg/ha/año	Localidad
Alfalfa	229 - 290	Estados Unidos
Trébol blanco	268	Irlanda
Trébol rosado	154	Estados Unidos
Trébol subterráneo	207	Estados Unidos
Frejol	10	Estados Unidos
Arveja	17 - 69	Estados Unidos
Haba	121 - 171	Egipto
Lupino	121 - 157	Egipto
Garbanzo	67 - 141	Egipto
Lenteja	62 - 103	Egipto

Fuente: La Rue T.A. y Patterson T.G., 1981.

En el país, son muy pocas las mediciones que se han realizado sobre la cantidad de N que son capaces de fijar las leguminosas. En praderas asociadas de ballica y trébol blanco, X Región, se obtuvieron valores de aproximadamente 50 kg N/ha, lo que es bastante bajo para praderas de similares condiciones de Nueva Zelanda. Es posible, que el manejo dado a esta pradera sea lo que influyó en el resultado obtenido. En lentejas de la VIII Región, se obtuvieron valores de 39 kg de N/ha/año, valor que también está bajo lo esperado.



Abundante nodulación en raíz de leguminosa.

Características de una buena nodulación

Para el agricultor es importante saber si sus praderas o siembras de leguminosas están fijando con eficacia el nitrógeno atmosférico. Un primer indicio lo dan las características externas de la planta. Es decir, si una planta presenta buen desarrollo, se observa vigorosa y de aspecto saludable y de color verde típico, lo más probable que la simbiosis esté funcionando bien. Pero, si aún quiere asegurarse de ello, se pueden extraer varias plantas junto con todas sus raíces (es conveniente sacarlas con un terrón de tierra), y una vez lavadas las raíces cuidadosamente con agua corriente de río o llave cercana, se procede a observar las características de la nodulación. Una buena nodulación se aprecia porque los nódulos se encuentran en su mayoría en la raíz principal, son grandes y en número regular y de color rosado. Para asegurarse de esto, es necesario hacer un corte por la mitad, y si el interior se observa de un intenso color rojizo, la simbiosis está funcionando adecuadamente. Una simbiosis que no está funcionando se aprecia porque hay muchos

nódulos pequeños y de color blanco. Aquellos nódulos plumizos o café ya han cumplido con su papel de fijar nitrógeno y se encuentran en etapa de degradación.

¿Qué factores afectan el funcionamiento adecuado de la simbiosis?

Hay diversos factores que pueden estar influyendo en un buen funcionamiento de la simbiosis. Como se dijo anteriormente, los mismos factores que benefician a las plantas beneficiarán a los rizobios.

Entre los principales factores que inciden sobre la fijación de nitrógeno están los nutricionales. Para que exista un buen desarrollo de la simbiosis deben cumplirse los requisitos nutricionales, tanto de la leguminosa como de los rizobios. Debe contarse con contenidos adecuados de los elementos esenciales para la nutrición vegetal, principalmente el fósforo. También son importantes el potasio, calcio y mag-

nesio, y los micronutrientes molibdeno, cobalto y hierro.

Otro factor es el pH del suelo. El óptimo para la multiplicación y supervivencia del rizobio es cercano al neutro (6-7), pero las diferentes razas o cepas presentan capacidades de adaptación a los cambios de pH.

Entre los factores físicos o ambientales está la temperatura; en nuestras condiciones cuando se presentan bajas temperaturas ambientales o a nivel del suelo, lo más probable es que no se produzca la formación de nódulos, ni ocurra el proceso de fijación de N. También, la radiación tiene importancia, ya que influye directamente en la fotosíntesis. Si se reduce la fotosíntesis, se reduce la formación de productos fotosintéticos de la planta, y ésta no puede aportar la energía necesaria al rizobio para fijar el N.

Otros factores son los de manejo que tendrán mayor influencia en las praderas.

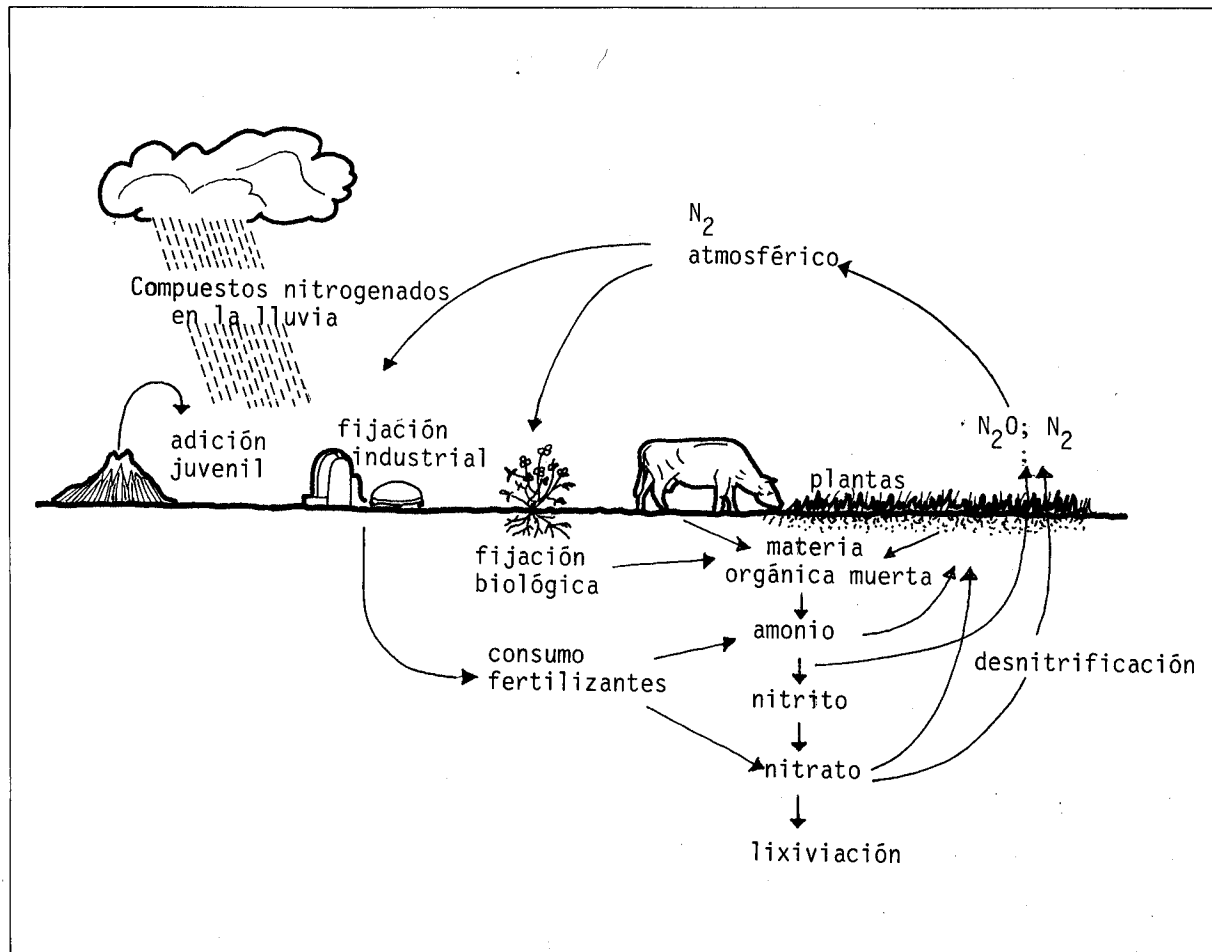


Figura 1. Ciclo del nitrógeno.

No debemos olvidar que no siempre se encuentran en todos los suelos los rizobios específicos y eficaces necesarios para las leguminosas a establecerse. En tales casos, se podrá aportar artificialmente estos microorganismos utilizando la técnica de inoculación de las semillas.

El INIA y la fijación simbiótica de nitrógeno

Por lo señalado anteriormente no queda duda que es necesario para el agricultor que siembra leguminosas, de cualquier especie, asegurarse y confiar en que sus plantas están fijando nitrógeno adecuadamente.

Para lograr esto, a partir de 1988, se creó en la Estación Experimental Carillanca el Programa de Rhizobiología. A cargo de éste, está el lo-

grar seleccionar razas o cepas de rizobios provenientes de las diferentes zonas agroecológicas de la región, para las leguminosas de mayor importancia en la zona. Junto con ello, determinar las necesidades de inoculación de las leguminosas, es decir, conocer si las cepas presentes en el suelo son menos fijadoras, iguales o más fijadoras que aquellas que se introducen en forma artificial. También, lograr determinar cuales condiciones ambientales o de manejo influyen en una eficiente nodulación.

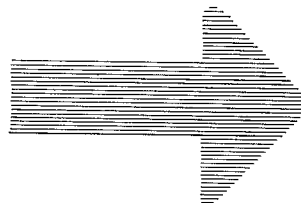
Con todo esto, se pretende lograr seleccionar y producir cepas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas para los cultivos de mayor importancia en la región, con el fin de reducir o anular las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, lograr obtener mejores rendimientos, y beneficiar con el nitrógeno residual de los suelos a los cultivos siguientes de la rotación.

**MANTENGASE
INFORMADO :**

**EN NUESTRAS PUBLICACIONES
SE ENCUENTRAN LOS
ULTIMOS AVANCES
AGROPECUARIOS**

SUSCRIPCIONES :

Casilla 58 - D Temuco
Teléfono 12 General López



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS