El objetivo es identificar las deficiencias, toxicidades o desequilibrios de los nutrientes

El análisis foliar como método de diagnóstico de la nutrición mineral

El uso de los análisis foliares se basa en la premisa de que la concentración de un elemento en la planta está directamente relacionado con la cantidad en que ese nutriente se encuentra en el suelo. Pero, a menudo, los análisis foliares no son capaces por sí solos de suministrar toda la información y necesitan apoyo de otros diagnósticos. Aunque la composición de la planta está influida por la composición del suelo, la correcta interpretación del análisis de la planta da información de los requerimientos de la planta y no del suelo, y viceversa. El análisis foliar apoya la información derivada del análisis del suelo y puede aumentar la lista de nutrientes que haya que estudiar de forma más simple. Análisis de suelo y planta suministran información diferente y deben complementarse para explicar y solucionar los problemas de la nutrición y de la fertilidad de los suelos.

La composición mineral de las plantas depende de muchos factores: de la planta o especie de que se trate, de la edad y de la parte de la planta analizada, del clima y estación en que se realice el muestreo y del suministro de nutrientes del suelo. Además, la concentración de un elemento determinado está muy influida por el balance de los nutrientes: una cantidad muy abundante o muy pequeña de un determinado elemento puede influir en la concentración de otro nutriente. Esta variabilidad de la composición mineral representa la mayor dificultad de interpretación de los análisis foliares. Sin embargo, el conocimiento de la composición mineral de la planta tiene diferentes y variadas aplicaciones. Entre ellas destacamos las siguientes:

Tabla 1
COMPOSICION MINERAL DE LOS ALIMENTOS

	Ovejas de engorde	Vacas de leche
Calcio (Ca)	0,29 %	0,44
Fósforo (P)	0,20	0,32
Sodio (Na)	0,09	0,12
Cloro (Cl)	0,10	0,24
Magnesio (Mg)	0,12	0,19
Potasio (K)	0,36	0,58
Azufre (S)	0,14	0,18
Hierro (Fe)	30,00 ppm	40,00
Manganeso (Mn)	25	25
Cobre (Cu)	5-10	7-10
Zinc (Zn)	25	25
Cobalto (Co)	0,11	0,09
Selenio (Se)	0,03	0,03

FUENTE: 'Mineral Nutrition of Farm Animals'.

IÑAKI CERRAJERIA

1.- Aplicaciones de diagnóstico: El objetivo es identificar las deficiencias, toxicidades o desequilibrios de nutrientes.

2.- Control de cultivos: Los muestreos sistemáticos para revisar el estado nutricional de los cultivos representan una de las funciones más importantes del análisis foliar. Un muestreo local, por ejemplo, pue-

de indicar el efecto que han tenido los programas de fertilización sobre la composición de las plantas; o permite detectar posibles deficiencias o tendencias subclínicas que no muestran sintomatología.

3.- Predicción de los requerimientos de fertilizantes: El uso indiscriminado del análisis foliar con objeto de conocer el nivel de nutrientes aporta muy poca información. Sólo cuando los análisis de planta se desarrollan en conexión con tratamientos calibrados en ensayos de campo o laboratorio se pueden convertir en una herramienta útil. Actualmente, los análisis foliares, como base de las recomendaciones de abonado, se usan en cultivos de larga duración (árboles frutales, vid y forestales).

4.- Salud animal: Los análisis de planta nos pueden ayudar a identificar deficiencias o excesos en la nutrición animal. Sin embargo, hay que tener mucho cuidado a la hora de interpretar los datos, pues la relación entre la composición mineral del alimento y el *status* mineral del ganado es muy débil.

MARTA

La aplicación de fósforo es imprescindible para asegurar la implantación de la pradera. En la foto, ensayo en Bedia. (Bizkaia)

Relación entre la concentración de nutrientes y la producción

La relación entre la concentración de los nutrientes y la producción de las plantas es la base de los sistemas desarrollados para diagnosticar el estado nutricional de éstas a través del análisis foliar. La relación más frecuente entre la producción y la concentración mineral es la que aparece en la figura 1.

Esta relación comprende tres partes: una ascendente, en la que la producción aumenta a medida que aumenta la concentración de nutriente en el tejido; otra zona en la que la producción no está limitada por la concentración, y una parte descendente en la cual la producción disminuye al aumentar la concentración.

A partir de esta relación surgió el concepto de concentración crítica de nutriente, como un valor de referencia con el que comparar la planta que hay que diagnosticar. La concentración crítica de nutrientes se ha definido de muchas formas; entre ellas, como «la concentración de un nutriente que es justo deficiente por el máximo crecimiento»; o «la que separa la zona de deficiencia de la de suficiencia». Estas definiciones indican que la concentración crítica de nutrientes es un punto único o una única frontera entre plantas deficientes y no deficientes. Sin embargo, se ha demostrado experimentalmente que es un rango muy estrecho de concentraciones de nutrientes, por encima del cual la planta está suficientemente provista de nutrientes, y por debajo del cual la planta está deficiente.

La variabilidad de la concentración mineral y el efecto de los numerosos factores climáticos, físicos y biológicos sobre el nivel de nutrientes en los tejidos es otra de las razones que apoyan la idea de considerar el nivel de nutrientes más que como un rango.

Esta misma variabilidad es el mayor inconveniente del uso de los niveles o rangos de nutrientes. Su aplicación requiere el muestreo de un tejido de la misma edad fisiológica o de la misma parte de la planta de la que se han obtenido los valores críticos.

Análisis de hierba

En el caso de la hierba, son dos las razones fundamentales para determinar su composición mineral. Por un lado, sirve para comprobar el estado nutricional de la pradera; y por otro, se determina el valor nutricional para el consumo de los animales.

Aunque casi todos los nutrientes son necesarios para las plantas y animales, las concentraciones mínimas requeridas por ambos son diferentes. Las plantas contienen cantidades de nitrógeno, potasio y azufre superiores a las requeridas por los animales; inversamente, las concentraciones de calcio y zinc adecuadas para las plantas no los son para los animales. Nutrientes como selenio, yodo, sodio y cobalto son más importantes para los animales que para las planta, mientras que boro y molibdeno son más importantes para las plantas.

El control de cultivos es una de las bases del análisis foliar.

MARTA

Deficiencia de fósforo en trébol blanco. Puede observarse el color púrpura-violado de las hojas.

Figura 1
RELACION ENTRE LA PRODUCCION Y LA COMPOSICION MINERAL. NIVEL CRITICO DE NUTRIENTES

Concentración crítica es aquélla en la cual el crecimiento o producción representan una cantidad predeterminada del máximo (normalmente el 90%-95% de la máxima producción). Este valor se sitúa dentro del rango marginal.

FUENTE: Elaboración propia.

El desarrollo y productividad de los animales depende del suministro adecuado de elementos minerales. En la tabla 1 se presentan los valores estimados de las concentraciones minerales del alimento necesarias para asegurar un suministro adecuado, siempre que la ingestión y asimilación de los nutrientes sea normal y adecuada. Estos valores son sólo aproximaciones. Los animales pueden obtener nutrientes de otras fuentes, como la contaminación por suelo; también otros factores pueden influir en la disponibilidad de los nutrientes. La cantidad de alimento y, por lo tanto, de minerales consumidos es más importante que la concentración de los minerales en el alimento (ver tabla 1).

A medida que aumenta la intensificación de la producción herbácea, los requerimientos de los animales no se pueden considerar sin contemplar la composición mineral. Desde este punto de vista, el análisis foliar puede ser una herramienta útil de diagnóstico para el establecimiento de las recomendaciones de abonado. Pero hay que tener en cuenta dos factores que, en el caso de las praderas, están intrínsecamente relacionados: los requerimientos de los animales y el efecto del balance gramínea-leguminosa sobre la composición mineral.

Ensayo de fertilización fosfórica en Bedia

Vamos a describir las respuestas productivas a la fertilización fosfórica y su relación con la composición mineral. Para ello utilizamos los datos de un ensayo de fertilización desarrollado en la localidad vizcaína de Bedia.

Se trata de un ensayo establecido en un monte transformado a pasto, a 300 metros de altitud, sobre suelo de areniscas con textura franco arcillo-limosa, con un pH inicial muy bajo (4,5) y con un nivel de fertilidad también muy bajo para el fósforo (0,47 ppm) y bajo para el potasio.

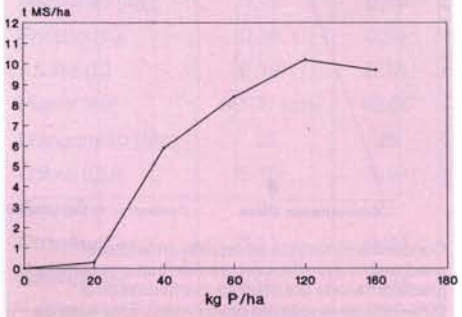
Se estableció una pradera de *raigras* inglés y trébol blanco (variedades *Taptoe* y *Huia*, respectivamente). Los tratamientos aplicados fueron: seis niveles de fósforo (0, 20, 40, 80, 120 y 160 kg P/ha y tres niveles de potasio (100, 200 y 300 kg K/ha).

El fósforo produjo la respuesta más adecuada. Se obtuvo la máxima producción: 10.213 kg MS/ha con la aplicación de 120 kg. P/ha. El 90% de la producción se con-

MARTA

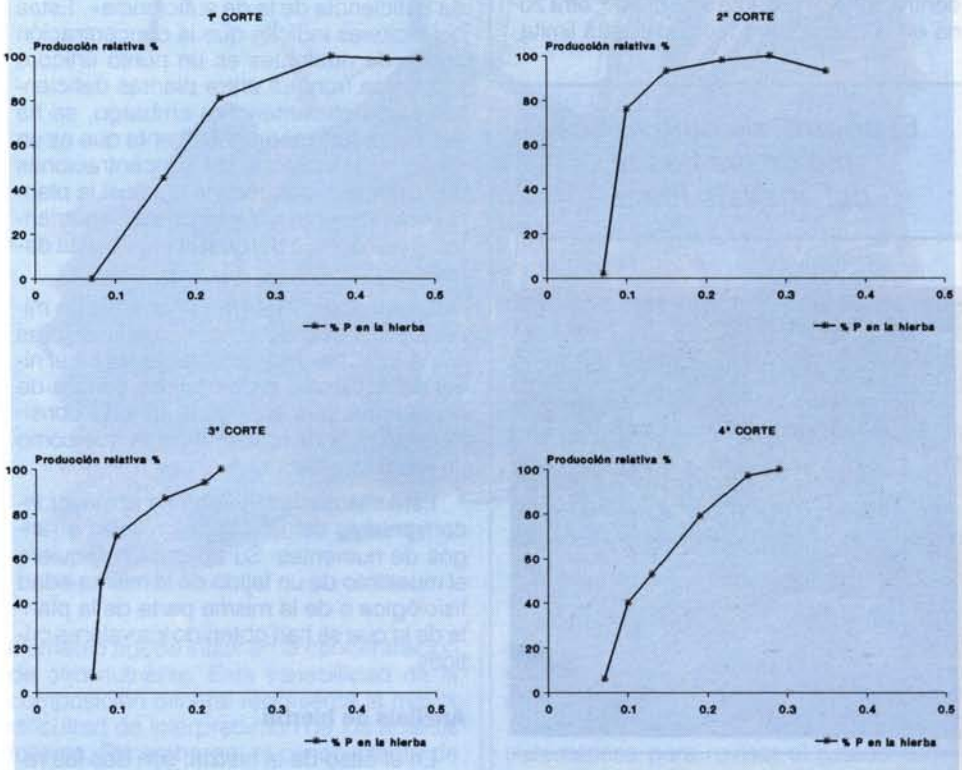
Deficiencia de potasio en trébol blanco. Los puntos blancos que se extienden sobre las hojas son característicos de la falta de potasio en las leguminosas.

Figura 2
RESPUESTA PRODUCTIVA A LA APLICACION DE FOSFORO EN BEDIA (Bizkaia)



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 3
RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE FOSFORO Y LA PRODUCCION PARA LOS CUATRO CORTES DE HIERBA



FUENTE: Elaboración propia.

sigue con la dosis de 80 kg P/ha (ver figura 2); sin embargo, los incrementos productivos mayores se obtienen para las dosis de 20 y 40 kg P/ha (50-100 kg P_2O_5/ha), con valores medios de 250 y 125 kg MS/ha, respectivamente. Estos incrementos disminuyen a medida que aumenta la dosis, y se hacen negativos para la dosis de 160 kg P/ha.

La relación entre la concentración de fósforo y la producción en los distintos cortes aparece representada en la figura 3. En el primer y segundo corte (abril-mayo) la relación entre la concentración de fósforo y la producción es muy característica: con un fuerte ascenso de la producción para valores de fósforo inferiores a 0,2% y con un máximo de producción para valores superiores al 0,3% con una aportación de 80 kg P/ha. La máxima producción para el primer corte se obtiene con una aportación de 80 kg P/ha, y las concentraciones de fósforo en la hierba son más elevadas para las dosis de fósforo menores. En los cortes siguientes el máximo de producción se desplaza a dosis superiores de fósforo; y de la misma forma, las concentraciones de fósforo para las dosis de fertilización más bajas son menores. Las concentraciones de fósforo en el segundo corte son menores que en el primero por el efecto de la dilución, ya que es el corte de mayor producción. El tercer corte (septiembre) es el que presenta concentraciones menores. Esto es un efecto de la maduración, pues se trata del aprovechamiento de verano. Las concentraciones de fósforo, nitrógeno y potasio disminuyen con la maduración, mientras que las de calcio y magnesio ascienden. El cuarto corte (octubre) tiende a comportarse como un nuevo rebrote folioso; las concentraciones ascienden, pero la disponibilidad de los nutrientes en el suelo es menor.

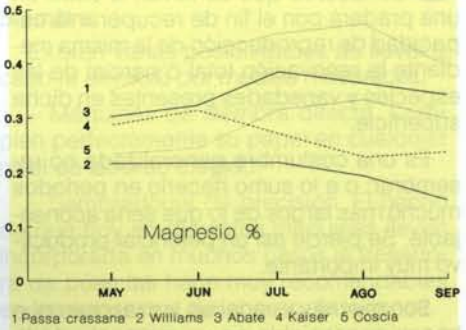
A pesar de las diferencias de las concentraciones entre los cortes, las producciones altas se consiguen en todos ellos cuando la concentración de fósforo se sitúa por encima del 0,2%. Se podría considerar como el rango crítico de nutrientes los valores comprendidos entre el 0,2% - 0,3% de fósforo.

Si consideramos como valores óptimos para las vacas lecheras las concentraciones de fósforo de 3-4 g P/kg MS de forraje, se puede observar que estos valores se consiguen con facilidad a principios de estación; a medida que avanza la temporada, el contenido de fósforo declina. Las aplicaciones fraccionadas de abono comparadas con una sóla aplicación en primavera mejorarían el contenido de fósforo en los pastizales a final de temporada, pero, previsiblemente, no afectarían al contenido de materia seca.

Hay que tener en cuenta que estos datos pertenencen a un sólo año de estudio y son una aproximación, utilizada para exponer lo que la composición mineral –y, por lo tanto, el análisis foliar– pueden aportar en el caso de las praderas.❑

Marta Rodríguez Juliá
Sección de Pastos y Forrajes
Servicio de Investigación y Mejora Agraria (SIMA)
Derio (Bizkaia)

Figura 4
VARIACION DE LA CONCENTRACION DE MAGNESIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE PERA



FUENTE: Elaboración propia.

Análisis foliar en frutales de Bizkaia

El análisis foliar, como una técnica más para mejorar la fertilización y la producción en fruticultura, es un medio que adquiere cada vez más importancia, dadas las mejores técnicas utilizadas y el mayor grado de profesionalidad existente en el sector.

Para utilizar correctamente los análisis hay que partir de unas premisas básicas:

– La forma, momento de muestreo, elección de planta, parte de la planta y número de hojas, así como las condiciones en que la muestra es enviada al laboratorio. Todo ello es de suma importancia, pues las cantidades de nutrientes en las hojas no son constantes en los diferentes momentos de su desarrollo. Para poder recomendar según una concentración estándar o valor de referencia, es necesario que los análisis que se comparan sean de la misma variedad y del mismo estado de desarrollo, es decir, que la muestra y el valor de referencia estén tomados en las mismas condiciones.

En la figura 4 se muestran, para cinco variedades diferentes de perales, las variaciones que presenta la concentración de magnesio en la hoja a lo largo de la estación. Se observa cómo las concentraciones cambian según la variedad y el momento.

– Las condiciones climáticas y edafológicas son determinantes en la marcha de las explotaciones, y por ello también se han de tener en cuenta a la hora de evaluar los análisis.

Según estas premisas, y tras la puesta a punto de las técnicas de análisis foliares en el Servicio de Investigación y Mejora Agraria (SIMA) de Derio, se ha planteado la estrategia para mejorar la producción.

Para empezar esta tarea se han utilizado parcelas de la Diputación Foral de Bizkaia en Zalla: las nuevas explotaciones de pera *conferencia* que se han puesto en marcha a partir del año 1986, con el apoyo del Servicio Agrícola del ente foral y el asesoramiento de la asociación de fruticultores.

Por un lado, el SIMA contrasta los datos encontrados en la bibliografía, y por otro, intenta conseguir, con los datos obtenidos en las explotaciones, las curvas que den los movimientos reales de los elementos minerales en nuestra explotaciones.

Se han obtenido las curvas del primer y segundo año de cultivo para los diferentes minerales analizados. El siguiente paso será la consolidación de las curvas para nuestras características y el estudio de las relaciones de los diferentes elementos minerales.

Actuaciones

Cada año se eligen unas explotaciones de referencia. Con los resultados obtenidos en ellas se ha confeccionado una media de valores de referencia mensuales, de los cuales nos hemos valido para hacer la recomendación de la fertilización.

Las pautas que se han seguido para la recomendación del abonado han sido:

– Referencia de los valores de cada explotación en cada mes con respecto a la media de los valores de referencia mensuales.

– Estudio del suelo sobre el que se ha realizado la plantación.

– Abonados practicados en la explotación en las campañas anteriores y en la presente.

– Evolución del cultivo.

Por el momento, estamos intentando obtener unas pautas de actuación válidas para pera *conferencia*, y en un futuro se harán extensivas a otros cultivos de frutales. Todo ello requiere una continuación en el estudio de los resultados y su tratamiento. con objeto de ofrecer estos servicios en un futuro próximo a todos los fruticultores.❑

Margarita Domingo y Uriarte
Sección de Edafología
Servicio de Investigación y Mejora Agraria (SIMA)
Derio (Bizkaia)