



SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS)

HERRAMIENTA PARA LA
INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FOLIAR

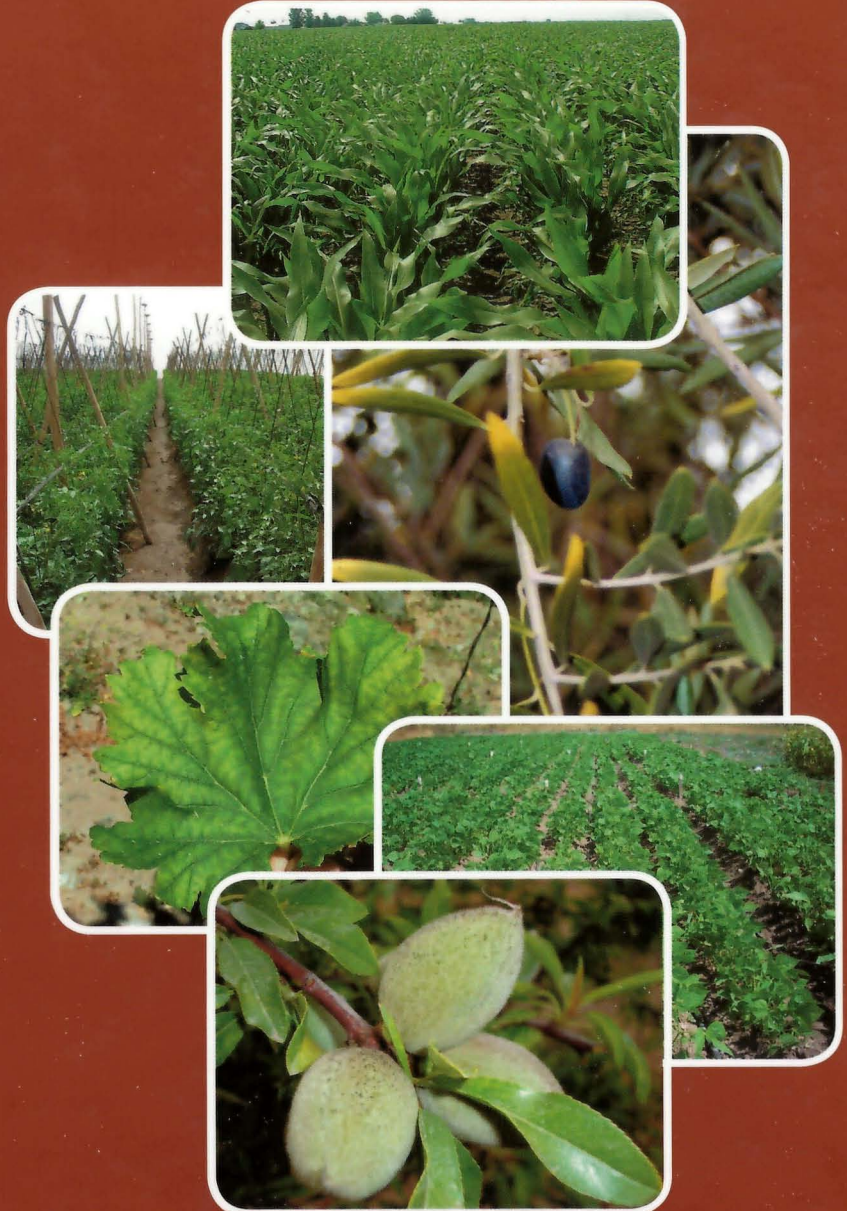
UNIVERSIDAD
DE CHILE

SERIE
CIENCIAS
AGRONÓMICAS

Nº 19, 2011

Editores

Erika Kania K.
Rodrigo Callejas R.



UNIVERSIDAD DE CHILE
SERIE CIENCIAS AGRONÓMICAS N° 19/2011

SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS)

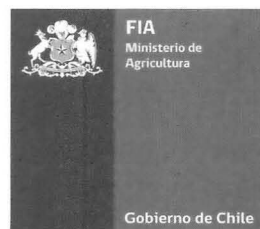
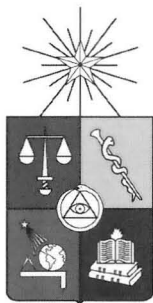
Herramienta para la interpretación
del análisis foliar

Editores

Erika Kania K.
Rodrigo Callejas R.

Comité Asesor

Gabino Reginato M.
Bruno Razeto M.
Víctor García de Cortázar G.



Santiago - Chile, 2011

E. Kania K.
R. Callejas R.

SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS)
HERRAMIENTA PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FOLIAR
Santiago, Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas, 2011. Serie Ciencias Agronómicas N° 19
68 páginas

Financiamiento:
Fundación para la Innovación Agraria. Proyecto Est-2009-0033

SERIE ISBN: 978-956-19-0363-0
LIBRO ISBN: 978-956-19-0735-5
R.P.I.: 202.634

Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola
Universidad de Chile
Casilla 1004, Santa Rosa 11.315, La Pintana, Santiago
e-mails: ekania@uchile.cl - rcalleja@uchile.cl

Edición 800 ejemplares
Diseño y Diagramación: Marcela Bustamante Salgado
Impreso en Salesianos Impresores S. A.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
LOS SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN.....	13
1. Sistema del Nivel Crítico (CVA) y Sistema del Rango de Suficiencia (SRA).....	13
2. Desviación del Óptimo Porcentual (DOP).....	15
3. Balance del Nutriente Evolutivo (ENB).....	16
4. Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS).....	18
4.1. Aspectos generales.....	18
4.2. Interpretación del tipo de expresión de los análisis foliares.....	19
4.3. Concentración de nutrientes y edad de las hojas.....	20
4.4. Banco de datos foliares.....	23
4.5. Criterios para dividir la población de bajos y altos rendimientos.....	24
4.6. Selección de las normas DRIS.....	24
4.7. Cálculo de los índices DRIS.....	28
4.8. Universalidad de las normas DRIS.....	35
5. Sistema de Diagnóstico de Composición Nutricional (CND).....	35
COMENTARIOS FINALES.....	37
LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE.....	63

PRÓLOGO

La presente publicación tiene por objetivo presentar la información disponible en la literatura respecto de nuevas alternativas de interpretación de los análisis foliares y de tejido, de manera de proporcionar a productores, profesionales e investigadores del área agrícola, nuevas herramientas de toma de decisiones en las labores de fertilización.

La nutrición mineral y la fertilización son factores importantes en la producción agrícola y especies forestales. El estatus nutricional se evalúa a través de los análisis foliares, existiendo diferentes sistemas para interpretarlos: el Nivel Crítico (CVA), el Rango de Suficiencia (SRA), la Desviación del Óptimo Porcentual (DOP), el Balance del Nutriente Evolutivo (ENB), la Interpretación de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y el Diagnóstico de Composición Nutricional (CND). Este trabajo permitió recopilar, analizar y discutir la información disponible en investigaciones científicas, con énfasis en el método DRIS, revelando que puede convertirse en una eficaz herramienta para la interpretación de los análisis foliares.

El lector podrá profundizar y entender las diversas posibilidades de interpretación, ordenadas por temas, que se utilizan actualmente en el ámbito agronómico, promoviendo en profesionales especializados el interés por generar normas y validar su eficacia a nivel nacional.

Para los alumnos de agronomía, le permitirá introducirse en una de las principales temáticas que deberán enfrentar en su trabajo profesional conociendo herramientas factibles de ser implementadas a nivel de campo.

Agradecemos especialmente a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) por la ayuda financiera prestada en la edición de esta publicación, enmarcada en el estudio “Uso eficiente de los fertilizantes en la fruticultura chilena, aplicando nuevas técnicas interpretativas del análisis foliar” (código Est-2009-0033), al Centro Regional de Estudios Agronómicos de la Universidad de Chile (UCHILECREA) por su apoyo en la ejecución de actividades, así como al Comité Asesor de la Universidad de Chile, integrada por los profesores Ing. Agr. Mg. Sc. Gabino Reginato M., Ing. Agr. M.S. Bruno Razeto M. y al Dr. Ing. Agr. Víctor García de Cortázar por sus valiosos aportes al manuscrito.

Los Editores

INTRODUCCIÓN

El término “análisis foliar” se refiere al análisis cuantitativo de los nutrientes minerales en el tejido vegetal y se basa en el hecho que la hoja es el órgano metabólicamente más activo en la planta, por lo que las alteraciones nutricionales afectan más a la hoja que a otros órganos (Kenworthy, 1967).

Dada la naturaleza dinámica de la composición de la hoja, que es fuertemente influenciada por su edad, así como por la interacción entre los nutrientes, el diagnóstico foliar ha sido una práctica de difícil entendimiento y utilización (Walworth y Sumner, 1987).

Evaluar el estado nutricional consiste en realizar una comparación entre una muestra de la planta y un patrón o estándar de comparación, el cual ha sido denominado “norma”. Las normas son definidas como los contenidos de nutrientes en la planta o conjunto de plantas “normales”, desde el punto de vista nutricional. Se definen como plantas “normales” a aquellas que, teniendo en sus tejidos todos los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, son de alta producción y presentan una apariencia externa sana. La razón de esta definición parte del hecho que las plantas bajo condiciones anormales (limitantes) no pueden expresar su óptimo potencial productivo. Dicho en otras palabras, altos niveles de producción sólo pueden conseguirse cuando todos los factores que determinen la productividad, entre ellos los factores nutricionales, se encuentren en condiciones normales (Andrew, 1968; Beaufils, 1973; Weeb, 1972).

Marschner (1995) señala que se requieren estándares para regiones y localidades, ya que existirían diferentes niveles óptimos para cada elemento, dependiendo de la situación en que se encuentre el cultivo. Es por eso que las “normas foliares” son aceptadas, pero con algunas reservas, principalmente porque en muchos casos no representan adecuadamente la realidad a nivel de campo.

La interpretación de los resultados analíticos de nutrientes se puede realizar por medio de una simple comparación entre la concentración de un elemento y su norma, métodos denominados estáticos. Entre ellos se encuentran el Sistema del Nivel Crítico (Critical Value Approach, CVA) (Bates, 1971), el Sistema del Rango de Suficiencia (Sufficiency Range Approach, SRA; o también llamado Critical Nutrient Range, CNR), el Sistema de Desviación del Óptimo Porcentual (Deviation from Optimum Percentage, DOP) (Montañes *et al.*, 1991; Montañes *et al.*, 1993; Montañes *et al.*, 1995) y el Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo (Evolutive Nutrient Balance, ENB) (Carpena y Carpena, 1982). Otros métodos usan relaciones entre dos elementos o incluso relaciones multicomponentes (métodos dinámicos), entre los que se encuentran el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System, DRIS) (Beaufils, 1973; Sumner, 1977a; Sumner, 1977c; Sumner, 1977e; Sumner, 1982; Sumner, 1985 y Walworth y Sumner, 1987) y el Diagnóstico de Composición Nutricional (Compositional Nutrient Diagnosis, CND) (Parent y Dafir, 1992; Parent *et al.*, 1993; Parent *et al.*, 1994a; Khiari *et al.*, 2001a; Khiari *et al.*, 2001b; Khiari *et al.*, 2001c). Considerando que los sistemas DRIS y CND utilizan el concepto de balance nutricional (relación entre los nutrientes), se presume que ellos debieran ser más representativos que los tradicionales en la detección de deficiencias o excesos nutricionales.

En la actualidad, el estudio nutricional de las plantas en Chile se ve enfrentado a los siguientes problemas: inexistencia de estudios sistemáticos para la determinación de estándares foliares locales para cada especie y/o variedad, por lo que las decisiones de fertilización se realizan comparando las muestras obtenidas con estándares desarrollados bajo otras condiciones edafoclimáticas; las metodologías tradicionales no definen si un nutriente es más limitante que otro, ni definen la magnitud del balance o desbalance nutricional, así como tampoco no toman en

cuenta las interacciones entre los nutrientes; no existe una herramienta práctica y eficiente que permita a los agricultores entender y usar los datos de los análisis tradicionales; no existen buenas correlaciones entre el potencial productivo, entendiéndose éste como rendimiento por ha y desarrollo vegetativo, y los resultados de los análisis foliares tradicionales; y no se han desarrollado, ni validado nuevas metodologías de interpretación de los análisis foliares, que sí están siendo utilizadas en otros países.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue recopilar, analizar y discutir la información disponible en investigaciones científicas de sistemas de interpretación de los análisis foliares, con énfasis en el método del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS).

LOS SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN

1. Sistema del Nivel Crítico (CVA) y Sistema del Rango de Suficiencia (SRA)

Se denomina concentración crítica a aquella concentración, bajo la cual se ve afectada la producción o el crecimiento, o bajo la cual pueden aparecer síntomas de carencia. El diagnóstico mediante el Nivel Crítico (Bates, 1971), se basa en la comparación individual de la concentración foliar del nutriente en la muestra, contra un valor aceptado de normalidad en un estado fenológico específico. Por encima de ese valor, la planta tendría cantidades suficientes del nutriente y por debajo no. En el método del Rango de Suficiencia, método más empleado en Chile, la comparación se hace incluyendo el dato obtenido en el análisis, en un intervalo predeterminado de carencia, normalidad o exceso del nutriente, tal como se especifica en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1

Ejemplo de interpretación nutricional basada en el sistema del Rango de Suficiencia, utilizando las normas de contenidos de pecíolos en plena flor para vid 'Thompson Seedless' (Christensen, 1969)

Especie: vid 'Thompson Seedless'								
Época: plena flor								
Tejido: pecíolo								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Zn
	%					mg · kg ⁻¹		
Concentración del nutriente en la muestra	1,25	0,56	3,50	1,10	0,43	100	55	58,50
Rangos de: carencia	< 0,80	< 0,20	< 2	< 1,25	< 0,30	< 25	< 30	< 25
normalidad	0,8-1,2	0,2-0,5	2-2,5	1,25-2,5	0,3-0,8	25-150	30-75	25-50
exceso	> 1,20	> 0,50	> 2,50	> 2,50	> 0,80	> 150	> 75	> 50
Diagnóstico	elevado	elevado	elevado	carente	normal	normal	normal	elevado

El uso del Nivel Crítico o del Rango de Suficiencia para la evaluación del estatus nutricional es cuestionable, puesto que no define si la deficiencia y/o exceso de un determinado elemento es aguda o no, ni tampoco si un determinado nutriente es más deficiente que otro (Baldock y Schulte, 1996). Por otra parte, ambos sistemas no consideran las posibles interacciones entre los nutrientes.

La composición foliar, generalmente es expresada respecto del contenido de un elemento en relación con la materia seca. Diversos autores, Andrew (1968), Beaufils (1973) y Kenworthy (1967), señalan que esta forma de expresión depende de la edad fisiológica del tejido estudiado. Además, el contenido foliar de un nutriente está influenciado por el efecto de la dilución o concentración causada por la variación en la cantidad de materia seca (Jarrel y Beverly, 1981). Por lo tanto, a la hora de realizar las interpretaciones debe ejercerse un riguroso control en la recolección de las muestras, de manera de asegurar que éstas sean de la misma edad fisiológica que los patrones contra los cuales se comparan los resultados analíticos (Beaufils, 1973; Beaufils y Sumner 1976). Por lo mismo, Sumner (1979) señala que debido a la naturaleza dinámica de la composición foliar, el proceso de diagnóstico debe tratarse como un ejercicio complejo y no limitarse a la simple comparación del resultado analítico de cada nutriente contra el valor crítico o contra el rango de suficiencia correspondiente.

Una importante limitación de los métodos del Nivel Crítico y del Rango de Suficiencia radica en el hecho que, en la mayoría de los cultivos anuales y especies frutales, la edad fisiológica de la hoja bajo la cual están estandarizadas las normas, en la mayoría de los casos, ocurre muy tarde en la época de crecimiento de las plantas, época en que una aplicación de fertilizante quizás ya no será efectiva para corregir un problema nutricional (Walworth y Sumner, 1987).

2. Desviación del Óptimo Porcentual (DOP)

El índice DOP es definido como el porcentaje en que un nutriente se desvía de un valor de referencia o norma (Montañés *et al.*, 1991). De esta manera, permite una clasificación u ordenamiento de los nutrientes en función de su efecto limitante. La sumatoria de los valores absolutos de los índices representa el balance nutritivo total de la planta, como se especifica en el **Cuadro 2**.

El índice DOP es calculado aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{IN-DOP} = ((C \cdot 100) / C \text{ ref}) - 100 \quad (1)$$

Donde:

- C : concentración del nutriente en la muestra
- C ref : valor de norma suficiente para el nutriente

Cuadro 2

*Ejemplo de interpretación nutricional basada en el sistema DOP, utilizando las normas de contenidos de hojas de 7 a 8 meses de edad de brotes vegetativos para cítricos (Legaz *et al.*, 1995)*

Especie: cítricos					
Época: hojas de 7 a 8 meses de edad de brotes vegetativos					
Tejido: hojas					
	N	P	K	Ca	Mg
	%				
Concentración del nutriente en la muestra (C)	1,80	0,22	0,80	6,50	0,15
Norma suficiente (C ref)	2,60	0,15	0,86	4,00	0,35
Diagnóstico (IN - DOP)	-31	47	-7	63	-57

Cuando un elemento está en su concentración óptima, el índice DOP para este elemento es igual a cero; un valor absoluto alto en el índice DOP indica mayor desviación de la situación óptima; un valor negativo indica deficiencia del elemento y, por el contrario, un valor positivo

indica exceso (Montañés *et al.*, 1993). El mismo autor señala que se ha usado el sistema DOP satisfactoriamente en diferentes cultivos, tales como: duraznero, soya, trigo, sorgo y maíz.

Una de las principales desventajas que presenta este método es que, al igual que el Sistema del Nivel Crítico y el del Rango de Suficiencia, no toma en cuenta la variabilidad de las concentraciones de los nutrientes con el envejecimiento de las hojas, ni las relaciones entre los nutrientes. Por lo tanto, es solamente aplicable al estado fenológico en el cual fueron desarrolladas las normas foliares.

3. Balance del Nutriente Evolutivo (ENB)

Si para un lote de plantas de un mismo cultivo, fisiológicamente normales y sometidas a una nutrición adecuada, se determinan los niveles foliares de todos los elementos a lo largo de un ciclo, se obtendrán los probables intervalos de normalidad. Así es posible, establecer un “modelo foliar” característico de cada especie e, incluso, de cada variedad (Carpena y Carpena, 1982). El Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo, propuesto por Carpena y Carpena, no presenta normas concretas, sino que propone el cálculo de rangos de normalidad a lo largo del ciclo del cultivo tal como se puede apreciar en el ejemplo de la **Figura 1**.

Los autores de esta metodología indican que ha permitido aumentos de la producción, en virtud de dos razones: a) posibilidad de poder establecer a priori durante la temporada la política de fertilización más conveniente, y b) mejor conocimiento de los efectos antagónicos o competitivos de los nutrientes.

En resumen, el Balance de Nutriente Evolutivo significa una mejor aproximación a la realidad, ya que el concepto del nivel crítico aplica criterios estáticos a un proceso esencialmente dinámico y no considera las interacciones de los elementos esenciales implicados; de ahí las diferencias encontradas en la bibliografía para los niveles críticos de una misma especie. El Balance de Nutriente Evolutivo constituye, en cierto modo, la “huella

dactilar" de cada elemento y su examen revela la pauta de comportamiento en todos los momentos fisiológicos (Carpena y Carpena, 1982).

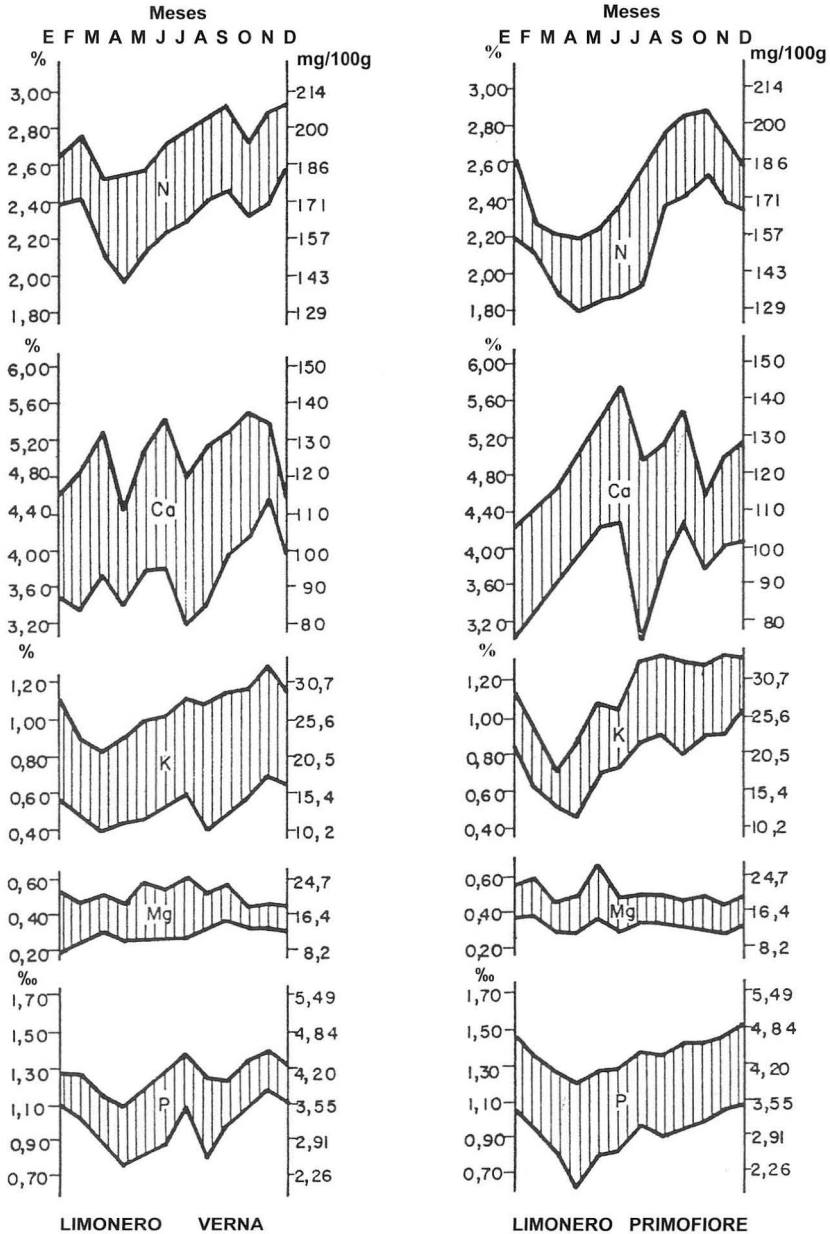


Figura 1

Ejemplo de las normas de interpretación basada en el sistema del Balance del Nutriente Evolutivo para hojas de limonero 'Verna' y 'Primofiore', España (Carpena y Carpena, 1982)

4. Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)

El método DRIS utiliza los análisis foliares para determinar cuál es el nutriente más limitante en un sistema productivo. La evaluación se realiza mediante la comparación del balance relativo del contenido de un nutriente contra normas de diagnóstico nutricional DRIS establecidas para ese cultivo, bajo condiciones de alto rendimiento.

Este sistema fue propuesto originalmente por Beaufils (1973), a partir de trabajos sobre fisiología y nutrición vegetal, primero con el cultivo del caucho en Vietnam (Beaufils, 1957) y, posteriormente, con maíz y caña de azúcar en Sudáfrica (Beaufils, 1971; Beaufils, 1973; Beaufils y Sumner, 1976; Beaufils y Sumner, 1977).

Sumner (1975, 1977a, 1977b, 1977c, 1977d y 1977e) introdujo el DRIS en EE.UU. en la década de los 70. Posteriormente, diversos autores han generado normas de diagnóstico para una gran variedad de cultivos extensivos, cultivos forrajeros, especies frutales, hortalizas y especies forestales. En la actualidad, está siendo usado por diversos investigadores, muchos de los cuales han desarrollado sus propias normas. En el Apéndice (cuadros 4, 5, 6, 7 y 8) se presentan algunas de las especies que cuentan con normas de diagnóstico, indicando los trabajos de investigación publicados al respecto.

A pesar que internacionalmente el DRIS se ha utilizado en forma creciente, en Chile el desarrollo de normas DRIS tiene antecedentes escasos, habiéndose desarrollado normas preliminares para la uva de mesa (Galleguillos, 2005; Galleguillos *et al.*, 2005; Kania *et al.*, 2008).

4.1. Aspectos generales

Las bases teóricas del DRIS están fundadas en que: a) Las relaciones entre nutrientes son frecuentemente mejores indicadores de la situación nutricional que valores aislados de nutrientes, b) algunas relaciones de nutrientes son más importantes o significativas que otras, c) las producciones

máximas son solamente alcanzadas cuando las relaciones entre nutrientes están cercanas a un valor óptimo, las que son obtenidas de la selección de una población de altos rendimientos, d) como consecuencia de lo indicado en c), la varianza de una relación de nutrientes es menor en una población de altos rendimientos (población de referencia), que en una de bajos rendimientos, y las relaciones entre las varianzas de la población de alto y bajo rendimiento pueden utilizarse en la selección de las normas y e) se pueden calcular índices DRIS individuales para cada nutriente, siendo cero el valor ideal para este índice (Walworth y Sumner, 1987).

4.2. Interpretación del tipo de expresión de los análisis foliares

La concentración de un elemento en las hojas, por ejemplo, porcentaje de N, consiste simplemente en la relación entre la cantidad de N en el tejido y la cantidad de materia seca (M.S.) (Walworth *et al.*, 1986b; Walworth y Sumner, 1988), es decir:

$$\%N = 100 \times N / M.S. \quad (2)$$

Por otra parte, una relación entre nutrientes, por ejemplo N/P, consiste en la relación entre esos dos nutrientes, con referencia a la materia seca, lo cual puede expresarse aplicando la siguiente fórmula, expresión en la cual los valores de M.S. pueden cancelarse:

$$N / P = 100 N / M.S. / 100 P / M.S. \quad (3)$$

Si se estudia el caso de un análisis en el cual se haya determinado que el contenido de N y la relación N/P están por encima de los valores óptimos; cuando el N es alto, podrían establecerse las siguientes opciones: o hay un exceso de N con relación a un contenido normal de M.S. en el tejido de la planta, o el contenido de materia seca en el tejido de la planta es insuficiente con relación al contenido de N (Walworth y Sumner, 1987).

Si no se cuenta con normas de referencia, es imposible determinar cual de las dos opciones es la correcta. Generalmente se asume que la materia seca

es un valor fijo, lo cual no siempre es verdad, y entonces la inclinación es a favorecer la opción de que existe un exceso de N. Lógicamente, la segunda opción también es posible y ocurre cuando la planta ha absorbido una cantidad de N adecuado para su edad, pero se ha retrasado en la acumulación de materia seca, como consecuencia de una condición desfavorable en cualquier otro factor de crecimiento (Walworth y Sumner, 1987).

4.3. Concentración de nutrientes y edad de las hojas

Uno de los problemas en la interpretación de los análisis de tejidos con propósito de diagnóstico, es el cambio de composición con la edad del tejido muestreado (Sumner, 1985). Diversas investigaciones han llegado a la conclusión que la concentración de los nutrientes (concentración de nutriente / materia seca) cambia marcadamente con el envejecimiento de los tejidos. Aunque pueden existir excepciones, las concentraciones de N, P, K, Zn, Mn, B y S, en distinta magnitud, tienden a decrecer durante el envejecimiento de los tejidos. En contraste, las concentraciones de Ca, Mg y Fe tienden a aumentar (Dow y Roberts, 1982; Melsted *et al.*, 1969; Razeto, 1970; Razeto, 2009; Rominger *et al.*, 1975; Sumner, 1979; Sumner, 1985). Al respecto, Bates (1971) señala que estos cambios en la composición de los tejidos impusieron serias limitaciones al uso del análisis foliar en la década de los 60.

Como alternativa a estas limitaciones, Beaufils (1973) propuso la expresión de las normas de diagnóstico DRIS basado en cuocientes, para reducir el efecto que introduce la edad del tejido muestreado en la interpretación o diagnóstico de un determinado análisis foliar. Señala que, en la medida que la planta madura, los tejidos contienen mayor proporción de materia seca que de humedad y nutrientes y, por consiguiente, al expresar la concentración de nutrientes en función del contenido de materia seca (M.S.), el valor decrece en el tiempo.

Sin embargo, al usar las relaciones entre nutrientes (por ejemplo, para los elementos N, P y K, que disminuyen durante el envejecimiento de

las hojas) elimina el efecto de la M.S. y la relación N/P se vuelve menos dependiente de los cambios en M.S. con la edad (Sumner, 1982; Walworth y Sumner, 1987), por lo que los cuocientes (N/P, N/K y P/K, o sus recíprocos) debieran mantenerse aproximadamente constantes con el tiempo, y por lo que éstas serían las formas de expresión más apropiadas de usar. Análogamente, dado que las concentraciones de Ca y Mg usualmente aumentan con la edad de las hojas, sus cuocientes debieran, de igual manera, producir un valor constante.

Si se analiza el elemento Ca, expresado en porcentaje, usualmente éste aumenta con la edad, pero si su contenido es expresado como su recíproco ($1/\text{Ca}$) su valor disminuye con la edad. De esta manera podría estudiarse mejor su relación con otros elementos que disminuyen con la edad, como por ejemplo, el nitrógeno. De tal forma, la expresión de la relación quedaría $(\text{N}/1)/(1/\text{Ca}) = \text{N} \cdot \text{Ca}$, eliminándose de esa manera el efecto de la divergencia (o del envejecimiento) en la relación entre los elementos, produciendo un valor constante (Sumner, 1982). Estos valores de expresión se mantienen relativamente constantes con la edad de los tejidos, permitiendo una mayor flexibilidad en el momento del muestreo y un período mayor de tiempo para realizar el diagnóstico.

Lo señalado puede verse ilustrado en la **Figura 2**, donde la concentración de N y P en durazneros, expresado como porcentaje de materia seca, cambia rápidamente, cayendo casi en un 50 % de su valor original en 5 meses. Sin embargo, al expresarlos como relación N/P, para el mismo período, sólo decayó en un 10 % de su valor original. Con respecto a las concentraciones de Ca y Mg, éstas aumentaron en alrededor de un 90 y 100 % respectivamente, mientras que la relación Ca/Mg se mantuvo prácticamente constante. El producto $\text{N} \cdot \text{Ca}$ fue también constante, demostrando la utilidad de las expresiones como productos, cuando se relacionan nutrientes que aumentan y disminuyen con la edad de los tejidos (Sumner, 1985).

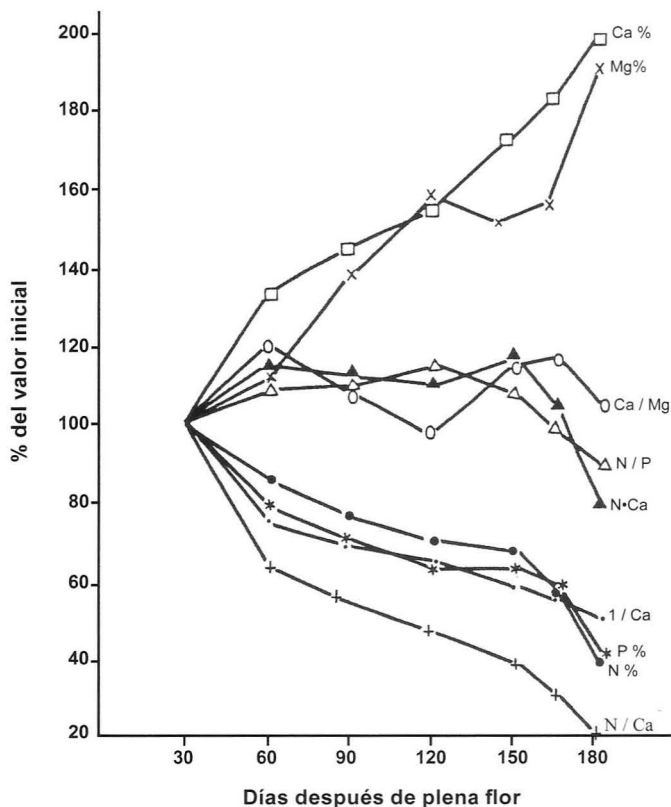


Figura 2

Efecto de la edad de la hoja, a lo largo de la temporada, sobre las diferentes formas de expresión de la composición foliar en durazneros (Sumner, 1985)

Al respecto, Beverly *et al.* (1984) encontró que al diagnosticar el estado de los elementos N, P, K, Ca y Mg en las hojas de naranjo 'Valencia', mediante normas DRIS, utilizando las relaciones entre estos cinco elementos en forma de cuocientes, los índices de los nutrientes fueron afectados por la edad de la hoja. En contraposición, Sumner (1985) analizó la misma base de datos expresando el Ca y Mg como productos con N, P y K (N·Ca en vez de N/Ca o Ca/N, etc.), encontrando que la edad de la hoja no tenía un efecto sustancial en los diagnósticos nutricionales arrojados por el sistema DRIS.

En la práctica, las relaciones entre pares de nutrientes son las más utilizadas. Sin embargo, las ventajas de las expresiones en forma de producto han sido demostradas por Walworth y Sumner (1987). Por tales razones, Sumner (1985) y Walworth y Sumner (1987) concluyen que para obtener una real ventaja de la flexibilidad que ofrece el uso de este sistema de interpretación, debe utilizarse la vía de expresión adecuada de las normas. Por lo tanto, recomiendan escoger la forma de expresión que sea más independiente del envejecimiento de las hojas.

4.4. Banco de datos foliares

El primer paso para la aplicación de cualquier método de diagnóstico nutricional es el establecimiento de estándares o normas, y lo mismo se aplica para el método DRIS. Para el desarrollo de las normas es necesario generar un banco de datos de análisis foliares asociados a rendimientos del cultivo, para dividir la población en dos grupos de productividad, uno correspondiente a los análisis foliares provenientes de cuarteles de alto rendimiento (o también llamada población de referencia) y el otro con los análisis foliares provenientes de cuarteles de bajo rendimiento (Beaufils, 1973; Walworth y Sumner, 1987).

Acumular una gran base de datos es caro y consume tiempo, por lo que éstas son generalmente limitadas de tamaño. Letsch y Sumner (1984) señalan que el tamaño de la base de datos no está relacionado directamente con la calidad de las normas que puede extraerse de ellas, demostrando la validez del procedimiento con pocos datos, como vía alternativa para desarrollar normas representativas, confiables y a muy bajo costo. Letsch y Sumner (1984) demostraron la poca importancia del tamaño de los grupos e indican que las mejores normas son las que tienen un número de observaciones obtenidas al azar, con un límite alto de rendimiento para dividir las dos subpoblaciones (de bajo y alto rendimiento) y que tenga, al menos, un 10 % de observaciones de alto rendimiento. Al respecto, Walworth *et al.* (1988) demostraron que las normas de diagnóstico pueden ser desarrolladas de una población reducida de individuos o de un número

reducido de plantas o unidades experimentales, si éstas están realmente en los topes del rendimiento de ese cultivo.

4.5. Criterios para dividir la población de bajos y altos rendimientos

En el caso del sistema del Nivel Crítico, un valor de referencia de rendimiento es definido arbitrariamente para señalar a la población con altos rendimientos; generalmente se considera el 90 o 95 % del rendimiento máximo y se supone que, excepto el nutriente del caso, los demás están en cantidades suficientes y no excesivas (Ware *et al.*, 1982).

Varias investigaciones han revelado que la selección de la población de referencia es un factor relevante para la eficacia y éxito del sistema DRIS. En el sistema DRIS, Walworth y Sumner (1987) afirman que el límite de referencia para separar las dos subpoblaciones debe ser escogido arbitrariamente y que cada subpoblación debería presentar una distribución normal. Para ello, propusieron considerar la varianza de la proporción de los nutrientes para discriminar entre las dos subpoblaciones, sin embargo, no proponen ningún procedimiento formal para optimizar la partición. Otros autores recomiendan que la población de referencia debiera contener, al menos, el 10 % de las observaciones del total de la base de datos (Letsch y Sumner, 1984).

4.6. Selección de las normas DRIS

Las normas DRIS son las medias de relaciones de nutrientes criteriosamente seleccionadas, con sus respectivas varianzas y coeficientes de variación, de una subpoblación de alta productividad, denominada población de referencia (Letsch, 1985; Walworth y Sumner, 1987). Según la metodología propuesta por Beaufils (1973), se debe calcular, para cada grupo separado

por productividad (subpoblación), la media (X), la varianza (S^2) y el coeficiente de variación (CV), para todos los cuocientes o productos entre pares de nutrientes analizados (por ej.: N/P , P/N o $N \cdot P$).

En el cálculo del DRIS, solamente una expresión es usada como norma (N/P , P/N o $N \cdot P$) para relacionar cada par de nutrientes, y la selección de la expresión se realiza bajo dos criterios: distribución normal y mayor relación de varianzas.

- **Normalidad.** En una distribución normal o Gaussiana el promedio de todos los valores proporciona la mejor estimación del máximo valor esperado (Steel y Torrie, 1980). De acuerdo a lo mencionado por Walworth y Sumner (1987), por medio de un diagnóstico visual, hay que asegurarse que las normas seleccionadas tengan una distribución normal (**Figura 3**) (rendimiento versus el valor de expresión de la norma) ya que, en caso contrario, la media calculada para una relación entre nutrientes (norma DRIS) puede diferir del valor obtenido en caso de máximo rendimiento (**Figura 4a**).

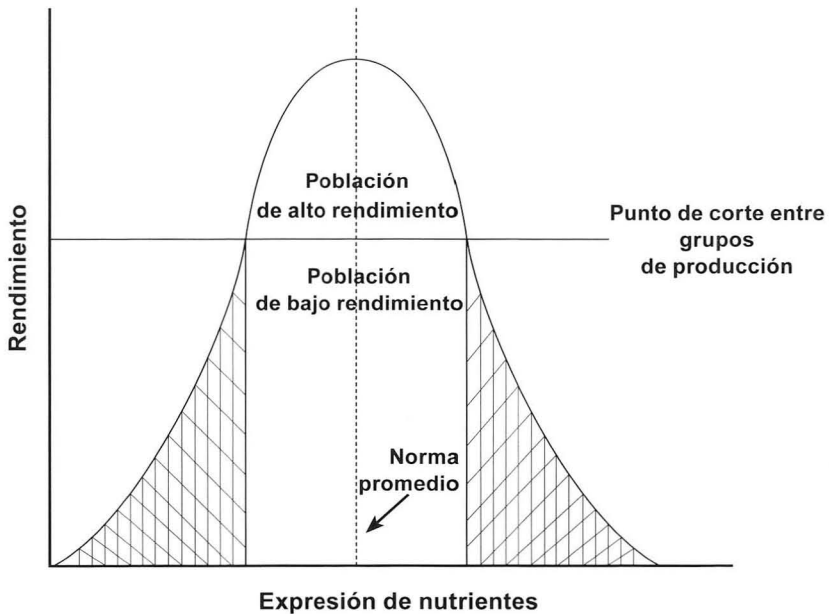


Figura 3

Ilustración esquemática de la derivación de las normas DRIS (Walworth y Sumner, 1987)

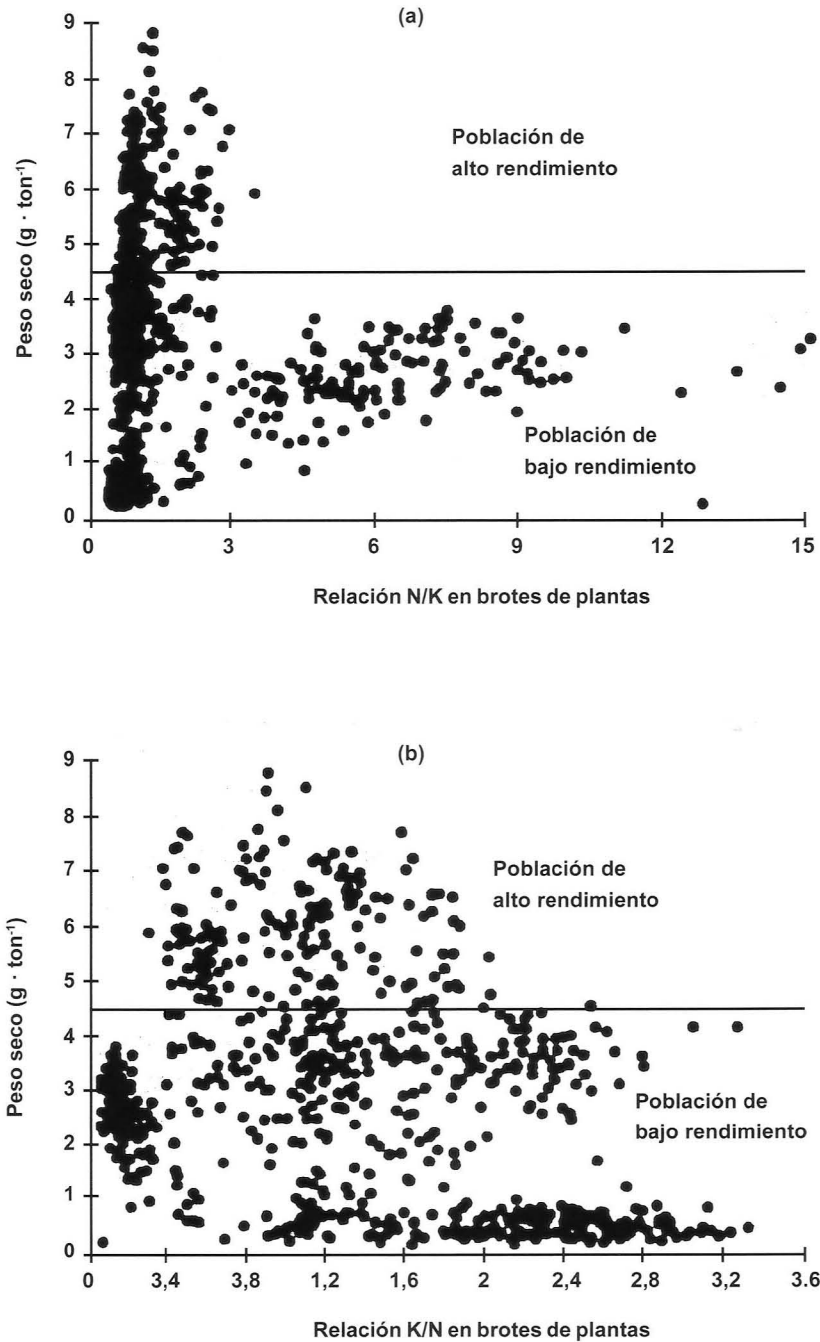


Figura 4

Diagrama de dispersión mostrando a) la relación N/K versus el peso seco con una distribución no normal y b) la relación K/N versus el peso seco con una distribución normal en ballica inglesa (Bailey et al., 1997a)

Cuando un caso cae dentro de una población como la descrita en la **Figura 3**, se puede verificar que: 1) si el valor de la expresión de los nutrientes cae dentro del área no sombreada de la **Figura 3**, entonces, el caso puede pertenecer al grupo de alto o bajo rendimiento. En otras palabras, no hay manera de discriminar entre plantas “equilibradas” y “desequilibradas”, 2) por el contrario, si el valor de la expresión de los nutrientes cae en el área “sombreada”, indiscutiblemente pertenecerá a la región de bajo rendimiento, o población “desequilibrada”. Por lo tanto, es deseable maximizar el área sombreada en el proceso de selección de la expresión, para aumentar la sensibilidad del diagnóstico

- **Mayor relación de varianzas.** Beaufls (1973) propuso que para cada relación de nutrientes (N/P, P/N o N · P), la media y el CV de cada par de nutrientes, que muestre una diferencia estadísticamente significativa en el cociente entre las varianzas del grupo de baja y el de alta productividad (S^2_{baja}/S^2_{alta}) sea seleccionado como norma DRIS. Esto se explica ya que la maximización del área sombreada de la **Figura 3**, se logra comparando la varianza de la población de bajo rendimiento con la varianza de la población de alto rendimiento. Para ello, es ampliamente aceptado que la forma de expresión (N/P, P/N o N · P) seleccionada para realizar los cálculos DRIS es aquella que presente la máxima relación de varianza entre el grupo de baja y alta productividad (Hartz *et al.*, 1998; Payne *et al.*, 1990; Walworth y Sumner, 1987). Según Payne *et al.* (1990), las relaciones entre nutrientes que presenten una mayor relación de varianzas confieren una mayor seguridad para el diagnóstico nutricional, determinando normas DRIS con mayor precisión de predicción (Caldwell *et al.*, 1994), pues maximizan la discriminación entre plantas nutricionalmente “equilibradas” y “desequilibradas (Walworth *et al.*, 1986a, Walworth y Sumner, 1987).

4.7. Cálculo de los índices DRIS

Después del establecimiento de las normas DRIS, la fórmula propuesta por Beaufils (1973) calcula un índice para cada nutriente, denominado IN-DRIS (**Cuadro 3**), que es obtenido de la media de funciones calculadas, tomando las relaciones de todas las parejas de elementos en las que interviene el elemento considerado (Walworth y Summer, 1987).

Cuadro 3

Ejemplo de interpretación nutricional basada en el sistema DRIS, utilizando normas para naranjos 'Valencia' (Beverly et al., 1984) y funciones calculadas con el método propuesto por Beaufils (1973))

Especie: naranjo 'Valencia'											
Época: hojas de brotes de primavera sin fruta											
Tejido: hojas											
		N	P	K	Ca	Mg					
		%									
Concentración del nutriente en la muestra		2,01	0,20	1,10	1,90	0,49					
Relaciones seleccionadas		N/P	K/N	N/Ca	N/Mg	K/P	P/Ca	Mg/P	K/Ca	K/Mg	Mg/Ca
Datos muestra	A/B	10,05	0,55	1,06	4,10	5,50	0,11	2,45	0,58	2,25	0,26
Normas DRIS	<i>Medias (a/b)</i>	19,50	0,26	0,63	8,09	5,07	0,03	2,62	0,17	2,21	0,08
Normas DRIS	<i>C.V (a/b)</i>	9,30	28,80	15,30	28,50	27,10	16,90	32,50	36,20	53,0	24,20
Funciones		-101,10	37,50	44,60	-34,10	3,10	131,90	-2,10	68,10	0,30	87,90
Diagnóstico		N	P	K	Ca	Mg					
IN-DRIS		-32	58	27	-83	30					
IBN-DRIS		230									
Secuencia de carencia a exceso		Ca < N < K < Mg < P									

4.7.1. Cálculo de las funciones

Primeramente, se calculan las relaciones entre los elementos analizados en la muestra (**Cuadro 3**). Posteriormente, se calculan las funciones de los índices DRIS, para lo cual se han planteado tres métodos: el original propuesto por Beaufils (1973), el de Jones (1981) y el de Beaufils (1973) modificado por Elwali y Gascho (1984).

a) El método Beaufls (1973)

Cada "función" corresponde a la comparación de la relación encontrada en la muestra (A/B) con la norma para esa relación (a/b), es decir, las fórmulas usadas para calcular los valores de las funciones dependen del valor de la norma.

Si la relación (A/B) > (a/b) entonces la ecuación utilizada para calcular $f_{A/B}$ es:

$$f_{A/B} = 100 \cdot \left(\frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \cdot \left(\frac{10}{CV\%_{a/b}} \right) \quad (4)$$

Donde:

A : nutriente A

B : nutriente B

$f_{A/B}$: función de relación A/B

A/B : valor de la relación A/B en la muestra

a/b : norma DRIS (valor medio de la relación a/b para el establecimiento de las normas)

$CV_{a/b}$: norma DRIS (coeficiente de variación de la relación a/b para el establecimiento de las normas)

100 : es el denominador del coeficiente de variación, para expresarlo como porcentaje

10 : constante de sensibilidad (k) . Este valor es incluido en el cálculo solamente con fines prácticos, para darle a los índices DRIS resultantes magnitudes convenientes, no teniendo ningún propósito funcional

En el ejemplo del **Cuadro 3**, el valor de la muestra (A/B) es comparado con su norma por división. Si el balance de A/B es óptimo en la planta, entonces (A/B) / (a/b) sería 1, así quedaría ((A/B) / (a/b)) - 1, y por consecuencia $f_{A/B}$ sería igual a cero. Por el contrario, si (A/B) es mayor que la norma (a/b), entonces ((A/B) / (a/b)) - 1 y por consecuencia $f_{A/B}$ sería un número positivo.

Dicho de otra manera, la función para una relación de nutrientes A/B es igual a cero (A/B = 0), cuando la relación de los nutrientes en la muestra es igual a la

norma DRIS, y la función para una relación de nutrientes A/B es mayores a cero ($A/B > 0$), cuando la relación de los nutrientes en la muestra es mayor a la norma DRIS.

Si la relación $(A/B) < (a/b)$ entonces la ecuación utilizada para calcular $f_{A/B}$ es:

$$f_{A/B} = 100 \cdot \left(1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \cdot \left(\frac{10}{CV\%_{a/b}} \right) \quad (5)$$

Por lo tanto $1 - ((a/b) / (A/B))$ y $f_{A/B}$ serían números negativos, es decir la función para una relación de nutrientes A/B es menor a cero ($A/B < 0$), cuando la relación de los nutrientes en la muestra es menor a la norma DRIS.

b) El método de Jones (1981)

Jones (1981) propuso usar la **ecuación 4** en todos los casos para calcular el valor de $f(A/B)$, pues mencionó que la **ecuación 5** sobrestima la desviación de A/B por sobre a/b cuando $A/B < a/b$.

c) El método de Beaufils (1973) modificado por Elwali y Gascho (1984)

Elwali y Gascho (1983, 1984), indican que lo propuesto por Jones (1981) no es válido y proponen una modificación en el cálculo de los índices, que consiste en considerar a dos nutrientes en balance, si la relación de sus concentraciones en la muestra (A/B) esta dentro del rango dado por la media general, más o menos la desviación estándar (SD) de su relación ($a/b \pm SD_{a/b}$).

Si la relación $(A/B) > (a/b) + SD$ de la norma, la ecuación utilizada para calcular $f_{A/B}$ es:

$$f_{A/B} = 100 \cdot \left(\frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \cdot \left(\frac{10}{CV\%_{a/b}} \right) \quad (4)$$

Si la relación $(A/B) < (a/b) - SD$ de la norma, la ecuación utilizada para calcular $f_{A/B}$ es:

$$f_{A/B} = 100 \cdot \left(1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \cdot \left(\frac{10}{CV\%_{a/b}} \right) \quad (5)$$

4.7.2. Cálculo de los índices de nutrientes (IN-DRIS)

Una vez estimada la función de cada relación, se calculan los índices DRIS de los nutrientes involucrados (**Cuadro 3**).

El índice de nutrientes (IN-DRIS) para un elemento cualquiera (ejemplo elemento A) es el promedio de las funciones de las relaciones (A/B, A/C, D/A, etc.) en que esté ese elemento, ya sea en el numerador (A/B, A/C), en cuyo caso el signo de la función se conserva tal cual se calculó, o bien que esté en el denominador (D/A), y en este caso el signo es contrario. Según lo anterior, para Z número de funciones en que entran los elementos desde la A hasta la N, los índices DRIS para A serán:

$$IN-DRIS A(I_A) = \frac{f_{A/B} + f_{A/C} - f_{D/A} \cdots - f_{N/A}}{Z} \quad (6)$$

Donde:

- I_A : índice DRIS para el nutriente A
- $f_{A/B}$: función de relación A/B
- $f_{A/C}$: función de relación A/C
- $f_{D/A}$: función de relación D/A
- $f_{N/A}$: función de relación N/A
- Z : número de funciones en las cuales está el nutriente bajo estudio

Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero, de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance. De esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balances entre todos los nutrientes. Un valor cero en los IN-DRIS representa el punto en el cual el nutriente, en particular, manifiesta las mejores relaciones de balance nutricional dentro de la planta, contra todos los demás elementos bajo diagnóstico. Los IN-DRIS positivos indican un exceso relativo de ese elemento, con relación a los demás elementos, mientras que los IN-DRIS negativos, indican una carencia relativa del elemento con relación a los otros elementos (Beaufils, 1973; Sumner, 1979; Walworth y Sumner, 1987 y Walworth y Sumner, 1988). Mientras más cercano a cero se encuentren los índices, más balanceada se encontrará la planta nutricionalmente (Walworth y Sumner, 1987). Los valores de los IN-DRIS se pueden ordenar de menor a mayor y realizar un diagnóstico del balance nutricional de la planta, estableciendo aquellos elementos más carentes y aquellos más excesivos (**Cuadro 3**).

Es importante advertir, que cada función es ponderada por el recíproco de su respectivo coeficiente de variación (CV). Por ello, la contribución de cada función, en el cálculo de los índices, dependerá del coeficiente de variación (CV) de la norma. Si este coeficiente de variación es bajo, significa que los elementos están bien relacionados fisiológicamente y la función tendrá mucha ponderación en el cálculo de los índices. Por el contrario, si el coeficiente de variación es elevado, ambos elementos tendrán poca relación y su influencia en el índice será mínima (Walworth y Sumner, 1987).

Esto se ve ilustrado en la **Figura 5**, donde el CV de la población de alto rendimiento de la relación A/B es más pequeño que el de la relación A/C. Esto indica que, para que una planta sea “equilibrada”, A/B está críticamente más relacionado a la producción que A/C. Dado que A/B tiene un menor CV, y cada función es ponderada por el recíproco de su CV, A/B contribuirá más en el Índice DRIS A que A/C.

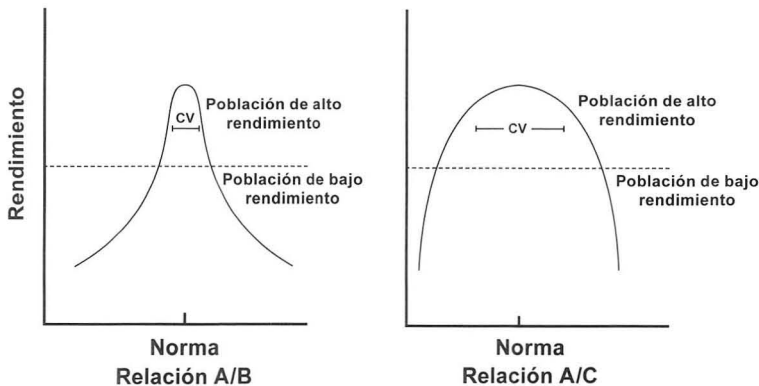


Figura 5

Ilustración esquemática de la relación entre la producción y la expresión del nutriente (Walworth y Sumner, 1987)

La necesidad de dos ecuaciones en el cálculo de las funciones depende de si el cociente de la muestra es más pequeño o más grande que el cociente de la norma. Por ejemplo, la función de A/B ($f_{A/B}$) se utiliza en el cálculo de los índices DRIS para los nutrientes A y B. Cuando se calcula el índice DRIS para A, la función de A/B ($f_{A/B}$) es sumada a las otras funciones antes de realizar el promedio (IN - DRIS A (I_A) = $(f_{A/B} + f_{A/C} + \dots) / Z$). Sin embargo, esta misma función es usada con un signo negativo en el cálculo del índices DRIS para B (IN - DRIS B (I_B) = $(-f_{A/B} + f_{B/C} + \dots) / Z$).

El valor del cociente A/B contiene información referente a los valores relativos de A y de B. Como se mencionó anteriormente, si A/B no es óptimo, es decir es más grande o más pequeño que la norma a/b, no se podrá establecer si A y/o B son demasiados grandes y/o demasiado pequeños, o una combinación de los dos. Dado que A/B es una medida

de A en relación a B, o B en relación a A, este cociente o relación debe contribuir igualmente a los índices DRIS A y B.

4.7.3. Generación del índice de balance de nutriente DRIS (IBN-DRIS)

La última fase en el diagnóstico con el sistema DRIS, envuelve la determinación del índice de balance de nutrientes (IBN-DRIS), mediante la suma algebraica de los valores absolutos de todos los IN-DRIS calculados (**ecuación 7**). El IBN-DRIS determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un caso con respecto al valor óptimo de un nutriente en la especie, por lo tanto, mientras mayor sea el desbalance nutricional en la muestra, mayor serán los valores de los IBN-DRIS y, viceversa, mientras menor sea el desbalance del nutriente respecto al valor óptimo, ese valor tiende a cero (Beaufils, 1973; Walworth y Sumner, 1987 y Walworth y Sumner, 1988).

$$\text{IBN-DRIS} = \sum (|I_A| + |I_B| + |I_C| + \dots) \quad (7)$$

El rendimiento de los cultivos se relaciona adecuadamente con los IBN-DRIS, por lo que es considerado un índice de la producción y es representativo del balance global de todos los nutrientes implicados en la nutrición de la planta. Se ha reportado que altos valores de IBN-DRIS están relacionados con bajos rendimientos y, a su vez, las especies con altos rendimientos tienen bajos valores de IBN-DRIS (Walworth y Sumner, 1987 y Walworth y Sumner, 1988). Adicionalmente, se ha demostrado que un buen balance es más importante a la hora de obtener elevadas producciones que mantener cada nutriente individual en un nivel adecuado (Cadahía, 1998).

Con respecto a los valores de los IBN-DRIS, Keling *et al.* (1986) indican que valores de ± 15 sugieren un buen balance nutricional en la planta, valor que depende de la cantidad de nutrientes que esté bajo análisis.

4.8. Universalidad de las normas DRIS

Aunque diversos autores han adoptado el uso universal de las normas DRIS, afirmando que ellas pueden ser utilizadas independientemente de las condiciones locales que se traten (Sumner, 1979; Walworth y Sumner, 1987, Payne *et al.* 1990), otros autores han cuestionado la universalidad de las normas, ya que se han encontrado grandes diferencias entre aquellas generadas a partir de diferentes poblaciones y localidades, demostrando que el desarrollo de normas DRIS locales es más preciso y confiable (Dara *et al.*, 1992; Hallmark y Beverly, 1991; Jones Junior, 1993; Reis, 2002; Reis y Monnerat, 2002a; Reis y Monnerat, 2002b). Por lo mismo, Escano *et al.* (1981b) afirma que una calibración local de las normas mejora la exactitud del diagnóstico DRIS. En ausencia de normas locales, las normas desarrolladas bajo otras condiciones edafoclimáticas pueden solamente ser utilizadas si las concentraciones de nutrientes de la población de los más altos rendimientos, utilizadas para generar las normas, son similares a las concentraciones de nutrientes de la población de altos rendimientos bajo estudio.

5. Sistema de Diagnóstico de Composición Nutricional (CND)

El Sistema de Diagnóstico de Composición Nutricional (CND), es una técnica que ha sido desarrollada en Canadá por Parent y Dafir (1992). Ésta utiliza la misma base de datos desarrolladas para el sistema DRIS, pero difiere en sus cálculos e interpretación, ya que fundamenta su teoría en el Análisis Composicional de Datos (Compositional Data Análisis, CDA) (Aitchison, 1982; Aitchison, 1986). En este sistema también se calculan índices individuales para cada nutriente, pero usando su relación con respecto a la media geométrica G, de todos los nutrientes y componentes de la planta.

El CND considera a la hoja analizada en su totalidad, por lo tanto, la sumatoria de todos sus componentes será igual a 100 %. Además, considera un parámetro "R", que representa el resto de elementos no

considerados en el análisis (carbono, hidrógeno y oxígeno). Es importante remarcar que los nutrientes analizados rutinariamente representan aproximadamente el 5% de todos los compuestos de la planta, donde el carbono, hidrógeno y oxígeno forman el 95% restante, destacando la importancia del parámetro "R".

La ventaja respecto del DRIS se basa en el uso de relaciones respecto de la composición total. Como consecuencia, el efecto de la variabilidad que tiene un nutriente dado, en el resto de los componentes, está incluido en el efecto global y no como la contribución de varios efectos individuales sobre cada uno de los restantes nutrientes (Cadañia, 1998).

El sistema CND ha sido utilizado hasta ahora por escasos investigadores. En el Apéndice (**Cuadro 9**) se presentan referencias de cultivos que cuentan con trabajos publicados al respecto.

COMENTARIOS FINALES

El sistema DRIS es una eficaz herramienta para la interpretación de los análisis foliares.

Aunque existen controversias en cuando a los procedimientos de cálculos de las normas y de los índices DRIS, la principal pregunta al desarrollar esta metodología gira entorno al universo de casos que se espera que las normas representen. Por otro lado, en la mayoría de las investigaciones ha quedado demostrado que el desarrollo local de normas DRIS es más preciso y confiable, mejorando la exactitud del diagnóstico.

Es importante destacar que para el cálculo de los índices DRIS existen tres metodologías, por lo que para decidir cuál de ellas utilizar es importante evaluar cuál es la que calcula de mejor forma los índices de balances de nutrientes DRIS (IBN-DRIS) y tienen mejor correlación con las producciones.

El Sistema de Diagnóstico Composicional (CND), aunque poco utilizado, también se presenta como un procedimiento eficaz para la interpretación del análisis foliar.

Finalmente, el desarrollo sustentable de la agricultura nacional requiere la incorporación de modernos sistemas de interpretación del estatus nutricional, de manera de incrementar los rendimientos y bajar el uso de fertilizante a nivel de campo, sin embargo, aún se requiere su desarrollo y validación en las condiciones chilenas.

LITERATURA CITADA

Aitchison, J. 1982. The statistical analysis of compositional data. Journal of the Royal Statistical Society. Serie B. 44:139-177.

Aitchison, J. 1986. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York.

Alkoshab, O., T. Righetti and A. Dixon. 1988. Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:643-647.

Amundson, R. and F. Koehler. 1987. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. Agron. J. 79:472-476.

Andrew, C. 1968. Problems in the use of chemical analysis for diagnosis of plant nutrient deficiencies. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 34: 154-162.

Angeles, D., M. Sumner and N. Barbour. 1990. Preliminary nitrogen, phosphorus and potassium DRIS norms for pineapple. HortSci. 25:652:655.

Angeles, D., M. Sumner and E. Lahav. 1993. Preliminary DRIS norms for bananas. J. Plant Nutr. 16:1059-1070.

Arboleda, C., J. Arcila y R. Martínez. 1988. Sistema integrado de recomendación y diagnóstico. Una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. Agronomía Colombiana. 5:17-30.

Arizaleta, M., V. Rodríguez and O. Rodríguez. 2002a. DRIS foliar norms for coffee. Acta Hort. 594: 405-409.

Arizaleta, M., V. Rodríguez y O. Rodríguez. 2002b. Relación de los índices DRIS, índice de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del cafeto en Venezuela. Bioagro. 14: 153-159.

Bailey, J., J. Beattie and D. Kilpatrick. 1997a. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. *Plant Soil*. 197: 127-135.

Bailey, J., A. Cushnahan and J. Beattie. 1997b. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: II Model calibration and validation. *Plant Soil*. 197: 137-147.

Bailey, J., R. Dils, R. Foy and D. Patterson. 2000. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: III. Practical applications. *Plant Soil*. 222: 255-262.

Baldock, J. and E. Schulte. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agron. J.* 88: 448-456.

Barbosa, D., H. Vieira, F. Partelli e R. Souza. 2006. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Cienc. Rural*. 36: 1717-1722.

Barry, D., M. Miller and T. Bates. 1989. Ear leaf and seedling P concentration and DRIS indices as indicators of P nutrition for maize. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20: 1397-1412.

Bataglia, O. 1989. DRIS-Citros. Uma alternative para avaliar a nutricao dos plantas. *Laranja*. 10:555-564.

Bataglia, O., J. Quaggio, W. Santos e M. Abreu. 2004. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. *Bragantia*. 63: 253-263.

Bates, T. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: A review. *Soil Sci*. 112:116-130.

Beaufils, T. 1957. Research for rational exploitation of *Hevea brasiliensis* using a physiological diagnosis based on mineral analysis of various parts of the plant. *Fertilite*. 3:27-38.

Beaufils, E. 1971. Physiological diagnosis. A guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. *J. Fert. Soc. S.Afr.* 1:1-31.

Beaufils, E. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science Bulletin - University of Natal (Sudafrica)*. 1: 1-132.

Beaufils, E. and M. Sumner. 1976. Application of the DRIS approach for calibrating soil, plant yield and quality factors of sugarcane. *Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc.* 50:118-124.

Beaufils, E. and M. Sumner. 1977. Effect of time of sampling on the diagnosis of N, P, K, Ca and Mg requirements of sugarcane by DRIS approach. *Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc.* 51: 62-67.

Belanger, M., A. Viau, G. Samson and M. Chamberland. 2005. Determination of a multivariate indicator of nitrogen imbalance (MINI) in potato using reflectance and fluorescence spectroscopy. *Agron. J.* 97: 1515-1523.

Bell, P., W. Hallmark, W. Sabbe and D. Dombeck. 1995. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. *Agron. J.* 87:859-865.

Bethlenfalvay, G., R. Franson and M. Brown. 1990. Nutrition of mycorrhizal soybean evaluated by the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Agron. J.* 82: 302-304.

Beverly, R. 1987a. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. *J. Plant Nutr.* 10: 901-920.

Beverly, R. 1987b. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. *J. Plant Nutr.* 10: 1401-1408.

Beverly, R. 1992. Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for citrus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 2641-2649.

Beverly, R. 1993a. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. *J. Plant Nutr.* 16: 1431-1447.

Beverly, R. 1993b. Reevaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfalfa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24:487-501.

Beverly, R. and R. Worley. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. *HortSci.* 27: 271.

Beverly, R., J. Stark, J. Ojala and T. Embleton. 1984. Nutrient diagnosis of 'Valencia' orange by DRIS. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:649-654.

Beverly, R., M. Sumner, W. Letsch and C. Plank. 1986. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17:237-256.

Bhargava, B. and H. Raghupathi. 1995. Current status and new norms of nitrogen nutrition for grapevine (*Vitis vinifera*). *Indian J. Agr. Sci.* 65: 165-169.

Bhargava, B. and H. Raghupathi. 1999. Multinutrient diagnosis of nutrient element norms for grape. *J. Plant Nutr.* 22: 219-227.

Bowen, J. 1992. Comparative DRIS and critical concentration interpretation of papaya tissue-analysis data. *Trop. Agr.* 69:63-67.

Brown, M., R. Ferreracerato and G. Bethlenfalvay. 1992. Mycorrhizamediated nutrient distribution between associated soybean and corn plants evaluated by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Symbiosis* 12: 83-94

Cadahía, C. 1998. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, España. 475p.

Caldwell, J., M. Sumner and S. Vavrina. 1994. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. *HortSci.* 29: 1501-1504.

Caron, J. and L. Parent. 1989. Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Sci.* 69:1027-1035.

Caron, J., L. Parent and A. Gosselin. 1991. Effect of nitrogen and salinity levels in the nutrient solution on the DRIS diagnosis of greenhouse tomato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22: 879-892.

Carpaena-Artés, O. y R. Carpaena-Ruiz. 1982. Balance nutriente evolutivo: aplicaciones. *Anal. Edad. y Agrobiol.* 41: 1355-1371.

Cerdá, A., M. Nieves and V. Martínez. 1995. An evaluation of mineral analysis of 'Verna' lemons by DRIS. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:1697-1707.

Chelvan, R., S. Shikhamany and K. Chadha. 1984. Evaluation of low yielding vines of Thompson Seedless for nutrient indices by DRIS analysis. *Indian Journal of Horticulture* 41: 166-170.

Chojnacki, A. 1984. The evaluation of the nutrient status of oats by the DRIS method. *Proceedings 6th International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition.* 1: 139-148.

Christensen, L. 1969. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 20: 90-176.

Coleman, M., S. Chang and D. Robison. 2003. DRIS analysis identifies a common potassium imbalance in sweetgum plantations. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34: 1919-1941.

Creste, J. e J. Nakagawa. 1997. Estabelecimento do DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar. I. Cálculo de normas. *Rev. Bras. Frutic.* 19 (3): 297-305.

Dara, S., P. Fixen and R. Gelderman. 1992. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. *Agron. J.* 84:1006-1010.

Das, B. and H. Verma. 2005. A comparative diagnosis of apple leaf nutrient status using diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and sufficiency range approach. *Progressive Horticulture* 37: 307-311.

Davee, D., T. Righetti, E. Fallahi and S. Robbins. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in 'Napoleon' sweet cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 988-993.

Derouin, N., J. Caron and L. Parent. 1988. Influence of some artificial substrates on productivity and DRIS diagnosis of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 221: 45-52.

Dow, A., and S. Roberts. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agron. J.* 74: 401-403.

Drechsel, P. and W. Zech. 1994. DRIS evaluation of teak (*Tectona grandis* L.f.) mineral nutrition and effects of nutrition and side quality on teak growth in West Africa. *Forest Ecology and Management* 70:121-133.

Elwali, A. and G. Gascho. 1983. Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective treatments on Florida histosols. *Agron. J.* 75:7-83.

Elwali, A. and G. Gascho. 1984. Soil testing foliar analysis and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agron. J.* 76: 466-470.

Elwali, A. and G. Gascho. 1988. Supplemental fertilization of irrigated corn guided by foliar critical nutrient levels and diagnosis and recommendation integrated system norms. *Agron. J.* 80: 243-249.

Elwali, A., G. Gascho and M. Sumner. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. *Agron. J.* 77:506-508.

Escano, C., C. Jones and G. Uehara. 1981a. Nutrient diagnosis in corn grown on hydric dystrandpeats. I. Optimum tissue nutrient concentrations. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45:1135-1139.

Escano, C., C. Jones and G. Uehara. 1981b. Nutrient diagnosis in corn grown on hydric dystrandpeats. II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45:1140-1114.

Evanylo, G. and G. Zehnder. 1988. Potato growth and nutrient diagnosis as affected by systemic pesticide and physiological growth state. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1731-1745.

Evanylo, G., M. Sumner and W. Letsch. 1987. Preliminary development and testing of DRIS soil norms for soybean production. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18:1355-1377.

Evanylo, G., J. Sims and J. Grove. 1988 a. Nutrient norms for burley cured tobacco. *Agron. J.* 80:610-614.

Evanylo, G., J. Grove and J. Sims. 1988 b. Effect of sampling period on nutrient diagnosis indices for burley tobacco. *Agron. J.* 80:615-619.

Fallahi, E. and T. Righetti. 1984. Use of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) in apple. Abstract 525. HortSci. 19: 592.

Flores, J., V. Garay y C. Peña. 2004. Evaluación nutricional de plantaciones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Sector El Pozo, San Fernando de Atabapo, Estado Amazonas, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana 36: 83-107.

Galleguillos, M. 2005. Estudios de los sistemas DRIS y CND para el diagnóstico nutricional de la vid 'Sultanina' en el Valle de Copiapó. Memoria de Título Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile 46 p.

Galleguillos, M., A. Rustom, R. Callejas y E. Kania. 2005. Estudio del sistema DRIS para el diagnóstico nutricional de la vid 'Sultamina' en el Valle de Copiapó. 56° Congreso Agronómico de la Sociedad Agronómica de Chile (SACH). Talca, Chile, 11 al 14 de octubre de 2005.

García, J., R. Valdez, B. Murillo, A. Nieto, L. Beltrán, R. Magallanes and E. Troyo. 2004. Compositional nutrient diagnosis and main nutrient interactions in yellow pepper grown on desert calcareous soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 167: 509-515.

García, J., R. Valdez, N. Avila, B. Murillo, A. Nieto, R. Magallanes, J. Larrinaga and E. Troyo. 2005. Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil. Plant Soil 271: 297-307.

Goh, K. and M. Malakouti. 1992. Preliminary nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium DRIS norms and indices for apple orchards in Canterbury, New-Zealand. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23: 1371-1385.

Gregoire, N. and R. Fisher. 2004. Nutritional diagnoses in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) established stands using three different approaches. Forest Ecology and Management 203: 195-208.

Grove, J. and M. Sumner. 1982. Yield and leaf composition of sunflower in relation to N, P, K and lime treatments. Fert. Res. 3: 367-378.

Gutiérrez, F., R. Valdez and F. Blanco. 2002. Multivariate analysis of cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits from a germplasm collection. *Acta Hort.* 581: 111-118.

Hallmark, W. 1988. Comparison of DRIS and M-DRIS norms for diagnosing P and K deficiencies in soybeans. *Better Crops Plant Food.* 72:20-21.

Hallmark, W. and R. Beverly. 1991. Review - An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. *J. Fert. Issues.* 8:74-88.

Hallmark, W., J. Adams and H. Morris. 1984. Detection of zinc deficiency in soybeans by the Diagnosis and Recommendation Integrated System. *J. Fert. Issues.* 1: 104-109

Hallmark, W., J. Adams and H. Morris. 1985. The use of plant analysis to diagnose nutrients limiting soybean for the subsequent year. *J. Fert. Issues.* 2: 66-73

Hallmark, W., C. DeMooy and J. Pesek. 1987. Comparison of two DRIS methods for diagnosis nutrient deficiencies. *J. Fert. Issues.* 4:151-158.

Hallmark, W., H. Morris and J. Fontenot. 1988a. Use of DRIS to formulate a soybean foliar fertilization program. *J. Fert. Issues.* 5: 131-141.

Hallmark, W., C. DeMooy, H. Morris, J. Pesek, K. Shao and J. Fontenot. 1988b. Soybean phosphorus and potassium deficiency detection as influenced by plant growth stage. *Agron. J.* 80: 586-591.

Hallmark, W., R. Beverly, M. Parker, J. Adams, F. Boswell, K. Ohki, L. Shuman and D. Wilson. 1989. Evaluation of soybean zinc and manganese requirements by the M-DRIS and sufficiency range methods. *Agron. J.* 81: 770-776.

Hallmark, W., R. Beverly, H. Morris, L. Shuman, D. Wilson, F. Boswell, J. Adams and D. Wall. 1990a. Continued modification of the M-DRIS for soybean. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21: 1313-1328

Hallmark, W., R. Beverly, M. Sumner, C. Demooy, H. Morris, J. Pesek and J. Fontenot. 1990b. Soybean phosphorus and potassium requirement evaluation by three M-DRIS data base. *Agron. J.* 82: 323-328.

Hallmark, W., L. Shuman, D. Wilson, H. Morris, J. Adams, S. Dabney, R. Hanson, S. Gettier and D. Wall. 1992. Preliminary M-DRIS norms for soybean seeds. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 2399-2413.

Hallmark, W., R. Beverly, H. Morris and D. Wall. 1994. Modification of the M-DRIS for soybean. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25: 1085-1101.

Hanson, R. 1981. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12: 933-948.

Hanson, R., S. Gettier and D. Wall. 1992. Preliminary M-DRIS norms for soybean seeds. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23:2399-2413.

Hartz, T., E. Miyao and J. Valencia. 1998. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. *HortSci.* 33: 830-832.

Hockman, J., J. Burger and D. Smith. 1989. A DRIS application to fraser fir christmas trees. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20: 315-318.

Ikeda, H., M. Urushima, S. Oi, K. Toi, J. Oka, Y. Inubushi, T. Moriyama and T. Wada. 1998. Diagnosis and recommendation integrated system by sap analysis for horticultural crops. A study on the standardization of preparing samples for analysis. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 67: 413-419.

Jarrel, W. and R. Beverly. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy* 34: 197-224.

Jones, C. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12:785-794.

Jones, C. and J. Bowen. 1981. Comparative DRIS and crop log diagnosis of sugarcane tissue analysis, Georgia. *Agron. J.* 73:941-944.

Jones, M., D. Center, C. Vaughn and F. Bell. 1986. Using DRIS to assay nutrients in sub clover. *Calif. Agric.* 40: 19-21.

Jones, J. and A. Sinclair. 1991. Application of DRIS to white clover based pastures. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22: 1895-1917.

Jones Jr, J. 1993. Modern interpretation system for soil and plant analysis in the USA. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33: 1039-1043.

Kania, E., R. Callejas y V. García de Cortazar. 2008. Sistema integrado de diagnóstico y reconocimiento (DRIS): una eficaz herramienta para la interpretación de los análisis foliares. 59° Congreso Agronómico de la Sociedad Agronómica de Chile (SACH). La Serena, Chile, 7 al 10 de octubre de 2008.

Kelling, K., E. Schulte and T. Kaehler. 1983. Use of DRIS in routine plant analysis. *Proc. Wisc. Fertil. Aglime Pest Management Conference*. 22: 239-243.

Kelling, K., E. Schulte and T. Erickson. 1985-1986. Adapting DRIS for alfalfa: What are the diagnostic norms? *Better Crops Plant Food* 70:18-20.

Kenworthy, A. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. pp. 381-392. En: *Soil testing and plant analysis II. Plant analysis*. M. Stelly (ed). SSSA. Spec. Pub. 2. Madison, W.I.

Khan, H., K. Suresh and C. Biddappa. 1988. Preliminary N, P and K foliar DRIS norms for coconut. *Madras Agric. J.* 75: 105-108.

Khiari, L., L. Parent and N. Tremblay. 2001a. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93:802-808.

Khiari, L., L. Parent and N. Tremblay. 2001b. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J.* 93:809– 814.

Khiari, L., L. Parent and N. Tremblay. 2001c. The phosphorus nutrient diagnosis range for potato. *Agron. J.* 93:815–819.

Kim, Y. and R. Leech. 1986. The potential use of DRIS in fertilizing hibrid poplar. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17: 429-438.

Klein, I., S. Weinbaum, T. DeJong and T. Muraoka. 1991. Spur light exposure as a primary external cause for derivation of DRIS norms in walnut trees. *J. Plant Nutr.* 14: 463-484.

Kopp, V. and J. Burger. 1990. Applying diagnosis and recommendation integrated system to Fraser fir Christmas trees. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 54: 453-456.

Kumar, P., S. Geetha, P. Savithri, P. Mahendran and K. Ragunath. 2003. Evaluation of DRIS and CND indexes for effective nutrient management in 'Muscat' grapevine (*Vitis vinifera*). *Journal of Applied Horticulture* 5: 76-80.

Kumar, P., S. Geetha and P. Savithri. 2004. Derivation and evaluation of new nutrient norms for twelve nutrients in the petioles of 'Muscat' grapes (*Vitis vinifera* L.) using the CVA, DRIS, MDRIS and CND approaches. *Journal of Applied Horticulture* 6: 23-26.

Kumar, P., S. Geetha, P. Savithri and P. Mahendran. 2005. Critical assessment of DRIS, MDRIS and CND reference norms in seedless grape vines (*Vitis vinifera*). *Journal of Ecobiology* 17: 545-554

Lee, P. 1980. Initial observations on the application of the DRIS approach to tea (*Camellia sinensis* L.): Foliar analysis results in South Africa. *Crop Production* 9: 207-209

Leech, R. and Y. Kim. 1981. Foliar analysis and DRIS as a guide to fertilizer amendments in poplar plantations. *The Forestry Chronicle* 57: 17-21.

Legaz, F., M. Serna, P. Ferrer, V. Cebolla y E. Primo-Millo. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. Consell. d'Agric., Pesca i Alimentació. Fullets Divulgació. Valencia, España.

Letzsch, W. 1985. Computer program for selection of norms used in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16:39-347.

Letzsch, W. and M. Sumner. 1984. Effect of population size and yield level on selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15:997-1006.

Lozano, F. and K. Huynh. 1989. Foliar diagnosis of sugar maple decline by DRIS. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20: 1895-1914.

MacKay, D., J. Carefoot and T. Entz. 1987. Evaluation of the DRIS for assessing the nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.). Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18: 1331-1353.

MacKay, D. T. Entz, J. Carefoot and S. Dubetz. 1989. Comparison of critical nutrient concentrations with DRIS for assessing nutrient deficiencies of potatoes on irrigated chernozemic soils. Can. J. Plant Sci. 69: 601-609.

Maeda, S. e P. Ronzelli. 2004. Valores de referencia do DRIS para a soja, cultivares Embrapa 59 e BR 37, EM Carambei- Paraná, Brasil. Scientia Agraria 5: 21-28.

Magallanes, R., R. Valdez, E. Olivares, O. Pérez, J. García and J. López. 2006. Compositional Nutrient Diagnosis in maize grown in a calcareous soil. J. Plant Nutr. 29: 2019-2033.

Malakouti, M. 1992. Determining of the diagnostic norms for corn on the calcareous soils of Iran. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17: 2687-2695.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 889 p.

Martínez, J., M. Giménez, M. Ferrández, M. Oltra, R. Madrid, V. Rodríguez and O. Rodríguez. 2004. Initial values of DRIS norms for artichoke cv. Violeta de Provenza (*Cynara scolymus* L.) in the Provinces of Alicante and Murcia. Acta Hort. 660 : 435-441.

Medina, M. 2002. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero. Terra 20: 497-504.

Medina, M. y M. Medina. 1992. Límite de rendimiento para dividir las dos subpoblaciones de las normas DRIS para nogal pecanero. Terra 10: 193-200.

Medina, M. y J. Chávez. 1999. Efecto del abastecimiento foliar de zinc sobre el balance nutrimental del nogal pecanero. Terra 17: 293-298.

Meldal, A. and M. Sumner. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. J. Plant Nutr. 2: 569-576.

Melsted, S., H. Motto and T. Peck. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. Agron. J. 61: 17-20

Meyer, J. 1981. An evaluation of DRIS based on leaf analysis for sugarcane in South Africa. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 55: 169-176.

Monge, E., L. Montañes and M. Sanz. 1995. A comparative study of the DOP and the DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees. Acta Hort. 383: 191-199.

Montañes, L., L. Heras y M. Sanz. 1991. Desviación del óptimo porcentual (DOP): nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei 20: 93-102.

Montañes, L., L. Heras, J. Abadía and M. Sanz. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP). J. Plant Nutr. 16: 1289-1308.

Montañes, L., E. Monge, J. Val and M. Sanz. 1995. Interpretative possibilities of plant analysis by the DOP index. Acta Hort. 383: 165-170.

Moreno, L., M. López, E. Estañol y A. Velázquez. 2002. Diagnóstico de necesidades de fertilización de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en vivero mediante el DRIS. Madera y Bosques 8:51-60.

Moreno, J., J. Lucena and O. Carpena. 1996. Effect of the iron supply on the nutrition of different citrus variety/rootstock combinations using DRIS. J. Plant Nutr. 19: 689-704.

Mourao Filho, F. 2005. DRIS and sufficient range approaches in nutritional diagnosis of 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. J. Plant Nutr. 28: 691-705.

Mourao Filho, F. and J. Azevedo. 2003. DRIS norms for 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. Pesq. Agropec. Bras. 38: 85-93.

Mourao Filho, F., J. Azevedo e J. Nick. 2002. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. Pesq. Agropec. Bras. 37: 185-192.

Nachtigall, G. and A. Dechen. 2007a. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. Sci. Agric. 64: 282-287.

Nachtigall, G. and A. Dechen. 2007b. Testing and validation of DRIS for apple tree. Sci. Agric.64: 288-294.

Navvabzdeh, M. and M. Malakouti. 1993. Development of DRIS norms for potato in the calcareous solis of Iran. *J. Plant Nutr.* 16: 1409-1416.

Needham, T., J. Burger and R. Oderwald. 1990. Relationship between diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) optima and foliar nutrient critical levels. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 54: 883-886.

Nuñez, J., J. Cortes and S. Salazar. 1988. An evaluation of the DRIS approach as applied to avocado leaf analysis. Abstract 542. *HortSci.* 23: 794.

Parent, L. and R. Granger. 1989. Derivation of DRIS norms from a high density apple orchard established in the Quebec Appalachian Mountains. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 915-919.

Parent, L. and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(2): 239-242.

Parent, L. and L. Khiari. 2003. The compositional nutrient diagnosis of onions. *Acta Hort.* 627: 251-255.

Parent, L., A. Karam and S. Visser. 1993. Compositional nutrient diagnosis of the greenhouse tomato. *HortSci.* 28 : 1041-1042.

Parent, L., D. Isfan, N. Tremblay and A. Karam. 1994a. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 420-426.

Parent, L., A. Cambouris and A. Muhawenimana. 1994b. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58:1432-1438.

Parent, L., M. Poirier and M. Asselin. 1995. Multinutrient diagnosis of nitrogen status in plants. *J. Plant Nutr.* 15: 1013-1025.

Parent, L., L. Khiari and A. Pettigrew. 2005. Nitrogen diagnosis of Christmas tree needle greenness. *Can. J. Plant Sci.* 85: 939-947.

Partelli, F., H. Vieira e A. Costa. 2005. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. *Cienc. Rural* 35:1456-1460.

Partelli, F., H. Vieira, P. Monnerat e A. Viana. 2006a. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. Rev. Bras. Ciênc. Solo 30: 443-451.

Partelli, F., H. Vieira, P. Monnerat e A. Viana. 2006b. Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. Pesq. agropec. Bras. 41: 301-306.

Partelli, F., H. Vieira, V. Carvalho and F. Moruao. 2007. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of arabian coffee in two sampling periods. J. Plant Nutr. 30: 1651-1667.

Payne, G., M. Summner and C. Plank. 1985. Yield composition of soybeans as influenced by soil pH, phosphorus, zinc and copper. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17: 257-273.

Payne, G., J. Rechcigl and R. Stephenson. 1990. Development of diagnosis and recommendation integrated system norms for bahiagrass. Agronomy Journal 82: 930-934.

Pohl, H., R. Vandre and M. Kaupenjohann. 1999. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) zur interpretation des ernährungsstatus von Waldbäumen. Interpretation of the nutritional status of forest trees by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Forstwissenschaftliches Centralblatt. 118:287-293.

Raghupathi, H. and B. Bhargava. 1998a. Diagnostic norms and identification of yield-limiting nutrients in brinjal (*Solanum melongena*) using diagnosis and recommendation integrated system. Indian J. Agr. 4: 738-742.

Raghupathi, H. and B. Bhargava. 1998b. Diagnosis of nutrient imbalance in pomegranate by diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 2881-2892.

Raghupathi, H. and B. Bhargava. 1999. Preliminary nutrient norms for 'Alphonso' mango using diagnosis and recommendation integrated systems. Indian J. Agr. Sci. 69: 648-650.

Raghupathi, H., B. Reddy and K. Srinivas. 2002. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 3: 2131-2142.

Raghupathi, H., Y. Reddy, M. Kurian and B. Bhargava. 2004. Diagnosis of nutrient imbalance in mango by DRIS and PCA approaches. *J. Plant Nutr.* 27: 1131-1148.

Rathfon, R. and J. Burger. 1991a. Diagnosis and recommendation integrated system modifications for fraser christmas trees. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55: 1026-1031.

Rathfon, R. and J. Burger. 1991b. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) nutrient norms for fraser christmas trees. *Forest Science* 37: 998-1010.

Razeto, B. 1970. Fecha de muestreo y su influencia en análisis foliar en duraznero. *Boletín Técnico* nº 32. Estación Experimental Agronómica. Universidad de Chile.

Razeto, B. 2009. Symptoms of nutrient imbalances in fruit trees. SQM. Santiago, Chile. 187 p.

Reis, R. 2002. DRIS norms universality in the corn crop. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 711-735.

Reis, R. e P. Monnerat. 2002a. Diagnose nutricional sa cana de azucare em Campos dos Goytacazes. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 26: 367-372.

Reis, R. and P. Monnerat. 2002b. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa, and the United States. *J. Plant Nutr.* 25: 2831-2851.

Reis, R. and P. Monnerat. 2003a. DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 379-385.

Reis, R. and P. Monnerat. 2003b. Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 277-282.

Reis, R., J. Correa, J. Carvalho e P. Guimarães. 2002. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no sul de minas gerais: 1ª aproximação. *Ciênc. Agrotec.* 26: 269-282.

Righetti, T., O. Alkoshab and K. Wilder. 1988a. Diagnostic biases in DRIS evaluations in sweet cherry and hazelnut. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19: 1429-1447.

Righetti, T., O. Alkoshab and K. Wilder. 1988b. Verifying critical values from DRIS norms in sweet cherry and hazelnut. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19: 1449-1466.

Roberts, S. and J. Rhee. 1993. Critical nutrient concentrations and DRIS analysis of leaf and grain from high-yielding corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24:2679-2687.

Robinson, D. and M. Tarpley. 1986. DRIS proves useful for diagnosing nutrient deficiencies in coastal bermudagrass. *Better Crops Plant Food* 70: 8-9.

Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela* 14: 285-296.

Rodríguez, O., E. Rojas and M. Sumner. 1997. 'Valencia' orange DRIS norms for Venezuela. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28: 1461-1468.

Rodríguez, V., E. Malavolta, A. Sánchez y O. Lavoranti. 2004. Balance nutricional de referencia de suelos y hojas en el cultivo del plátano 'Hartón'. *Bioagro* 16: 39-46.

Rodríguez, V., A. Silva y O. Rodríguez. 2005. Balance nutricional y número de hojas como variables de predicción del rendimiento del plátano 'Hartón'. *Pesq. Agropec. Bras.* 40: 175-177.

Romanya, J. and V. Vallejo. 1996. Nutritional status and deficiency diagnosis of *Pinus radiata* plantations in Spain. *Forest Science* 42: 192-197

Rominger, R., D. Smith and L. Peterson. 1975. Changes in elemental concentration in alfalfa herbage at two soil fertility levels with advance in maturity. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6: 163-180.

Rouin, N., J. Caron and L. Parent. 1988. Influence of some artificial substrates on productivity and DRIS diagnosis of greenhouse tomatoes (*Lycopersicum esculentum* L. Mill., cv 'Vedettos'). *Acta Hort.* 221: 45-52.

Russelle, M. and C. Sheaffer. 1986. Use of diagnosis and recommendation integrated system with alfalfa. *Agronomy Journal*. 78: 557-560.

Sanchez, C., G. Snyder and H. Burdine. 1991. DRIS evaluation of the nutritional status of crisphead lettuce. *HortSci*. 26: 274-276.

Santos, A., P. Monnerat e A. Carvalho. 2004. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anao verde na região norte fluminense. *Rev. Bras. Frutic.* 26: 330-334.

Sanz, M. 1999. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the peach tree: Comparison with DOP method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 1025-1036.

Sanz, M., L. Heras and L. Montanes. 1992. Relationships between yield and leaf nutrient contents in peach-trees-early nutritional-status diagnosis. *J. Plant Nutr.* 15: 1457-1466.

Schaffer, B., K. Larson, G. Snyder and C. Sanchez. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. *HortSci*. 23: 617-619.

Schaller, K. and O. Löhnertz. 1984. Accommodation of DRIS system to grape nutrition. In: *International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, Montpellier. 1984. Proceedings.* 4: 1255-1263.

Schaller, K. and O. Löhnertz. 1985. Ermittlung des Ernährungszustandes von Reben nach der Blattanalyse – Ein umweltschonenderes Verfahren zur Feststellung des Düngebedürfnisses. *Die Weinwissenschaft* 40: 394-412.

Schaller, K., O. Löhnertz and H. Michel. 1995. Improvements of the DRIS system and first experiences in grapevine nutrition with special consideration of the compositional nutrient diagnosis approach. *Acta Hort.* 383: 171-189.

Schaller, K., O. Löhnertz and H. Michel. 2002. Modified DRIS-System for leaf analysis to optimize fertilizer inputs-further developments with grapevines. *Acta Hort.* 594: 369-375.

Sharma, J., S. Shikhamany, R. Singh and H. Raghupathi. 1995. Diagnosis of nutrient imbalance in 'Thomson Seedless' grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 2823-2838.

Shuman, L., D. Wilson and W. Hallmark. 1992. Evaluating Soy-DRIS for predicting manganese deficiency and sufficiency. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 1019-1029.

Silva, E., F. Nogueira e P. Guimaraes. 2003. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 27: 247-255.

Silva, G., J. Neves, V. Alvarez and F. Leite. 2004. Nutritional diagnosis for eucalyptus by DRIS, M-DRIS, and CND. *Sci. Agric.* 61: 507-515.

Silva, G., J. Neves, V. Alvarez e F. Leite. 2005. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 29: 755-761.

Silveira, C., G. Nachtigall and F. Monteiro. 2005a. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for Signal Grass. *Sci. Agric.* 62: 513-519.

Silveira, C., G. Nachtigall and F. Monteiro. 2005b. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendations integrated system for Signal Grass. *Sci. Agric.* 62: 520-527.

Singh, N., R. Awasthi and A. Sud. 2000. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for apple (*Malus x Domestica* Borkh. L. cv. Starking Delicious) in Himachal Pradesh. *Indian Journal of Horticulture* 57: 196-204.

Smithson, P., B. McIntyre, C. Gold, H. Ssali, G. Night and S. Okech. 2004. Potassium and magnesium fertilizers on banana in Uganda: yields, weevil damage, foliar nutrient status and DRIS analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69: 43-49.

Snyder, G. and A. Kretschmer. 1988. A DRIS analysis for bahiagrass pastures. *Proceedings - Soil Crop Science Society of Florida* 47: 56-59.

Soltanpour, P., M. Malakouti and A. Ronaghi. 1995. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and nutrient sufficiency range for corn. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 59:133-139.

Steel, R. and J. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. McGraw-Hill Book Co., New York.

Sumner, M. 1975. An evaluation of Beaufils physiological diagnosis technique for determining the nutrient requirement of crops. *Soil Sci.* 5: 437-446. University of Natal. South Africa. p. 75.

Sumner, M. 1977a. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. *Plant Soil* 46:359-369.

Sumner, M. 1977b. Preliminary N, P and K foliar diagnosis norms for soybean. *Agronomy Journal* 69: 226-230.

Sumner, M. 1977c. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca, and Mg content on calculated DRIS indices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8: 269-280.

Sumner, M. 1977d. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8:149-167.

Sumner, M. 1977e. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8: 251-268.

Sumner, M. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agronomy Journal* 71:343-348.

Sumner, M. 1981. Diagnosing the sulphur requirement of corn and wheat using foliar analysis. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45: 87-90.

Sumner, M. 1982. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS).pp.149-188. En: *Soil & plant analysis seminar*. Council on Soil Testing and Plant Analysis, Anaheim.California, EE.UU.

Sumner, M. 1985. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center for Asia and Pacific Region. *Boletín N° 231*, Taiwan. 24 p.

Sumner, M. and E. Beaufils. 1975a. Diagnosis of the N, P and K requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS). Preliminary observations. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 49:137-141.

Sumner, M. and E. Beaufils. 1975b. Applications of Beaufils DRIS to sugarcane. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 51: 131-137

Svenson, G. and M. Kimberley. 1988. Can DRIS improve diagnosis nutrient deficiency in *Pinus radiata*? New Zealand Journal of Forestry Science 18: 33-42.

Szücs, E., T. Kallay and G. Szenci. 1990. Determination of DRIS indices for apple (*Malus domestica* Borkh). Acta Hort. 274. 443-453.

Tarpley, M., D. Robinson, B. Gustavson and M. Eichhorn. 1985. The DRIS for interpretation of coastal bermudagrass analysis. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16: 1335:1348.

Teixeira, L., W. Santos and O. Bataglia. 2002a. The N and K diagnosis on banana plants using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and critical value approach. Rev. Bras. Frutic. 24: 530-535.

Teixeira, L., W. Santos e O. Bataglia. 2002b. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. Rev. Bras. Frutic. 24: 530-535.

Terra, M., M. Guilherme, W. Santos, E. Pires, C. Pommer e R. Botelho. 2003. Avaliação do estado nutricional da videira 'Italia' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. Rev. Bras. Frutic 25: 309-314.

Terra, M., F. Costa, W. Santos and E. Pires. 2004. Evaluation of the nutritional condition of 'Italia' grapevines (Pirovano 65) at three different development phases in the Region of Jundiá, Brazil, using the DRIS method. Acta Hort. 640: 69-81.

Terra, M., I. Gergoletti, E. Pires, R. Botelho, W. Santos and M. Tecchio. 2007. Evaluation of the nutritional condition of Italia grapevine in the region of Sao Miguel Arcanjo-SP, using the diagnosis and recommendation integrated system. Rev. Bras. Frutic 29: 710-716.

Tremblay, N., L. Parent et A. Gosselin. 1990. Elaboration de norms DRIS provisoires pour des transplants de celery. *Phytoprotection* 71: 129-136.

Urano, E., C. Kurihara, S. Maeda, A. Vitorino, M. Goncalves e M. Marchetti. 2006. Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesq. Agropec. Bras.* 41: 1421-1428.

Urano, E., C. Kurihara, S. Maeda, A. Vitorino, M. Goncalves e M. Marchetti. 2007. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 31: 63-72.

Urricariet, S., R. Lavado and L. Martín. 2004. Corn response to fertilization and SR, DRIS, and PASS interpretation of leaf and grain analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35: 413-425.

Vieger, B., A. Mackenzie and Z. Chen. 1989. Evaluation of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) in early maturing soybeans. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20: 685-693.

Wadt, P. 2004. Nutritional status of *Eucalyptus grandis* clones evaluated by critical level and DRIS methods. *Rev. Árvore* 28: 15-20.

Wadt, P. 2005. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 29: 227-234.

Wadt, P., R. Novais, V. Alvarez, S. Fonseca e N. Barros. 1998a. Valores de referencia para macro nutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 22: 685-692.

Wadt, P., R. Novais, V. Alvarez, S. Fonseca, N. Barros e L. Dias. 1998b. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de desposta a adubação de arvores de eucalipto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 22: 661-666.

Wadt, P., R. Novais, V. Alvarez and S. Braganca. 1999a. "DRIS" application alternatives for the coffee (*coffea canephora* Pierre) crop. *Sci. Agric.* 56: 83-92.

Wadt, P., R. Novais, V. Alvarez, N. Barros and L. Dias. 1999b. Variations on the nutritional status of eucalypt as influenced by the genetic material and age of tree. *Pesq. Agropec. Bras.* 34: 1796-1803.

Wadt, P., D. Silva, C. Maia, J. Tomé Junior, P. Pinto e P. Machado. 2007. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesq. Agropec. Bras.* 42: 57-64.

Wallace, A. 1990. Nitrogen, phosphorous, potassium interaction on Valencia orange fields. *J. Plant Nutr.* 13: 357-365.

Walworth, J. and M. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil. Sci.* 6: 149-188.

Walworth, J. and M. Sumner. 1988. Foliar diagnosis. A review. *Adv. Plant.Nutr.* 3:139-241.

Walworth, J., M. Sumner, R. Isaac and C. Plank. 1986a. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the South-eastern United States and comparison with the Midwest norms. *Agron. J.* 78: 1046-1052.

Walworth, J., W. Letsch and M. Sumner. 1986b. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 50:123-127.

Walworth, J., H. Woodward and M. Sumner. 1988. Generation of corn tissue norms from a small high-yield data base. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:563-577.

Ward, S., G. Pickersgill, D. Michaelsen and D. Bell. 1985. Responses to factorial combinations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers by sampling of *Eucalyptus saligna*, and the prediction of the responses by DRIS indices. *Aust. For. Res.* 15: 27-32.

Ware, G., K. Ohki and L. Moon. 1982. The Mitscherlich plant growth model for determining critical nutrient deficiency levels. *Agron. J.* 74: 88-91.

Weeb, R.A. 1972. Use of the boundary line in the analysis of biological data. *J. Hort. Sci.* 47:309-319.

Wortmann, C., C. Bosch and L. Mukandala. 1994. Foliar nutrient analyses in bananas grown in the highlands of East-Africa. *J. Agronomy and Crop Science* 172: 223-226.

Yost, R., D. Debell, C. Whitesell y S. Miyasaka. 1987. Early growth and nutrient status of *Eucalyptus saligna* as affected by nitrogen and phosphorus fertilization. *Australian Forest Research* 17: 203-214.

APÉNDICE

Cuadro 4
Cultivos extensivos analizados mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Avena	<i>Avena sativa</i>	Oat	Chojnacki, 1984.
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Sugarcane	Beaufils y Sumner, 1976; Beaufils y Sumner, 1977; Elwali y Gascho, 1983; Elwali y Gascho, 1984; Jones y Bowen, 1981; Meyer, 1981; Reis y Monnerat, 2002a; Reis y Monnerat, 2002b; Reis y Monnerat, 2003a ; Reis y Monnerat, 2003b ; Sumner y Beaufils, 1975a; Sumner y Beaufils, 1975b; Sumner, 1979.
Maravilla o girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Sunflower	Grove y Sumner, 1982
Maíz	<i>Zea mays</i>	Corn	Baldock y Schulte, 1996 ; Barry <i>et al.</i> , 1989; Beverly, 1993b; Brown <i>et al.</i> , 1992; Dara <i>et al.</i> , 1992; Elwali <i>et al.</i> , 1985; Elwali y Gascho, 1988; Escano <i>et al.</i> , 1981a; Escano <i>et al.</i> , 1981b; Letsch y Sumner, 1984; Malakouti, 1992; Reis, 2002; Roberts y Rhee, 1993; Soltanpour <i>et al.</i> , 1995 ; Sumner, 1975; Sumner, 1977a; Sumner, 1977 c; Sumner, 1977e; Sumner, 1979; Sumner, 1981; Urricariet <i>et al.</i> , 2004; Walworth <i>et al.</i> , 1988.
Soya	<i>Glycine max</i>	Soybean	Bell <i>et al.</i> , 1995; Bethlenfalvay <i>et al.</i> , 1990; Beverly <i>et al.</i> , 1986; Beverly, 1987a; Beverly, 1993a; Brown <i>et al.</i> , 1992; Evanylo <i>et al.</i> , 1987; Hallmark <i>et al.</i> , 1984; Hallmark <i>et al.</i> , 1985; Hallmark, 1988; Hallmark <i>et al.</i> , 1988a; Hallmark <i>et al.</i> , 1988b; Hallmark <i>et al.</i> , 1989; Hallmark <i>et al.</i> , 1990a; Hallmark <i>et al.</i> , 1990b; Hallmark <i>et al.</i> , 1992; Hallmark <i>et al.</i> , 1994; Hanson, 1981 ; Hanson <i>et al.</i> , 1992; Maeda, 2004 ; Payne <i>et al.</i> , 1985 ; Shuman <i>et al.</i> , 1992 ; Sumner, 1977b; Sumner, 1979; Urano <i>et al.</i> , 2007; Vieger <i>et al.</i> , 1989.
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Tobacco	Evanylo <i>et al.</i> , 1988a; Evanylo <i>et al.</i> , 1988b.
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Wheat	Amundson y Koehler, 1987; Beverly, 1993b; Sumner, 1977d; Sumner, 1981.

Cuadro 5
Cultivos forrajeros analizados mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	Beverly, 1993b; Kelling <i>et al.</i> , 1983; Kelling <i>et al.</i> , 1985-1986; Russelle y Sheaffer, 1986; Walworth <i>et al.</i> , 1986a.
Ballica inglesa	<i>Lolium perenne</i>	Perennial Ryegrass	Bailey <i>et al.</i> , 1997a; Bailey <i>et al.</i> , 1997b; Bailey <i>et al.</i> , 2000.
Pasto bahía	<i>Paspalum notatum</i>	Bahia Grass	Payne <i>et al.</i> , 1990; Snyder y Kretschmer, 1988.
Chépica o pasto bermuda.	<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda Grass	Robinson y Tarpley, 1986; Tarpley <i>et al.</i> , 1985.
Trébol subterráneo	<i>Trifolium subterraneum</i>	Sub clover	Jones <i>et al.</i> , 1986.
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	White clover	Jones y Sinclair, 1991.
Pasto braquiaria o Pasto alambre	<i>Brachiaria decumbens</i>	Signal Grass	Silveira <i>et al.</i> , 2005a; Silveira <i>et al.</i> , 2005b.

Cuadro 6
Especies frutales analizadas mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Avellana	<i>Corylus avellana</i>	Hazelnut	Alkoshab <i>et al.</i> , 1988 ; Righetti <i>et al.</i> , 1988a; Righetti <i>et al.</i> , 1988b.
Café	<i>Coffea arabica</i> <i>Coffea canephora</i>	Coffee	Arboleda <i>et al.</i> , 1988; Arizaleta <i>et al.</i> , 2002a; Arizaleta <i>et al.</i> , 2002b; Barbosa <i>et al.</i> , 2006; Bataglia <i>et al.</i> , 2004; Partelli <i>et al.</i> , 2005; Partelli <i>et al.</i> , 2006a; Partelli <i>et al.</i> , 2006b; Partelli <i>et al.</i> , 2007; Reis <i>et al.</i> , 2002; Silva <i>et al.</i> , 2003; Wadt <i>et al.</i> , 1999a; Wadt, 2005.

Continúa

Continuación Cuadro 6. Especies frutales analizadas mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Cerezo	<i>Prunus avium</i>	Cherry	Davee <i>et al.</i> , 1986; Righetti <i>et al.</i> , 1988a; Righetti <i>et al.</i> , 1988b.
Cítricos (naranja, limonero)	<i>Citrus sinensis</i> <i>Citrus limon</i>	Orange Lemon	Bataglia, 1989; Beverly <i>et al.</i> , 1984; Beverly, 1987b; Beverly, 1992; Cerda <i>et al.</i> , 1995; Creste y Nakagawa, 1997; Moreno <i>et al.</i> , 1996; Mourao Filho <i>et al.</i> , 2002; Mourao Filho y Acevedo, 2003; Mourao Filho, 2005; Rodríguez <i>et al.</i> , 1997; Sumner, 1985; Wallace, 1990.
Granado	<i>Punica granatum</i>	Pomegranate	Raghupathi y Bhargava, 1998b.
Cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	Coconut	Khan <i>et al.</i> , 1988; Santos <i>et al.</i> , 2004.
Duraznero	<i>Prunus persica</i>	Peach	Monge <i>et al.</i> , 1995; Sanz <i>et al.</i> , 1992; Sanz, 1999; Sumner, 1985.
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Raghupathi y Bhargava, 1999; Raghupathi <i>et al.</i> , 2004; Schaffer <i>et al.</i> , 1988; Wadt <i>et al.</i> , 2007.
Manzano	<i>Malus domestica</i>	Apple	Das y Verma, 2005; Fallahi y Righetti, 1984; Goh y Malakouti, 1992; Nachtigall y Dechen, 2007a; Nachtigall y Dechen, 2007b; Parent y Granger, 1989; Singh <i>et al.</i> , 2000; Szücs <i>et al.</i> , 1990.
Nogal	<i>Juglans regia</i>	Walnut	Klein <i>et al.</i> , 1991 ;
Palto o aguacate	<i>Persea americana</i>	Avocado	Nuñez <i>et al.</i> , 1988.
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Papaya	Bowen, 1992.
Pecanero	<i>Carya illinoensis</i>	Pecan	Beverly y Worley, 1992; Medina y Medina, 1992; Medina y Chávez, 1999; Medina, 2002.
Piña	<i>Annanas comosus</i>	Pineapple	Angeles <i>et al.</i> , 1990.

Continúa

Continuación Cuadro 6. Especies frutales analizadas mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Plátano o banano	<i>Musa spp.</i>	Banana	Angeles <i>et al.</i> , 1993; Rodríguez y Rodríguez, 1997; Rodríguez <i>et al.</i> , 2004; Rodríguez <i>et al.</i> , 2005; Smithson <i>et al.</i> , 2004; Teixeira <i>et al.</i> , 2002a; Teixeira <i>et al.</i> , 2002b; Wortmann <i>et al.</i> , 1994.
Té	<i>Camellia sinensis</i>	Tea	Lee, 1980.
Vid	<i>Vitis vinifera</i>	Grapevine	Bhargava y Raghupathi, 1995; Chelvan <i>et al.</i> , 1984; Kumar <i>et al.</i> , 2003; Kumar <i>et al.</i> , 2004; Kumar <i>et al.</i> , 2005; Schaller y Löhnertz, 1984; Schaller y Löhnertz, 1985; Schaller <i>et al.</i> , 1995; Schaller <i>et al.</i> , 2002; Sharma <i>et al.</i> , 1995; Terra <i>et al.</i> , 2003; Terra <i>et al.</i> , 2004; Terra <i>et al.</i> , 2007.

Cuadro 7

Hortalizas analizadas mediante diagnóstico DRIS

Especie	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>	Artichoke	Martínez <i>et al.</i> , 2004.
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Celery	Tremblay <i>et al.</i> , 1990.
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	Brinjal	Raghupathi y Bhargava, 1998a.
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Onion	Caldwell <i>et al.</i> , 1994.
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	Lettuce	Sánchez <i>et al.</i> , 1991.
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Potato	Evanylo y Zehnder, 1988; MacKay <i>et al.</i> , 1987; MacKay <i>et al.</i> , 1989; Meldal y Sumner, 1980; Navvabzdeh y Malakouti, 1993; Parent <i>et al.</i> , 1994b; Sumner, 1979.
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomato	Caron y Parent, 1989; Caron <i>et al.</i> , 1991; Derouin <i>et al.</i> , 1988; Hartz <i>et al.</i> , 1998; Ikeda <i>et al.</i> , 1998; Rouin <i>et al.</i> , 1988.
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Carrot	Parent <i>et al.</i> , 1994a.

Cuadro 8

Especies forestales analizadas mediante diagnóstico DRIS

Espece	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Abeto	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	Moreno <i>et al.</i> , 2002.
Álamo	<i>Populus tremula</i>	Poplar	Kim y Leech, 1986; Leech y Kim, 1981.
Árbol del caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>	Rubber Tree	Beaufils, 1957; Beaufils, 1971; Flores <i>et al.</i> , 2004.
Arce sacarino	<i>Acer saccharum</i>	Sugar Maple	Lozano y Huynh, 1989.
Eucalipto	<i>Eucalyptus deglupta</i> <i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalyptus	Silva <i>et al.</i> , 2004; Silva <i>et al.</i> , 2005; Wadt <i>et al.</i> , 1998a; Wadt <i>et al.</i> , 1998b; Wadt <i>et al.</i> , 1999b; Wadt, 2004; Ward <i>et al.</i> , 1985; Yost <i>et al.</i> , 1987.
Liquidámnar americano	<i>Liquidambar styraciflua</i>	American sweetgum	Coleman <i>et al.</i> , 2003.
Pino insigne o pino radiata	<i>Pinus radiata</i>	Pine radiata	Romanya y Vallejo, 1996; Svenson y Kimberley, 1988.
Pino navideño	<i>Abies fraseri</i>	Christmas Pine Fraser Fir	Hockman <i>et al.</i> , 1989; Kopp y Burger, 1990; Rathfon y Burger, 1991a; Rathfon y Burger, 1991b.
Pino taeda	<i>Pinus taeda</i>	Loblolly Pine	Gregoire y Fisher, 2004; Needham <i>et al.</i> , 1990.
Roble	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	Pedunculate Oak o English oak	Pohl <i>et al.</i> , 1999.
Teca	<i>Tectona grandis</i>	Teak	Drechsel y Zech, 1994.

Cuadro 9
Especies analizadas mediante diagnóstico CND

Espece	Nombre científico	Nombre en inglés	Autores
Abeto de navidad o abeto balsámico	<i>Abies balsamea</i>	Christmas tree Balsam Fir	Parent <i>et al.</i> , 2005.
Cebolla	<i>Alium cepa</i>	Onion	Parent <i>et al.</i> , 1995; Parent y Khiari, 2003
Eucalipto	<i>Eucalyptus deglupta</i> <i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalyptus	Silva <i>et al.</i> , 2004; Silva <i>et al.</i> , 2005.
Frijol Castilla o Caupí	<i>Vigna unguiculata</i>	Cowpea	García <i>et al.</i> , 2005.
Maíz	<i>Zea mays</i>	Corn	Khiari <i>et al.</i> , 2001a; Khiari <i>et al.</i> , 2001b; Magallanes <i>et al.</i> , 2006.
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Potato	Belanger <i>et al.</i> , 2005; Khiari <i>et al.</i> , 2001c; Parent <i>et al.</i> , 1994b; Parent <i>et al.</i> , 1995.
Pimentón amarillo	<i>Capsicum annum L.</i>	Yellow pepper	García <i>et al.</i> , 2004.
Plátano o banano	<i>Musa spp.</i>	Banana	Raghupathi <i>et al.</i> , 2002; Rodríguez <i>et al.</i> , 2004.
Soya	<i>Glicine max</i>	Soybean	Urano <i>et al.</i> , 2006.
Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Tomato	Parent <i>et al.</i> , 1993.
Tuna	<i>Opuntia ficus</i>	Cactus Pear, Nopales, Prickly Pear	Gutiérrez <i>et al.</i> , 2002.
Vid	<i>Vitis vinifera</i>	Grapevine	Bhargava y Raghupathi, 1999; Kumar <i>et al.</i> , 2003; Kumar <i>et al.</i> , 2004; Kumar <i>et al.</i> , 2005.
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Carrot	Parent <i>et al.</i> , 1994a.

Los autores agradecen a la
Fundación para la Innovación Agraria
por el financiamiento otorgado para la realización
de esta publicación, así como al
Centro Regional de Estudios Agronómicos
de la Universidad de Chile (UCHILECREA)
por su apoyo en la ejecución de este estudio

