

Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos

Adrián A. Correndo y Fernando O. García*

El análisis vegetal como herramienta de diagnóstico

El análisis de plantas, a veces erróneamente referido como análisis foliar, es una técnica que determina el contenido de los nutrientes en tejidos vegetales de plantas de un cultivo muestreado en un momento o etapa de desarrollo determinados (Munson y Nelson, 1986; Campbell, 2000). Esta herramienta se basa en los mismos principios que el análisis del suelo, asumiendo que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas.

Normalmente, el término análisis de planta se refiere al análisis cuantitativo de laboratorio de los tejidos vegetales recolectados. Sin embargo, también existen metodologías denominadas semicuantitativas, para llevar a cabo a campo, que mediante diferentes pruebas determinan el contenido de nutrientes solubles en savia, como el test de nitratos en jugo de base del tallo en maíz (Blackmer y Mallarino, 1996), u otros métodos indirectos como los que determinan el índice de verdor, un estimador de la clorofila y el estatus nitrogenado (Ferrari et al., 2010). Estos análisis pueden dar una idea del contenido de nutrientes pero no poseen la precisión característica de un análisis de planta. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Las utilidades del análisis vegetal pueden ser diversas tales como:

- Verificar síntomas de deficiencias nutricionales.
- Identificar deficiencias asintomáticas (“hambre oculta”).
- Indicar interacciones entre nutrientes (**Tabla 1**).
- Localizar zonas del lote que se comportan en forma diferente.
- Evaluar el manejo nutricional de los cultivos.

N: nitrógeno, **P:** fósforo, **K:** potasio, **Ca:** calcio, **Mg:** magnesio, **S:** azufre; **B:** boro, **Cl:** cloro, **Cu:** cobre, **Fe:** hierro, **Mn:** manganeso, **Mo:** molibdeno; **Zn:** zinc.

Así, utilizando el análisis de planta para realizar un seguimiento y registro en etapas tempranas del ciclo de los cultivos, el agricultor puede determinar si se requiere o no de tratamientos correctivos de fertilización. Por otra parte, puede ser muy provechoso para el caso de cultivos perennes como alfalfa o en el planeamiento de los futuros cultivos anuales (Aldrich, 1986), determinando en etapas avanzadas del ciclo si los niveles de fertilidad del suelo y los fertilizantes aplicados fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de los cultivos (Jones, 1998).

En el aspecto práctico de esta técnica, la misma comprende una secuencia de procedimientos con igual importancia: muestreo, análisis químico e interpretación.

Muestreo

Es importante considerar que el diagnóstico foliar exige un rigor de muestreo mayor que el del análisis de suelos, debido a que la especie, edad, tipo de tejido (planta entera, vainas, hojas completas, láminas, etc.), momento de muestreo, y el nutriente en cuestión, son variables que afectan la interpretación de los resultados. Así, por ejemplo, intervienen diferentes factores fisiológicos como la movilidad de los nutrientes dentro de la planta: algunos son móviles (como N, K y P), mientras que otros se acumulan a medida que los tejidos maduran y no se removilizan hacia nuevos tejidos (como Ca y Fe).

Para obtener muestras vegetales representativas y comparables, en primer lugar es necesario determinar en qué momento y cuáles son los tejidos vegetales a recolectar. Si bien es cierto que generalmente el tejido foliar es el que mejor refleja el estado nutricional, no se trata de cualquier hoja de la planta: como regla general debemos tomar muestras correspondientes a tejidos similares y en el mismo estado fisiológico a los definidos por la referencia con la cual se compararan los resultados del análisis, es decir siguiendo las instrucciones correspondientes al método de interpretación que se utilizará (**Tabla 2**). Por ejemplo, el tejido utilizado para el análisis del estado nutricional del cultivo de

* IPNI Cono Sur – Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico : acorrendo@ipni.net.

Tabla 1. Efectos comunes del agregado de nutrientes sobre la concentración foliar de otros nutrientes. Adaptado de Malavolta et al. (1997).

Nutrientes agregados	Efecto sobre el tenor foliar												
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
N	+		-	+		-	-						
P		+					-	-	-			+	-
K			+	-	-								
Ca			-	+	-								
Mg		+	-	-	+						-		-
S		-				+		-				-	
B							+						-
Cl						-		+					+
Cu									+	-	-	-	-
Fe									-	+	-		
Mn				-						-	+		-
Mo									-			+	
Zn		-											+

soja corresponde comúnmente al primer trifolio superior maduro, excluyendo el pecíolo, en la época de plena floración (R2; Ritchie et al., 1985), recolectando al menos 30 hojas (García et al., 2009). Los pecíolos son tejidos conectivos que poseen mayores y más variables concentraciones de nutrientes como N, P y K que la lámina de las hojas, lo cual nos puede conducir a errores a la hora de interpretar resultados si se incluyen ambos tejidos en la muestra (Jones, 1998).

Para el caso del maíz, normalmente se toman muestras en el estado fenológico de anthesis (R1, Ritchie et al., 1996). Los valores de referencia utilizados en la interpretación con fines de diagnóstico basados en el nivel crítico para maíz en el período reproductivo, pueden tener en cuenta a distintas hojas: la hoja opuesta e inferior de la espiga (Malavolta et al., 1997), la hoja de la espiga (Voss, 1993; Jones, 1998; Campbell y Plank, 2000b) y la última hoja completamente desarrollada debajo del verticilo en la parte superior de la planta (Jones, 1991). En este sentido, en la Provincia de Entre Ríos (Argentina), Valenzuela y Ariño (2000a) observaron que para ciertos nutrientes (P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mo, y Cu), las concentraciones foliares pueden variar en función de la hoja muestreada (hoja de la espiga o inferior y opuesta). Por ello, cuando comparamos con valores de referencia, es muy importante considerar los procedimientos de muestreo utilizados.

Por otra parte, es necesario dejar en claro un criterio de segregación a la hora del muestreo (Jones, 1998). Así, deberíamos evitar muestrear plantas bajo las siguientes condiciones:

- Largos períodos de estrés climático o nutricional.
- Con daño mecánico o por insectos.
- Afectadas por enfermedad.
- Cubiertas por productos foliares que no pueden ser removidos con facilidad.
- Borduras u hojas sombreadas dentro del canopeo.
- Tejido vegetal muerto.

Finalmente para el acondicionamiento de las muestras recolectadas se recomienda guardar las mismas en bolsas de papel (rotuladas) para favorecer la pérdida de humedad y evitar el deterioro antes de enviarlas al laboratorio (Campbell y Plank, 2000a). La contaminación de las muestras con suelo (polvo, por ejemplo) es una fuente importante de error. En laboratorio, frecuentemente, las muestras deben lavarse cuidadosamente con agua destilada.

Análisis químico

El análisis químico de tejido vegetal tiene como objetivo determinar el contenido de nutrientes, para comparar con los de plantas sin deficiencias

Tabla 2. Detalle de los procedimientos de muestreo para el diagnóstico en tejido foliar de los principales cultivos extensivos.

Cultivo	Momento de muestreo	Tejido de la planta	Muestras ha ⁻¹	Referencias
Trigo	Emergencia - Macollaje	Planta entera, corte a 2.5 cm a ras de suelo	30	1, 2, 3, 4
	Encañazón - Inicios de floración	Hojas 1 a 4 desde el ápice	30-50	
Cebada	Emergencia de espiga	Planta entera (parte aérea)	30-50	1, 2, 4
Arroz	Macollaje - Inicio panojamiento floración	Hoja más joven completamente desarrollada hoja bandera	25-50	1, 2, 5
Maíz	V3-V4	Planta entera	15-30	1, 2, 3, 6
	Emergencia de estigmas	Hoja de la espiga u hoja opuesta y debajo de la espiga	15-30	
Sorgo	Inicios de macollaje	Hojas del tercio medio	30	1, 2, 8, 9
	Vegetativo o previo a panojado	Primer hoja madura desde el ápice	15-30	
	Floración	Hoja 2 desde el ápice	15-30	
Soja	Etapa vegetativa	Primer hoja madura desde del ápice, sin pecíolo	30-50	1, 2, 3, 10
	Plena floración – Inicio de formación de vainas		30-50	
Colza	Previo a floración	Lámina de la hoja más recientemente madura	30	11
Girasol	Inicios de floración	Hojas del tercio superior	30	1, 2, 12
Alfalfa	Primer floración	10-15 cm superiores	15-30	1, 3, 13
Algodón	Inicios de floración	Limbo de hojas adyacentes a las flores	30	1, 2, 14
Papa	A 30 cm de altura	Hoja superior desarrollada, sin pecíolo	30-50	1, 15, 16
	Llenado de tubérculos	Pecíolo de la cuarta hoja superior desarrollada	50-60	
Caña de azúcar	4 meses post-brotación	Hoja +3; hoja +1 = con 1er. lígula (región de inserción de la vaina madre), tercio medio excluyendo nervadura principal	20-30 por tallo uniforme	2, 17, 18

Referencias: 1) Jones, 1998; 2) Malavolta et al., 1997; 3) Jones, 1991; 4) Plank y Donahue, 2000; 5) Dobermann y Fairhurst, 2000; 6) Campbell y Plank, 2000b; 7) Voss, 1993; 8) Clark, 1993; 9) Cox y Unruh, 2000; 10) Sabbe et al., 2000; 11) Plank y Tucker, 2000; 12) Merrien et al., 1986; 13) Plank, 2000; 14) Mitchell y Baker, 2000; 15) Ulrich, 1993; 16) Westermann, 1993; 17) Gascho, 2000; 18) Gascho et al., 1993.

nutricionales y, conjuntamente con los resultados del análisis de suelo, recomendar mejores prescripciones de fertilización. Una vez que las muestras representativas han sido recolectadas del campo, se envían al laboratorio para proceder al análisis químico. Los resultados de los análisis de macronutrientes se expresan, generalmente en g kg⁻¹ de materia seca o en unidades de porcentaje relativas al peso seco, en tanto que los micronutrientes se expresan en mg kg⁻¹ (equivalente a ppm), también en relación al peso seco.

Interpretación

Existen varias metodologías para la interpretación de los resultados de los análisis vegetales. De manera general, se establecen diferentes categorías de contenido de nutrientes en tejido vegetal (Figura 1):

- A) *Zona de deficiencia severa*, la curva en "C" donde la producción aumenta, pero el nivel de nutrientes en tejido disminuye, se denomina efecto de Steenbjerg (Steenbjerg, 1954). Esto ocurre cuando la tasa de producción de materia seca es mayor que la velocidad de absorción o de transporte del elemento hacia el tejido foliar, causando su dilución.
- B) *Zona de ajuste*, solo en esta parte de la curva se observa la relación entre el nivel foliar y el crecimiento o la producción. A menudo existe una relación lineal entre el aumento de la concentración foliar y la producción.
- C) *Zona de suficiencia*, generalmente es una banda estrecha debajo de la cual la producción decrece fuertemente debido a la falta de un nutriente. Aquí se encuentra el llamado "nivel crítico inferior" o simplemente nivel crítico, que corresponde generalmente a tenores de nutrientes asociados con una intensidad máxima de procesos fisiológicos definidos, tales como la actividad fotosintética (Malavolta et al., 1997).
- D) *Zona de consumo de lujo*, es más ancha en el caso

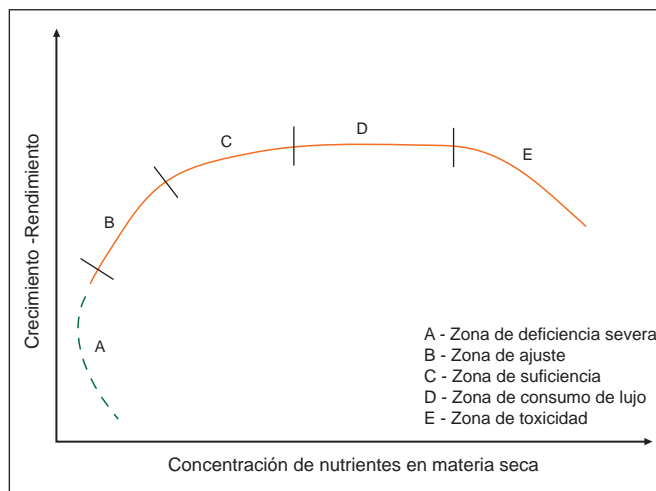


Figura 1. Relación general entre el crecimiento y/o rendimiento y el contenido de nutrientes en tejido vegetal. Adaptado de Jones (1998).

de los macronutrientes como K, y mucho más estrecha en otros casos, como con B. El nivel foliar aumenta, mientras que la producción permanece constante, por lo que hay un desperdicio de nutrientes.

- E) *Zona de toxicidad*, el nivel del nutriente aumenta aún más y la producción disminuye, ya sea como consecuencia de un efecto tóxico del elemento o como resultado del desbalance entre los elementos (Walworth y Sumner, 1987).

Los análisis que detectan valores en los rangos de bajo a deficiente, pueden estar asociados a síntomas visibles de deficiencias y/o rendimientos reducidos. Por el contrario, análisis foliares en los rangos altos o de exceso, se asocian a consumos de lujo o a situaciones de toxicidad que conducen potencialmente a bajos rendimientos o mala calidad de los productos cosechados (Melgar et al., 2011).

El diagnóstico foliar basado en el nivel crítico es uno de los criterios más difundidos de interpretación del análisis de plantas y requiere que la concentración de nutrientes sea comparada con valores estándares para

Tabla 3. Guía general para el criterio de rangos: niveles críticos (deficiencia), de suficiencia, y tóxicos de los nutrientes vegetales. Adaptado de Bennett (1993).

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- % -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
Nivel crítico	< 2.0	< 0.2	< 1.0	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 10	< 3-5	< 50	< 10-20	< 0.1	< 15-20
Suficiencia	2.0-5.0	0.2-0.5	1.0-5.0	0.1-0.3	0.1-1.0	0.1-0.4	10-100	5-20	50-250	20-300	0.1-0.5	20-100
Toxicidad	No tox.	No tox.	No tox.	No tox.	No tox.	No tox.	> 100	> 20	No tox.	> 300	> 0.5	> 400

^a Los niveles de nutrientes para ciertos cultivos pueden variar hacia niveles más altos, sin toxicidad. Por ejemplo, para crucíferas, el rango de suficiencia para S es de 3 a 5 veces mayor que para cultivos de granos y legumbres.

^b Los nutrientes listados como no tóxicos (No tox.), cuando se encuentran en exceso, pueden causar desbalances y ser perjudiciales para el crecimiento, pero rara vez son tóxicos.

un determinado nutrimento, estado fenológico y órgano establecido (Bates, 1971). Las calibraciones de niveles críticos consideran como tal a la concentración mínima del nutriente con la que se logra 90-95% del rendimiento máximo. Una de las desventajas del criterio de niveles críticos radica en que estos valores pueden variar entre un 25% o más en función de diferentes condiciones.

Una alternativa al nivel crítico es el criterio de “suficiencia o rangos de suficiencia”, que es el más popular y se pretende que los valores foliares no sean inferiores a un nivel considerado como crítico o se sitúen dentro de un rango de suficiencia (**Tablas 3 y 4**). La alternativa de utilizar “rangos” en lugar de niveles críticos se basa en que estos últimos no son valores estrictos de inflexión, y los rangos otorgan ventajas sobre todo en la identificación de deficiencias asintomáticas, que muchas veces pueden encontrarse por encima del nivel crítico (Campbel y Plank, 2000a).

Los rangos de suficiencia indicados en la **Tabla 4**, a modo de guía específica por cultivo, provienen de numerosas referencias que son indicadas al final de este archivo agronómico. Debe considerarse que estos rangos son orientativos ya que agrupan información de diversos autores y no son específicos para distintas regiones y condiciones de cultivos. La información local, en cuanto a rangos críticos de concentración, será siempre de mayor valor en la evaluación del diagnóstico nutricional de las plantas.

Los criterios anteriores, nivel crítico y rangos de suficiencia, dependen del estado fisiológico del muestreo y, por otra parte, no consideran interacciones entre los nutrientes. Una alternativa (no discutida en este escrito) consiste en la llamada metodología DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System), que se basa en establecer relaciones empíricas de cada nutriente con los demás, independientemente del estado fenológico, comparando con una población de referencia a través de un índice (Beaufils, 1973; Elwali et al., 1985). A nivel local existen diversas experiencias en los cultivos de maíz y trigo utilizando este criterio (Ratto de Miguez et al., 1991; Valenzuela y Ariño, 2000b; Landriscini et al., 2001; Hisse et al., 2011a y 2011b).

Implementando el análisis de planta

Las mejores prácticas de manejo (MPM) de la nutrición de cultivos deben considerar los criterios de 4Cs en el manejo de la fertilización: fuente correcta aplicada a la dosis, forma y momento correctos (Bruulsema et al., 2008). Para el agricultor, la cuestión principal radica en la decisión de que herramientas utilizar para tal objetivo, basándose en los aspectos prácticos, en la confiabilidad y, por supuesto, en la rentabilidad. Lo cierto es que no existen recetas universales de

recomendación, y que cada herramienta que incorporemos al manejo es potencialmente útil.

Un método de interés para diagnosticar el estado nutricional mediante el análisis de planta, consiste en la aproximación de cinco pasos descrita por Ulrich y Hills (1967):

1. Diagnóstico visual: comparando síntomas foliares inusuales con aquellos de deficiencias de nutrientes reportados por diversos autores y fuentes. Los síntomas deberían detectarse tan pronto como aparezcan en el cultivo, ya que a medida que nos retrasamos podrían ser más difíciles de identificar debido a la interacción con otros factores del ambiente, así como también se perderá tiempo para corregir las posibles deficiencias.
2. Verificar el diagnóstico visual mediante la comparación de resultados de análisis de tejido vegetal (con y sin síntomas de deficiencias), con los valores críticos para nutrientes reportados en tablas como en la presente nota y otras referencias. Las **Tablas 3 y 4**, a modo orientativo, muestran valores que pueden utilizarse como guía. Para el análisis químico, el muestreo de tejido vegetal debe seguir ciertas normas para la obtención de muestras comparables (**Tabla 2**). Así, por ejemplo, deben ser recolectadas al mismo tiempo, ya que pasado cierto período, las plantas podrían superar los síntomas de deficiencia, por ejemplo, síntomas de deficiencias de P o Zn inducidas por bajas temperaturas del suelo, pueden recuperarse al incrementarse la temperatura edáfica. Además, cuando observamos síntomas que son similares, con el análisis químico podemos distinguir, por ejemplo, quemaduras en las hojas causadas por sequía, de quemaduras causadas por deficiencia de nutrientes como K, o incluso entre deficiencias. El análisis de tejido permitirá verificar si los síntomas han sido identificados correctamente.
3. Fertilización según los requerimientos del cultivo, ya sea a modo de prueba o sobre todo el lote, dejando un área sin fertilizar para la comparación. Cabe aclarar que es válida la consideración del momento de fertilización, que es variable según la logística del productor.
4. Confirmar mediante la toma de muestras de tejido foliar, luego de un evento de lluvia o riego que haya sido suficiente, para asegurar que el fertilizante agregado fue efectivamente absorbido por las plantas y que la deficiencia ha sido corregida.
5. Prevenir las deficiencias nutricionales y pérdidas en el actual y en los próximos cultivos mediante el seguimiento de un programa de análisis de plantas. Un programa sistemático puede ser utilizado no solo para la prevención de deficiencias de

Tabla 4. Rangos de suficiencia¹ de nutrientes en los principales cultivos extensivos.

Referencias	Trigo		Cebada	Arroz	Maíz			Sorgo			Soja	Colza	Girasol	Alfalfa	Algodón	Papa	Caña de azúcar	
	Em-Mac	Enc-Flo	Esp	Mac-Pan	Veg	Flo (*)	Flo(**)	Mac	Veg-Pan	Flo	Veg	Flo	Flo	1° Flo	1° Flo	30 cm	LIT	4 meses Brot
	1, 2, 3, 4		1, 2, 4	1, 2, 5	1, 2, 3, 6, 7	1, 2, 8, 9			1, 2, 3, 10			11	1, 2, 12	1, 3, 13	1, 2, 14	1, 15, 16	2, 17, 18	
Momento	Em-Mac	Enc-Flo	Esp	Mac-Pan	Veg	Flo (*)	Flo(**)	Mac	Veg-Pan	Flo	Veg	Flo	Flo	1° Flo	1° Flo	30 cm	LIT	4 meses Brot
Macronutrientes, %																		
N	4.0-5.0	1.75-3.3	1.2-1.7	2.6-4.8	3.0-5.0	2.75-3.25	2.7-4.0	1.3-1.5	3.0-4.0	2.5-4.0	3.5-5.5	3.25-5.5	4.0-6.4	3.0-5.0	3.5-4.5	3.0-4.0	¶1.5-2.0	1.9-2.6
P	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5	0.1-0.4	0.3-0.8	0.25-0.35	0.20-0.50	0.4-0.8	0.2-0.4	0.2-0.35	0.30-0.60	0.26-0.60	0.42-0.69	0.3-0.7	0.25-0.70	0.25-1.25	0.2-2.0	0.20-0.30
K	2.5-5.0	1.5-3.0	1.5-3.0	1.0-3.5	2.0-5.0	1.75-2.25	1.7-3.0	2.5-3.0	2	1.4	1.7-2.5	1.5-2.5	3.5-5.1	2.0-4.5	1.4-3.0	1.5-8.0	8.0	1.0-1.6
S	0.15-0.65	0.4	0.15-0.40	0.15-0.30	0.15-0.40	0.15-0.20	0.1-0.6	0.08-0.10	sd	0.15	sd	0.20-0.60	0.65-0.90	0.3-0.8	0.25-0.50	0.1-0.3	0.2	0.25-0.30
Ca	0.2-1.0	0.21-1.4	0.30-1.2	0.2-4.0	0.25-1.6	0.25-0.40	0.2-1.0	0.4-0.6	0.3-0.6	0.3-0.6	1.1-2.2	0.2-2.0	2.1-3.0	0.8-2.2	1.8-3.0	0.15-2.5	0.6	0.2-1.0
Mg	0.14-1.0	0.16-1.0	0.15-0.50	0.15-0.70	0.3-0.8	0.25-0.40	0.15-1.00	0.4-0.6	0.2-0.5	0.2-0.5	sd	0.25-1.00	0.15-0.62	0.3-1.1	0.25-1.0	0.1-1.0	0.3	0.15-32
Micronutrientes. mg kg⁻¹																		
B	1.5-40	5-20	5-10	6-70	5-25	15-20	4-25	20	1-10	1-15	sd	20-60	25-54	35-100	20-80	20-70	20	4-50
Cu	4.5-15	5-50	5-25	7-20	5-25	6-20	5-25	10	2-15	2-12	sd	4-30	5-25	10-50	8-40	5-15	4	4-10
Fe	30-200	21-200	21-200	75-300	30-300	50-250	11-300	200	75-200	50-250	sd	21-350	>100	80-300	50-350	50-400	50	50-500
Mn	20-150	16-200	25-150	40-800	20-160	50-150	15-200	100	8-100	8-150	sd	20-100	30-250	25-600	20-150	40-350	40	12-250
Mo	0.1-2.0	0.4-5.0	0.1-2.0	0.4-1.0	0.1-2.0	0.15-0.20	0.15-0.20	sd	sd	0.15-0.30	sd	0.5-1.0	sd	0.1-0.3	0.35-1.5	0.2-0.5	sd	0.15-0.30
Zn	18-70	20-70	15-70	18-50	20-50	15-50	15-100	20	12-100	12-100	sd	15-80	33-49	30-140	10-80	20-150	25	16-50

* Hoja opuesta debajo de la espiga.

** Hoja de la espiga. ¶ N de nitratos. Abreviaciones: Em: emergencia, Mac: macollaje, Veg: vegetativo, Enc: encañazón, Flo: floración, Pan: panajamiento, LIT: llenado de tubérculos, sd: sin dato.

1 Los valores de suficiencia de nutrientes se corresponden con los procedimientos de muestreo detallados en la Tabla 2.

Referencias: 1) Jones, 1998; 2) Malavolta et al., 1997; 3) Jones, 1991; 4) Plank y Donahue, 2000; 5) Dobermann y Fairhurst, 2000; 6) Campbell y Plank, 2000b; 7) Voss, 1993; 8) Clark, 1993; 9) Cox y Unruh, 2000; 10) Sabbe et al., 2000; 11) Plank y Tucker, 2000; 12) Merriën et al., 1986; 13) Plank, 2000; 14) Mitchell y Baker, 2000; 15) Ulrich, 1993; 16) Westermann, 1993; 17) Gascho, 2000; 18) Gascho et al., 1993.

nutrientes, sino también para prevenir la sobre-fertilización. Agregar nutrientes (sobre todo móviles como N) como un seguro, cuando la oferta de nutrientes del suelo ya es adecuada para el cultivo, no es solo antieconómico sino que trae aparejado consecuencias ambientales negativas. Por otra parte, el agregado en exceso de un nutriente en particular puede ocasionar ciertos desbalances sobre otros nutrientes en las plantas (Tabla 1).

Consideraciones finales

El análisis vegetal provee información útil, pero no ilimitada. En un contexto de herramientas tecnológicas de precisión para la agricultura, la práctica del análisis de planta puede ser de mucha utilidad a la hora de diagnosticar a nuestros cultivos y sus necesidades, pero es importante tener en cuenta que no reemplaza al análisis de suelo y a otras herramientas, sino que funcionan de manera complementaria. De la misma manera, debe considerarse la necesidad de realizar un muestreo correcto y representativo, tanto de suelo como de planta. Así, el éxito de esta herramienta en nuestros diagnósticos se verá reforzado en la medida que tengamos caracterizadas las propiedades físico-químicas del suelo y diferenciados los ambientes en que producimos, así como también, en la medida que conozcamos y aprovechemos las MPMs de fertilización para corregir deficiencias nutricionales.

Bibliografía

- Aldrich, S.R. 1986. Plant Analysis: Problems and Opportunities. En: Walsh L.M. y J.D. Beaton (Eds.). Soil Testing and Plant Analysis. 6th Ed. SSSAJ. Madison, Wisconsin, USA: 213-222.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil Science* 112:116-129.
- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Soil Science Bulletin* No.1. University of Natal. Pietermaritzburg, South Africa.
- Bennett, W.F. 1993. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. En: Bennett W.F. 1993. Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 1-7.
- Blackmer, A.M., y A.P. Mallarino. 1996. Cornstalk testing to evaluate nitrogen management. Publ. PM-1584. Department of Agronomy, Iowa State University, Ames, Iowa, USA. Disponible en: <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1584.pdf>
- Bruulsema, T., C. Witt, F. García, S. Li, T.N. Rao, F. Chen, y S. Ivanova. 2008. A Global Framework for Fertilizer BMPs. *Better Crops* 92(2):13-15. IPNI. Norcross, GA. USA.
- Campbell, C.R. 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Campbell, C.R., y C.O. Plank. 2000a. Foundation for practical application of plant analysis. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Campbell, C.R., y C.O. Plank. 2000b. Reference sufficiency ranges, field crops: Corn. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Clark, R.B. 1993. Sorghum. En: Bennett W.F. 1993. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. En: Bennett W.F. 1993. Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 21-26.
- Cox, F.R., y L. Unruh. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Grain Sorghum. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Dobermann, A., y T. Fairhurst. 2000. Arroz: Desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes. PPI-PPIC-IRRI. 214 p.
- Elwali, A.M.O, G.J. Gascho, y M.E. Sumner. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. *Agron. J.* 77 : 506-508.
- Ferrari, M., H. Castellarín, H.R. Saiz Rozas, H.S. Vivas, R.J.M. Melchiori, y V. Gudelj. 2010. Evaluación de métodos de diagnóstico de fertilidad nitrogenada para el cultivo de trigo en la región pampeana. Actas CD-rom. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. El Suelo: Pilar de la agroindustria en la pampa argentina, Rosario, Santa Fe, AACs.
- García, F.O., I.A. Ciampitti, y H.E. Baigorri. 2009. Manual de Manejo del Cultivo de Soja. 1ra. Ed. IPNI Cono Sur. Acaassuso, Buenos Aires. 190 pp.
- Gascho, G.J. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Sugarcane. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Gascho, G.J., D.L. Anderson, y J.E. 1993. Sugarcane. En: Bennett W.F. 1993. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. En: Bennett W.F. 1993. Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 37-42.
- Hisse, I.R., S.E. Ratto, S. Díaz Valdéz, y M. González. 2011a. Contenido foliar de nutrientes en hojas de maíz RR en diferentes ambientes y con distintas estrategias de fertilización: I. Macroelementos. En: García F.O. y A.A. Correndo (Eds.). La Nutrición de

- Cultivos Integrada al Sistema de Producción. Actas Simposio Fertilidad 2011. 18 y 19 de Mayo de 2011. Rosario, Santa Fe, Argentina. IPNI Cono Sur – Fertilizar AC: 255-258.
- Hisse, I.R., S.E. Ratto, S. Díaz Valdéz, y M. González. 2011b. Contenido foliar de nutrientes en hojas de maíz RR en diferentes ambientes y con distintas estrategias de fertilización: I. Microelementos. En: García F.O. y A.A. Correndo (Eds.). La Nutrición de Cultivos Integrada al Sistema de Producción. Actas Simposio Fertilidad 2011. 18 y 19 de Mayo de 2011. Rosario, Santa Fe, Argentina. IPNI Cono Sur – Fertilizar AC: 259-262.
- Jones, Jr. J.B. 1991. Plant Tissue Analysis in Micronutrients. En: Mortvedt J.J. (Ed). SSSA Book Series No. 4: Micronutrients in agriculture. SSSA. Madison. Wisconsin. USA : 477-521.
- Jones, Jr. J.B. 1998. Plant Nutrition Manual. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA. 149 pp.
- Landriscini, M.R., J. Galantini, y R. Rosell. 2001. Aplicación de la metodología DRIS al cultivo de trigo en la región semiárida pampeana. *Informaciones Agronómicas* 12:6-11.
- Malavolta, E., G.C. Vitti, y S.A. de Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2da Ed.. rev e atual. POTAFOS. Piracicaba-SP. 319 pp.
- Melgar, R., G. Vitti, y V. de Melo Benites. 2011. Fertilizando para altos rendimientos. Soja en Latinoamérica. *IIP Boletín* No. 20. 179 p.
- Merrien, A., G. Arjaure, y C. Maisonneuve. 1986. Besoins en elements minéraux (majeurs, mineurs et oligo-éléments) chez le tournesol dans les conditions francaises. *Informations Techniques CETIOM* 95:8-19.
- Mitchell, C.C., y W.H. Baker. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Cotton. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Munson, R.D., y W.L. Nelson. 1986. Principles and Practices in Plant Analysis. En: Walsh L.M. y J.D. Beaton (Eds.). *Soil Testing and Plant Analysis*. 6th Ed. SSSAJ. Madison, Wisconsin, USA: 223-248.
- Plank, C.O. 2000. Reference sufficiency ranges forage and hay crops: Alfalfa. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Plank, C.O., y Tucker M.R. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Canola. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Plank, C.O., y S.J. Donohue. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Small Grains. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Ratto de Miguez, S.E., M.C. Lamas, y E. Chamorro. 1991. Análisis foliar en el cultivo de maíz I. *Revista Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires*. 12:23-38.
- Ritchie, S.W., J.J. Hanway, y H.E. Thompson. 1996. Como se desarrolla una planta de maíz. Reporte Especial No. 48. Coop. Ext. Serv. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. Traducida al español por IPNI Cono Sur (Octubre 2003).
- Ritchie S., J. Hanway, H. Thompson y O. Garren. 1985. Como se desarrolla una planta de soja. Reporte Especial No. 53. Coop. Ext. Service. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. Traducida al español por IPNI Cono Sur (Octubre 2003).
- Sabbe, W.E., G.M. Lessman, y P.F. Bell. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Soybean. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- Steenjberg, F. 1954. Weathering of minerals as indicated by plants. *J. Soil Sci.* 5: 205-213.
- Ulrich A. 1993. Potato. En: Bennett W.F. 1993. *Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms*. En: Bennett W.F. 1993. *Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants*. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 149-156.
- Ulrich, A., y F.J. Hills. 1967. Principles and practices of plant analysis. In: *Soil testing and plant analysis*. Part II. *Soil Sci. Soc. of Am. Special publication series No. 2*. Madison, WI, USA.
- Valenzuela, O.R., y P.A. Ariño. 2000a. Concentración de nutrimentos en distintas hojas del cultivo de maíz. Actas CD. XVII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Valenzuela, O.R., y P.A. Ariño. 2000b. Evaluación del estado nutricional del cultivo de maíz a través del diagnóstico foliar. Actas CD. XVII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Voss, R.D. 1993. Corn. En: Bennett W.F. 1993. *Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms*. En: Bennett W.F. 1993. *Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants*. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 11-14.
- Walworth, J.L., y M.E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendations Integrated System (DRIS). En: *Advances in Soil Science*, Vol. 6. Stewart B.A. (Ed.). Springer-Verlag. NY, USA: 149-188.
- Westermann, D.T. 1993. Fertility management. En: Rowe R.C. (Ed.). *Potato health management*. Plant health management series. APS Press. Minnesota, USA: 77-86. □