

AVENA, ARVEJA Y LENTEJA EN ROTACIONES CON TRIGO

¿Y SI NO APLICÁRAMOS NITRÓGENO?

Mario Mellado Z.
Ingeniero Agrónomo.
mmellado@quilamapu.inia.cl

Ricardo Madariaga B.
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

INIA Quilamapu.



Sementera de trigo. La aplicación de nitrógeno y la rotación con otros cultivos son altamente convenientes para lograr mejores rendimientos.

La avena (*Avena sativa* L.) es un cereal muy sembrado en Chile como cabecera de rotación para el trigo (*Triticum aestivum* L.), debido principalmente a su capacidad de interrumpir el ciclo del hongo que produce el mal del pie del trigo. Tanto el trigo como la avena responden positivamente a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, ya que, a diferencia de las leguminosas, no tienen la capacidad de obtenerlo desde la atmósfera. Luego, cuando al trigo y a la avena no se les aplica nitrógeno, se obtienen rendimientos muy bajos, pues deben crecer y desarrollarse sólo con el aporte de nitrógeno del suelo, el que normalmente es insuficiente ya que en la mayoría de los casos no supera los 40 kilos por hectárea. La arveja (*Pisum sativum* L.), y la lenteja (*Lens sculentum* L.), como todas las leguminosas, tienen la propiedad de fijar biológicamente el nitrógeno del aire, a través de la asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, que forman nódulos en las raíces. Estas especies necesitan pequeñas cantidades de

fertilizante nitrogenado sólo durante el establecimiento. Después de la cosecha del grano dejan en el suelo un remanente de nitrógeno útil para el cultivo que continúa en la rotación. Sobre la base de estas consideraciones, bastante conocidas, no es poco común que los agricultores se pregunten qué pasaría si no aplicaran ningún fertilizante nitrogenado. De esta duda surgió la inquietud de evaluar el rendimiento de grano del trigo sembrado sin aplicación de nitrógeno en dos condiciones: a) en monocultivo y b) en diferentes rotaciones cada dos años, con avena, arveja y lenteja, cosechados para grano, como



La avena es una gramínea excelente para rotar con el trigo ya que interrumpe el ciclo del hongo causante del "mal del pie".

inicio de cada rotación (ver recuadro "Condiciones del ensayo", página 22).

Fertilidad del suelo

En el cuadro 1 se puede observar que en los doce años de rotaciones el pH del suelo ha disminuido en 0,4 puntos —desde un valor inicial de 6,5 en 1990 a 6,1 en 2002—, y que el nitrógeno del suelo se ha mantenido en un nivel bajo. El fósforo y el potasio han aumentado, debido a las aplicaciones anuales en dosis superiores a las extracciones calculadas para estos nutrientes, lo cual se explica por los bajos niveles de producción derivados de la falta de nitrógeno. Considerando que todos los años hubo extracción del rastrojo de cada parcela, el aumento de la materia orgánica sólo podría explicarse, parcialmente, por el aporte de raíces y la exudación de compuestos carbonados con el cultivo en pie.

Llama la atención que en la rotación avena-trigo haya aumentado la disponibilidad de nitrógeno en el suelo más que las rotaciones con arveja y lenteja. Este comportamiento podría tener dos explicaciones: la primera es que, como no se aplicó nitrógeno durante la siembra, la inoculación de las leguminosas no fue muy efectiva, y en consecuencia la nodulación fue pobre; y la segunda es que, si bien el nitrógeno disponible en la solución del suelo aportado en la rotación con las leguminosas fue más bajo, es posible que el nitrógeno total (que no se determinó) en las rotaciones arveja-trigo y lenteja-trigo haya sido similar o más alto que el de la rotación avena-trigo; además que la parte orgánica del nitrógeno presente en las raíces de las legu-

Cuadro 1

Fertilidad inicial del suelo en 1990, y en cada rotación al año 2001

| | pH agua (relación 1:2,5)* | Nitrógeno disponible (mg/kg) | Fósforo disponible (mg/kg) | Potasio disponible (mg/kg) | Materia orgánica (%) |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Fertilidad inicial (1990) | | | | | |
| Promedio | 6,5 | 14 (B) | 8 (B) | 95 (M) | 7,8 |
| Fertilidad final (2001) | | | | | |
| Trigo-trigo | 6,0 | 11 (B) | 15 (A) | 143 (A) | 9,3 |
| Avena-trigo | 6,0 | 21 (M) | 15 (A) | 157 (A) | 9,0 |
| Arveja-trigo | 6,1 | 11 (B) | 16 (A) | 138 (A) | 8,5 |
| Lenteja-trigo | 6,1 | 14 (B) | 17 (A) | 139 (A) | 8,9 |
| Promedio | 6,1 | 14 (B) | 16 (A) | 144 (A) | 8,9 |

B= nivel bajo; M= nivel medio; A = nivel alto

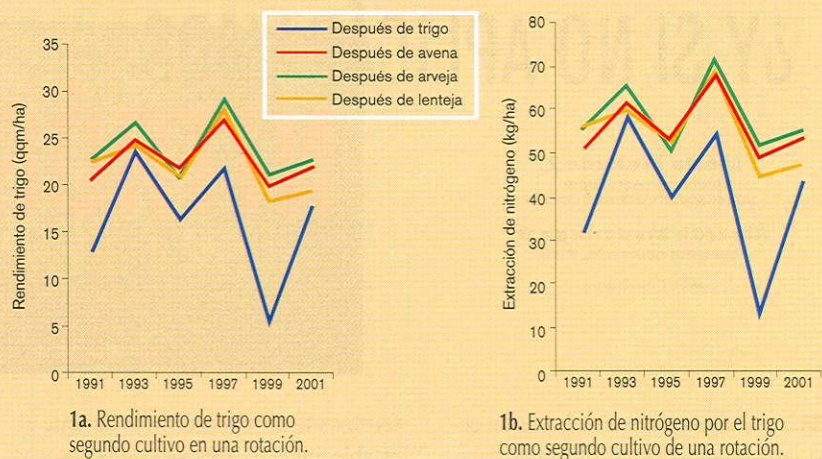
*La relación 1:2,5= una parte de suelo y 2,5 partes de agua.

minosas se hace disponible en la temporada siguiente.

Rendimientos de grano

En el cuadro 2 se presenta el rendimiento de grano de los cultivos cabecera de rotación, es decir, el trigo en el caso del monocultivo, la avena, la arveja y la lenteja. Los datos corresponden a los años pares del período considerado, destacando la gran variabilidad de los rendimientos, especialmente en el caso de la arveja. Respecto al rendimiento promedio del trigo de los seis años en que todas las rotaciones fueron sembradas con este cereal (cuadro 2), se observa que fue de 16,3 qqm/ha en el monocultivo; 22,7 qqm/ha después de avena; 23,7 qqm/ha después de arveja; y 22,2 qqm/ha después de lenteja. Estadísticamente se determinó que los rendimientos de trigo después de avena, arveja y lenteja fueron iguales entre sí, y que todos ellos fueron superiores al rendimiento de trigo del monocultivo. Es probable que si los

Figura 1. La similitud de las tendencias de extracción de nitrógeno y de rendimiento de grano resulta evidente al comparar la forma de los gráficos que siguen.



residuos se hubiesen incorporado los rendimientos del trigo después de arveja y lenteja hubiesen sido más altos que después de avena, ya que los primeros aportan más nitrógeno al suelo. Considerando la variabilidad de los rendimientos, según lo indica el Coeficiente

de Variación (C.V. de los rendimientos entre los años, respecto al promedio de rendimiento de todos los años evaluados) se observa que la variación de un año a otro fue mucho mayor en el monocultivo, comparada con el trigo sembrado después de avena, arveja y lenteja. Esto significa que el trigo en monocultivo no solamente rinde menos, sino que su producción es más errática a través de los años, por las condiciones ambientales y los problemas sanitarios.

CONDICIONES DEL ENSAYO

Este experimento se realiza en el Campo Experimental Santa Rosa, del Centro Regional de Investigación Quilamapu. El suelo es un trumao de textura franca con un nivel de humedad aprovechable aproximado de 20%.

El ensayo se ha mantenido en condición de secano, pero sin déficit de agua, ya que la napa freática (agua subterránea) se sitúa a unos 110 cm de profundidad en los meses de verano y a unos 70 cm en el invierno.

Las rotaciones establecidas fueron: trigo-trigo; avena-trigo; arveja-trigo, y lenteja-trigo. Las rotaciones se iniciaron en 1990 sembrando los cuatro cultivos. El segundo año todas las parcelas se sembraron con trigo, para volver a sembrar todos los cultivos al tercer año, continuando con trigo el cuarto año, y así sucesivamente. Hasta el momento se han completado seis ciclos de rotaciones. Algunos detalles técnicos son los siguientes:

| Cultivo, variedad | Dosis semilla (kg/ha) | Distancia entre hileras (cm) | Número de hileras por parcela | Número aproximado de semillas por m ² |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|--|
| Trigo, Lancero INIA | 160 | 20,0 | 20 | 355 |
| Avena, Nehuén INIA | 120 | 20,0 | 20 | 325 |
| Arveja, Amarilla INIA | 120 | 40,0 | 10 | 60 |
| Lenteja, Araucana INIA | 80 | 30,8 | 13 | 100 |

La preparación de la cama de semilla se hace con el método convencional de labranza, con remoción de residuos.

La fertilización anual ha consistido en 100 kg de fósforo (P₂O₅)/ha aplicados durante la siembra como superfosfato triple, y 60 kg de potasio (K₂O)/ha aplicados a la siembra como muriato de potasio (KCl). En ninguna temporada se ha aplicado nitrógeno.

Durante los doce años de evaluación, la siembra se ha efectuado entre fines de mayo y principios de junio, dependiendo de las condiciones climáticas, principalmente las precipitaciones.

Las semillas de arveja y lenteja siempre se han inoculado antes de la siembra, con una cepa de la especie de *Rhizobium leguminosarum*.

Las malezas que se presentaron en los cereales se controlaron con herbicidas hormonales, en tanto que las que aparecieron en las parcelas con leguminosas se eliminaron manualmente.

Extracción de nitrógeno

Para calcular la extracción de nitrógeno por los cultivos se usó información bibliográfica que señala los requerimientos internos de nitrógeno de cada especie, así como su índice de cosecha (Rodríguez S., J.; 1993). El requerimiento interno de nitrógeno es la concentración promedio en la planta entera, que en trigo corresponde a 1,2%; en avena a 1,2%; en arveja a 2,4% y en lenteja a 2,5%. El índice de cosecha es un valor que resulta de dividir la cantidad de grano que produce una planta por el peso total de la misma. Este índice es de 0,42 en trigo; 0,44 en avena; 0,31 en arveja y 0,37 en lenteja. La extracción de nitrógeno se calcula multiplicando el rendimiento de grano (base materia seca) de cada cultivo por su requerimiento interno, y dividiendo el producto por el índice de cosecha.

Como a ninguna rotación se aplicó nitrógeno, las plantas de trigo crecieron, se desarrollaron y produjeron grano y paja

