

## DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO

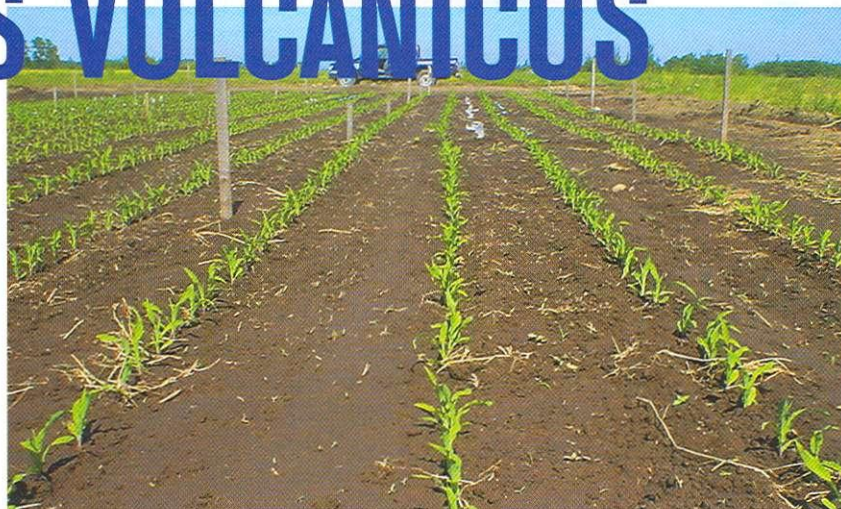
# ROTACIÓN DE CULTIVOS EN SUELOS VOLCÁNICOS

**Nicasio Rodríguez S.**  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.  
nrodrigu@quilamapu.inia.cl

**Juan Hirzel C.**  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

**Ciro Belmar N.**  
Ingeniero de Ejecución Agrícola

**Carmen Lobos S.**  
Químico Laboratorista  
INIA Quilamapu



La información que se analiza en este artículo corresponde a 10 años de ensayos en un suelo trumao.

La agricultura nacional y particularmente la de cultivos tradicionales se ve enfrentada en la actualidad a crecientes problemas de competitividad, debido al aumento de los costos de producción, consecuencia del mayor uso de insumos necesarios para obtener altos rendimientos, y a la disminución de los precios de venta de los productos agrícolas (ver artículo en la página 9).

Entre los factores de manejo de los cultivos y praderas, la rotación tiene un rol preponderante, lo cual se relaciona principalmente con la sanidad vegetal. Por otra parte, la alta intensidad de uso del suelo genera cambios en la dinámica nutricional, afectando el equilibrio de los nutrientes esenciales, entre ellos el fósforo, y aumentando la acidificación del suelo, lo cual puede traducirse en factores que generan bajo rendimiento físico e insuficientes utilidades.

## Rotaciones de cultivos

Las rotaciones más utilizadas por los productores agropecuarios del valle regado de la 8ª Región son de dos tipos: a) aquellas que incluyen exclusivamente cultivos y b) aquellas que combinan los cultivos anuales con especies forrajeras. También las praderas permanentes ocupan un alto porcentaje.

Al inicio de cada temporada agrícola los agricultores se enfrentan al dilema de decidir cuáles cultivos y praderas debe-

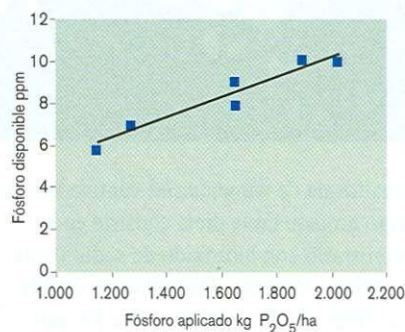
rán utilizar en los programas productivos. La experiencia indica que en esta decisión priman, generalmente, los criterios económicos sobre los técnicos, siendo los más relevantes el valor y la seguridad de venta del producto a la cosecha. Los cultivos y praderas de mayor frecuencia en el área son: remolacha, trigo, porotos (fréjoles), maíz, alfalfa, trébol blanco con ballica y trébol rosado en praderas para consumo directo y corte. Las rotaciones de cultivo o praderas deben estar asociadas a un manejo óptimo económico en el cual las dosis de fertilizantes necesarias se determinan sobre la base de los requerimientos nutricionales de los cultivos o praderas para lograr la producción deseada en los rubros selec-

cionados. Además, debe basarse en los aportes de nutrientes por el suelo, medidos con el análisis de suelo. De esta manera, las cantidades de fertilizantes aplicados —que contienen los nutrientes requeridos— son diferentes entre rotaciones y entre especies presentes en cada una de ellas. Por otra parte, la extracción de nutrientes en las cosechas para un mismo cultivo es diferente, lo cual se relaciona con la producción obtenida.

En el Campo Experimental Santa Rosa del CRI Quilamapu, Chillán, se realiza un ensayo, en un suelo volcánico (trumao) de riego, en que se compara el efecto de seis rotaciones de cultivo sobre la incidencia de enfermedades, rendimiento, calidad de productos y cambios en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. La información que se analiza en este artículo corresponde a la obtenida durante 10 años de conducción del experimento (1991 a 2001), con respecto a los cambios en la disponibilidad de fósforo, acidez del suelo y su efecto en los rendimientos de trigo. Las rotaciones son:

1. Remolacha-trigo-trébol rosado-trébol rosado
2. Remolacha-trigo-poroto-cebada
3. Maíz-trigo-trébol rosado-trébol rosado
4. Maíz-trigo-poroto-cebada
5. Remolacha-trigo-maíz-alfalfa (5 años)

Figura 1. Aumento del fósforo disponible del suelo y su relación con la dosis de fósforo aplicada en diferentes rotaciones de cultivo.



6. Remolacha-trigo-maíz-trébol blanco (5 años)

Las cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O) en kg/ha aplicados anualmente por cultivo en un lapso de diez años se presentan en el cuadro 1.

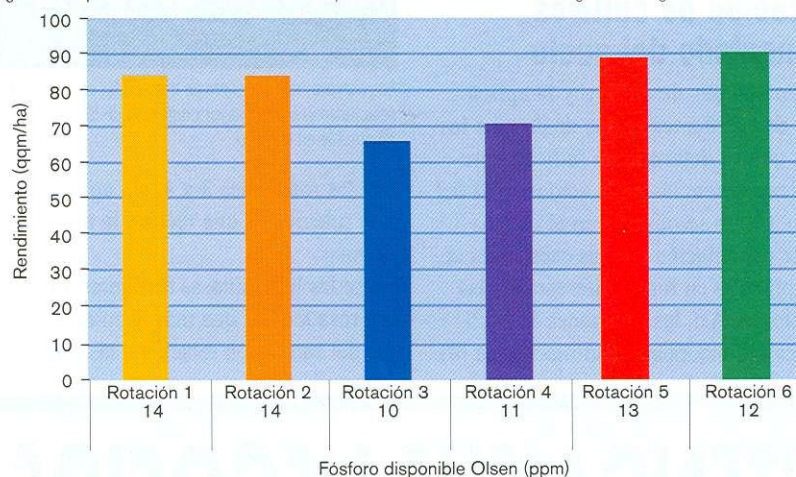
### Fertilización con fósforo y disponibilidad

Está demostrado que el contenido de fósforo del suelo es un factor determinante en el rendimiento y calidad de los productos agropecuarios. Por su característica de inmovilidad permanece en el horizonte superficial del suelo, reaccionando con las arcillas y materia orgánica. Cuando se fertiliza con fósforo, una fracción del elemento aplicado permanece en la fracción disponible del suelo, quedando sujeto a cambios de disponibilidad que no son permanentes y que se miden realizando el análisis químico del suelo. La disponibilidad natural de fósforo de los suelos originados de cenizas volcánicas (trumaos) es baja, por lo tanto la fertilización fosforada de cultivos y praderas contribuye a incrementar estos valores.

En el cuadro 2 se indican las cantidades totales de fósforo aplicados durante diez años a cada rotación, como también el nivel de fósforo disponible al término del año diez. Basándose en estos datos, la figura 1 muestra un incremento constante de 0,46 partes por millón (ppm) de fósforo disponible (P Olsen) cuando se fertiliza con 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, equivalente a 217 kg de superfosfato triple. El fósforo disponible en el suelo al inicio de las rotaciones correspondía a 4 ppm (categoría bajo), el cual, como consecuencia de las fertilizaciones, aumentó en diez años a valores entre 10 y 14 ppm (categoría medio). El incremento del contenido de fósforo del suelo como resultado de la fertilización continuada es lento, y la eficiencia de conversión de fósforo aplicado a fósforo disponible es baja. De acuerdo a los resultados obtenidos, las

Cultivo	kg/ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Remolacha	180	363	98
Trigo	200	150	48
Maíz silo	300	120	120
Alfalfa establecimiento	0	110	54
Alfalfa mantención	0	100	100
Cebada	120	130	60
Trébol rosado establecimiento	0	120	50
Trébol rosado mantención	0	0	50
Trébol blanco-ballica establecimiento	32	110	60
Trébol blanco-ballica mantención	0	100	100
Poroto (fréjol)	0	100	100

Figura 2. Disponibilidad de fósforo en el suelo y relación con el rendimiento de grano de trigo.



rotaciones más intensivas son las que requieren de dosis más elevadas de fosfatos. A la vez, aumentan en mayor medida el fósforo disponible y en consecuencia las dosis óptimas económicas de producción también son menores, con dis-



Maíz 25 días después de la siembra. Este cereal forma parte de cuatro de las rotaciones estudiadas.

minución importante de los costos de producción.

### Rendimiento de trigo

La fertilización del trigo fue igual en todas las rotaciones, por lo tanto las diferencias de rendimiento se asocian con el contenido de fósforo disponible del suelo. Así, el contenido de fósforo en el suelo determinó el rendimiento de trigo en la temporada 2001/02 (figura 2). De acuerdo a ello las menores producciones (65,6 y 70 qqm/ha) de las rotaciones 3 y 4, se relacionan con la menor disponibilidad de fósforo (10 y 11 ppm), y los rendimientos mayores de las rotaciones 1; 2; 5 y 6, con el mayor contenido de fósforo disponible del suelo.

### Efectos sobre el pH del suelo

La producción agropecuaria intensiva induce cambios en la acidez o pH del suelo. Produce acidificación debido a

Rotación	1	2	3	4	5	6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicado en 10 años (kg)	1.901	2.026	1.151	857	1.651	1.651
Fósforo Olsen disponible (ppm)	14	14	10	11	13	12

la pérdida de cationes (iones con carga positiva) de intercambio, generada por las cosechas, por la aplicación de fertilizantes amoniacales y por la lixiviación desde el perfil del suelo. Por otra parte, las leguminosas forrajeras extraen una considerable cantidad de dichos cationes y contribuyen también a la acidificación del suelo, que en muchos casos puede llegar a niveles que restringen el buen desarrollo de las plantas. También con el aumento de la acidez se reduce el fósforo disponible en el suelo, proceso que es reversible cuando se encala.

### Rotación de cultivos y encalado del suelo

Las rotaciones de cultivo y la aplicación de encalantes en las dosis y en los años que se determinan, indican apreciables diferencias en la acidez (pH) del suelo. Como se observa en el cuadro 3, existe una relación con las cantidades de cal aplicadas en forma diferencial a las rotaciones. Así, las rotaciones 1; 2 y 5 mostraron una menor disminución de pH

Rotación	1	2	3	4	5	6
pH inicial	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
pH final	6,0	6,2	5,4	5,8	5,9	5,8
Cambio unidades	-0,2	0	-0,8	-0,4	-0,3	-0,4
Cal aplicada (kg/ha)	4.000	4.000	0	0	4.000	2.000



Los mayores rendimientos de trigo en las rotaciones se relacionaron con el mayor contenido de fósforo disponible en el suelo.

que las rotaciones 3 y 4, sin aplicación, y la rotación 6, que recibió la mitad de la dosis.

Entre las leguminosas forrajeras, el trébol rosado es el que más disminuye el pH del suelo, con relación a las rotacio-

nes que incluyen sólo cultivos, lo cual se observa al comparar las rotaciones 1 y 2, o las rotaciones 3 y 4.

Luego, para neutralizar la acidez del suelo es necesario considerar aplicaciones de cal cada tres o cuatro años en las dosis que se recomiendan de acuerdo a los valores de pH y a la capacidad tampón del suelo.

Resumiendo, el manejo y la conservación de la fertilidad del suelo son de primordial importancia en el tiempo para conservar la sustentabilidad de los suelos y la producción de alimentos. Para que ello se cumpla se debe hacer el manejo adecuado que considere la rotación de cultivos, la fertilización equilibrada y las prácticas de enmienda (encalado). ▲

# MANTENGA SUS NEGOCIOS EN TIERRA FIRME

## LA SOLUCION EN DRENAJE FLEXADREN

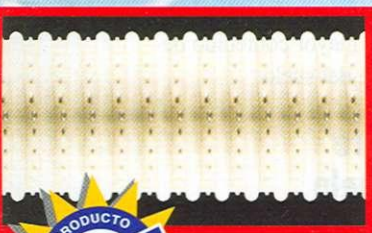
Otro Producto de Calidad

**PETROFLEX**  
SOCIEDAD ANONIMA



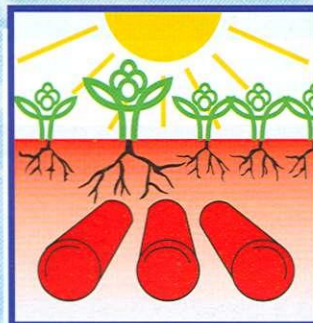
#### Características:

- Larga duración en el subsuelo. No lo atacan roedores ni termitas.
- Muy flexible. Se adapta al terreno.
- Sus perforaciones en forma "ojo de puente" permiten el libre paso del agua, pero evitan el taponamiento con tierra.
- No necesita envolvente de mallas, ni aspilleras.



**TOP-DREN Y TOP-SAN**

En □ 300 - 400 - 600 y 800 m/m.



#### Aplicaciones:

##### Drenaje agrícola:

- Sitúa el nivel freático a la profundidad óptima según cultivo.
- Para recuperar vegas o terrenos inundados
- Evita cortes en potreros por desagües

##### Drenaje en obras hidráulicas:

- Nuevos regadíos • Saneamientos de terrenos • Presas, etc.

##### Conducciones de aguas (sin perforar):

- Alcantarillados • Riego • Encauzamiento (acequias)
- Encofrados • Aligeramientos de estructuras
- Reiling y recuperación de colectores.

Asesoría e Información Técnica:

e-mail: [ventas@petroflex.cl](mailto:ventas@petroflex.cl)

[www.petroflex.cl](http://www.petroflex.cl)

**PETROFLEX**  
SOCIEDAD ANONIMA