

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL PARA MANZANO EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA: UN ANALISIS METODOLÓGICO

Juan Manuel Cortés Jiménez ¹
Eduardo A. Narro Farías ²

RESUMEN

La parte de campo de este trabajo se realizó durante los ciclos 1987 y 1988 en los Lirios, Arteaga, Coah. Se comparó el diagnóstico nutricional mediante los enfoques de rangos de suficiencia (Bould, 1970; Robinson, 1986) y Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), a la respuesta a la aplicación de NPK, y el análisis de correlación entre los índices de crecimiento y producción del árbol y la concentración foliar de nutrimentos en árboles de manzano, var. Golden Delicious, sobre patrón MM111 plantados a 5 x 4 m.

En la comparación de metodologías, se encontró que el rango óptimo y el DRIS diagnostican deficiencia de K (Potasio) y Mg (Magnesio). Ambos, según la interpretación de Bould (1970), coinciden en que el K, Mg, B (Boro) y N (Nitrógeno) son los elementos que el orden de requerimientos señala como más deficientes; sin embargo, el DRIS no detectó la deficiencia de P (Fósforo) y Zn (Zinc), los que aparecen como deficientes en casi todas las muestras, según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos. Se encontraron correlaciones significativas entre la concentración foliar de P, K, Mn (Manganeso), Cu, Zn y B y el crecimiento del árbol, y entre el N, Mg, Zn y B y el rendimiento.

Se concluye que en la determinación de los problemas nutrimentales del manzano, el diagnóstico se afecta por la metodología y los criterios de interpretación que se utilicen, así como por la condición productiva del huerto.

Palabras clave: Rangos óptimos, DRIS.

1. Tesista M.C. y 2. Ph.D. Maestro Investigador del Depto. de Suelos. Div. de Ingeniería, UAAAN.

SUMMARY

A two year field study (1987 and 1988) was conducted to compare the nutritional status, diagnosed by optimal ranges (Bould, 1970; Robinson, 1986), DRIS, field response of application of NPK, and correlation analysis between growth index, tree production and foliar concentration of nutrients. Sixteen year old trees of the Golden Delicious variety grafted on the MM111 rootstock planted in a 5 x 4 m distribution, were used as experimental material.

When methodologies were compared it was found that the optimal range and DRIS diagnostic indicated K and Mg deficiencies; DRIS and the optimum ranges, as interpreted by Bould (1970), agreed in the four most deficient elements (K, Mg, B and N); however, DRIS did not detect P and Zn deficiencies which were deficient in the most of the samples according to both interpretation criteria of the optimal ranges. Statistically significant correlations were found between growth index and foliar concentration of N, Mg, Zn and B.

In conclusion, in the determination of nutritional deficiencies in apple trees, the diagnostic is affected by the methodology and the interpretation criteria used, as well as the crop load.

Key words: Nutritional diagnostic for apple trees, Optimum ranges, DRIS.

INTRODUCCIÓN

En Arteaga, Coahuila, el cultivo del manzano es de gran importancia por la superficie cultivada, valor de la producción, mano de obra que ocupa y los ingresos que proporciona; sin embargo, se desconoce cual es la fertilización más adecuada de los huertos, problema que se puede solucionar mediante buenos diagnósticos nutricionales.

Entre las técnicas usadas según Smith, (1986) están: experiencias de técnicos y productores, sintomatología visual, análisis de suelos, experimentos de campo e invernadero, análisis foliar y análisis bioquímico y fisiológico. Las ventajas de los métodos de diagnóstico son varias, pero se cita que el mejor es el que recomienda la fertilización sólo cuando es probable una respuesta económica directa; sin embargo, parece que el análisis foliar es el mejor método para identificar la necesidad de fertilización en frutales (Kenworthy, 1973).

El método tradicional para establecer valores de referencia para el diagnóstico de nutrimentos es el valor crítico, el cual se definió como la concentración de un nutrimento en una parte específica de la planta en un estado específico de crecimiento, en el cual ocurre una reducción del 10% del rendimiento máximo, como la concentración asociada con el punto medio de la zona transicional entre

niveles de deficiencia y suficiencia (Ulrich y Hills, 1973; Medina, 1987). Bates (1971) basado en criterios económicos, define el nivel crítico como la concentración a la cual la aplicación de fertilizante no representa ganancias.

El DRIS minimiza el efecto de la edad del tejido en la interpretación del análisis foliar, por lo que la época de muestreo no es tan crítica como en otros métodos y no se afecta por la posición del tejido muestreado (Sumner, 1977; Nuñez, 1987, Medina, 1987), ni por la variedad (Sumner, 1977; Sumner, 1985); además, el DRIS detecta deficiencias provocadas por la interacción o exceso de otros nutrimentos (Beverly *et al.*, 1984).

Medina (1987) y Nuñez (1987), citan que el enfoque de rangos críticos entre sus desventajas no toma en cuenta la interacción de nutrimentos, y que los valores críticos son para una época determinada de muestreo, donde la concentración de los nutrimentos presenta poca variación, el valor crítico no considera el balance nutricional en la planta, lo cual puede ser más importante que la concentración misma del nutrimento y el valor crítico se obtiene mediante una curva de respuesta válida para todas las demás condiciones del cultivo.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el estado nutrimental de árboles de manzano y comparar el diagnóstico obtenido mediante cuatro enfoques utilizados para este propósito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó durante los ciclos 1987 y 1988 en los Lirios, Arteaga, Coahuila, México, situado a 25°23'23" de latitud norte y 100° 35'38" de longitud oeste, a una altura de 2 350 msnm. El clima, según la Köppen, modificado por García (CETENAL, 1977a), es templado, con temperatura media anual entre 12° y 18°C y la temperatura del mes más frío fluctúa entre -3 y 18°C. El suelo del huerto, de acuerdo al sistema FAO modificado por CETENAL (1977b), es un Feozem calcárico de textura fina.

Se utilizó la variedad Golden Delicious sobre patrón MM111 con densidad de 500 árboles/ha (5 x 4 m), cuya edad fue de 16 años. La variación en la concentración foliar de nutrimentos se indujo con la aplicación de 17 tratamientos de fertilización y acolchado, los cuales se obtuvieron de una matriz Plan Puebla 1. Se utilizó sulfato de amonio, superfosfato de calcio triple y sulfato de potasio como fuente nitrogenada, fosfatada y potásica. El material de acolchado fue rastrojo de maíz.

Los tratamientos se incorporaron al suelo en el tercio exterior de la proyección de la copa del árbol, en marzo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, y se tomó un árbol como unidad experimental. En el Cuadro 1 se describen los tratamientos aplicados.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados.

Tratamiento No.	Nitrógeno g/árbol	Fósforo g/árbol	Acolchado kg/árbol	Potasio g/árbol
1	400	160	4	300
2	400	160	8	300
3	400	240	4	300
4	400	240	8	300
5	600	160	4	300
6	600	160	8	300
7	600	240	4	300
8	600	240	8	300
9	200	160	4	300
10	800	240	8	300
11	400	80	4	300
12	600	320	8	300
13	400	160	0	300
14	600	240	12	300
15	600	240	8	0
16	600	240	8	600
17	0	0	0	0

Las muestras foliares se tomaron de cada árbol de las tres primeras repeticiones en la primera semana de agosto de 1987 y 1988. Se colectaron hojas de la parte media de los crecimientos del año de la porción media de la copa. Se determinó contenido de N (Nitrógeno), P (Fósforo), K (Potasio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), Fe (Fierro), Mn (Manganeso), Zn (Zinc), Cu (Cobre) y B (Boro).

Para que el análisis foliar sea un método de diagnóstico efectivo, es necesario el siguiente proceso establecido por Kenworthy, 1973:

1. Estandarizar el método de muestreo para que pueda ser seguido por los fruticultores.
2. Tener valores de referencia que permitan el diagnóstico para una muestra particular.
3. Métodos analíticos de rutina para la determinación de todos los elementos esenciales y algunos no esenciales.
4. Interpretación insesgada de los resultados analíticos.

5. Desarrollo de recomendaciones para corregir deficiencias o excesos de nutrimentos.
6. Una forma de reportar los resultados y recomendaciones que pueda ser comprendida por el productor.

Para el cultivo de manzano se han reportado valores de referencia para determinar los intervalos de suficiencia y rangos críticos (Simons, 1960; Bould, 1970; Young, 1980; Robinson, 1986; Vang- Petersen y Nikolajsen, 1986), los cuales se presentan en el Cuadro 2.

El diagnóstico nutricional de los árboles se realizó por el enfoque de rangos de suficiencia (Bould, 1970; Robinson, 1986), y a través de DRIS, los cuales se contrastaron con la respuesta del árbol a la aplicación de fertilizantes, y con el análisis de correlación entre la concentración de nutrimentos y los índices de crecimiento y los índices de crecimiento y producción de los árboles.

Las normas de DRIS se desarrollaron a partir de 54 observaciones, que se dividieron en dos subpoblaciones: una de alto y otra de bajo rendimiento. Los árboles con producción mayor o igual a 60 kg comprendieron la subpoblación de alto rendimiento; este umbral se determinó bajo el criterio de la suma de la media de producción más la desviación estandar. Para las dos subpoblaciones se calculó la media, la desviación estandar y la varianza de la concentración de los 10 elementos analizados, así como para todos los cocientes y productos de cada par de nutrimentos.

Los valores para las normas se seleccionaron en función de la relación de varianza de los cocientes de cada par de nutrimentos; los cocientes con la mayor relación de varianza (B/A) entre la subpoblación de bajos rendimientos (B) y la subpoblación de altos rendimientos (A), se consideraron para las normas (Kim y Leech, 1986; Medina, 1987). Sin embargo, para definir las expresiones de cada par de nutrimentos capaces de discriminar las dos poblaciones, se llevó a cabo una prueba de homogeneidad de varianza (varianza mayor/varianza menor).

Para calcular las normas DRIS se usó el programa de cómputo elaborado por Letsch (1985) y adaptado por Sánchez (1988b). Los índices DRIS, el orden de requerimiento de los elementos nutritivos y el índice de desbalance nutricional IDN, se realizó con un programa elaborado por el mismo autor (Sánchez, 1988a).

Longitud de Brotes. Para esta característica, se seleccionaron cinco brotes de la parte media de la copa de cada árbol, cuatro orientados a cada uno de los puntos cardinales y uno al centro. Se evaluó mensualmente por lectura directa.

Incremento en Area Transversal del Tronco (IATT). Esta variable se determinó del perímetro del tronco a 30 cm de altura sobre el suelo; esta área se evaluó al inicio y al final de cada ciclo de producción y por diferencia se obtuvo el incremento anual.

Cuadro 2. Criterios para la interpretación del contenido foliar de nutrimentos en manzano.

Concentración Nutricional						
	CNR					Referencia
	Deficiente	Marginal	Adecuado	Alto	Tóxico	
N*	1.7-2.0	2.0-2.4	2.4-2.8	> 3.0		Bould (1970)
	< 1.6	1.6-1.9	2.0-2.4	2.5-3.0	> 3.0	Robinson (1986)
			2.45			Simons (1960)
			2.0-2.5			Vang-Petersen y Nikolajsen (1986)
		1.7-2.0				Young (1980)
P	.07-0.1	0.1-15	0.2-25	> .3		Bould (1970)
	< .10	0.1-14	.15-.20	.21-.30	> .30	Robinson (1986)
			0.17			Simons (1960)
			.18-.28			Vang-Petersen y Nikolajsen (1986)
		0.1				Young (1980)
K	0.4-0.7	0.8-1.2	1.3-1.6	> 2.0		Bould (1970)
	< 0.8	0.8-1.1	1.2-1.5	1.6-3.0	> 3.0	Robinson (1986)
			1.75			Simons (1960)
			1.3-1.8			Vang-Petersen y Nikolajsen (1986)
		0.8-1.5				Young (1980)
Ca	0.5-.75	0.8-1.0	1.0-1.6	> 2.0		Bould (1970)
	< .70	0.7-1.0	1.1-2.0	2.1-2.5	> 2.5	Robinson (1986)
			1.5			Simons (1960)
		1.2				Young (1980)
Mg	.06-.15	-15-.20	.25-.30	> 0.3		Bould (1970)
	< .15	-15-.20	.21-.25	26-.45	> .45	Robinson (1986)
			.22			Simons (1960)
		0.2-0.3				Young (1980)
Cu**	1-3	3-5	5-10	> 20		Bould (1970)
	< 4	4-6	6-20	21-100		Robinson (1986)
			13			Simons (1960)
		5-6				Young (1980)
Zn	1-5	5-15	15-25	> 30		Bould (1970)
	< 10	10-20	20-50	> 50		Robinson (1986)
		15-20				Young (1980)
Mn	5-20	20-25	30-100	> 200		Bould (1970)
	< 20	20-50	50-100	100-200	> 200	Robinson (1986)
			54			Simons (1960)
		25-30				Young (1980)
Fe	< 60	60-99			> 500	Robinson (1986)
		100				Young (1980)
B	5-15	15-20	25-30	> 40		Bould (1970)
	< 15	15-20	21-40	40-200		Robinson (1986)
			30			Simons (1960)
		20-25				Young (1980)

* por ciento; ** partes por millón

Rendimiento de Fruto. Se definió el número y peso de varias categorías establecidas en función del diámetro ecuatorial del fruto. La categoría extra incluye frutas con diámetro mayor de 6.7 cm, la de primera entre 6.7 y 6.2 cm, la de segunda entre 6.1 y 5.5 cm y la de tercera con diámetro menor de 5.5 cm. La cosecha se realizó en la primera quincena de septiembre.

Se realizó análisis factorial para determinar el efecto del acolchado y los fertilizantes sobre el crecimiento y la producción de los árboles, así como análisis de correlación entre estas dos últimas variables y la concentración foliar de nutrimentos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición foliar se reporta en el Cuadro 3, y en el Cuadro 4 el diagnóstico nutricional, según el enfoque de rangos de suficiencia. Del diagnóstico por el método DRIS, los cocientes seleccionados para las normas se reportan en el Cuadro 5, y el diagnóstico mediante este enfoque para cada tratamiento en el Cuadro 6. Aunque no existió diferencia significativa en la prueba de homogeneidad de varianza entre las relaciones de nutrimentos en la población de bajo y de alto rendimiento; estos últimos valores se utilizaron para fines del diagnóstico.

Para la interpretación del diagnóstico por el rango óptimo, se obtuvo el número y porcentaje de tratamientos cuya concentración de nutrimentos rebasó el límite inferior o superior de los rangos considerados adecuados, mientras que para el caso del DRIS, se obtuvo la frecuencia y el porcentaje de los cuatro nutrimentos que aparecieron como más deficientes y los cuatro que se consideraron en exceso o suficiencia relativa. Con esta metodología utilizada por Medina (1987), se comparó el diagnóstico según ambos enfoques y se encontró que tanto el rango óptimo (Bould, 1970; Robinson, 1986) como el DRIS diagnosticaron deficiencia de K y Mg; DRIS y rango óptimo según la interpretación de Bould (1970), coinciden en los cuatro elementos que el orden de requerimientos señala como más deficientes, y que son el K, Mg, B y N; sin embargo, el DRIS no detectó la deficiencia de P y Zn, los cuales aparecen como deficientes en casi todas las muestras, según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos (Cuadro 2).

Respecto a los elementos que se encuentran en exceso o suficiencia relativa, ambos enfoques coinciden en señalar al Mn como el nutrimento que se encuentra en esta situación. También el Boro según Bould (1979), y el Nitrógeno y Magnesio, según Robinson (1986), están en niveles superiores al óptimo, mientras que el DRIS detecta que el Fe, Cu y Zn, también se encuentran en condición de suficiencia relativa o exceso (Cuadro 7).

Cuadro 3. Composición foliar¹ asociada con la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo. Manzano var. Golden Delicious /MM III. Los Lirios, Coahuila. Agosto de 1988.

	Tratamientos*			K	N	P	%	Composición foliar				Mn	Zn	ppm	
	N	P	A					Ca	Mg	Fe	Cu			B	
1	400	160	4	300	2.357	0.139	1.01	1.34	0.21	88	157	11.00	5.00	33.20	
2	400	160	8	300	2.403	0.138	1.03	1.37	0.20	89	156	11.00	5.33	32.20	
3	400	240	4	300	2.620	0.150	1.14	1.44	0.22	86	129	12.33	5.00	36.33	
4	400	240	8	300	2.757	0.132	0.95	1.46	0.20	96	131	12.00	5.00	35.40	
5	600	160	4	300	2.273	0.145	1.10	1.57	0.23	93	178	12.00	8.00	32.03	
6	600	160	8	300	2.470	0.135	0.97	1.40	0.24	100	166	10.00	8.00	28.90	
7	600	240	4	300	2.507	0.147	1.04	1.37	0.22	90	176	10.67	7.33	27.03	
8	600	240	8	300	2.503	0.141	1.11	1.49	0.28	107	148	11.33	8.00	35.40	
9	200	160	4	300	2.400	0.145	1.07	1.47	0.25	87	130	11.00	9.33	28.73	
10	800	240	8	300	2.553	0.146	0.99	1.40	0.20	89	188	12.67	9.00	31.07	
11	400	80	4	300	2.460	0.148	1.27	1.46	0.20	93	114	12.00	7.33	24.60	
12	600	320	8	300	2.323	0.135	0.96	1.42	0.17	97	149	11.67	7.33	27.63	
13	400	160	0	300	2.623	0.149	1.04	1.39	0.22	90	139	11.67	8.67	29.93	
14	600	240	12	300	2.500	0.141	1.05	1.37	0.25	92	149	11.33	8.67	31.57	
15	600	240	8	0	2.627	0.146	1.23	1.44	0.21	85	192	11.33	9.00	26.43	
16	600	240	8	600	2.350	0.142	1.08	1.51	0.24	93	112	11.00	8.67	28.30	
17	0	0	0	0	2.330	0.144	1.03	1.38	0.22	90	122	12.00	10.00	32.20	

¹ Media de tres repeticiones

* N, P y K = Nitrógeno, fósforo y potasio en g/árbol

A = Acolchado en kg/árbol

Cuadro 4. Diagnóstico nutrimental por el método de rangos de suficiencia para cada uno de los tratamientos evaluados. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Tratamiento	Condición nutrimental								Referencia
1	N	P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
		P	K		Fe	Mn	Zn	Cu	Robinson (1986)
2		P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Robinson (1986)
3		P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N		K		Fe	Mn	Zn	Cu	Robinson (1986)
4		P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Robinson (1986)
5	N	P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
		P	K		Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
6		P	K	Mg		Mn	Zn		Bould (1970)
	N	P	K			Mn	Zn		Robinson (1986)
7		P	K	Mg		Mn	Zn		Bould (1970)
	N	P	K		Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
8		P	K			Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P	K	Mg		Mn	Zn		Robinson (1986)
9		P	K			Mn	Zn		Bould (1970)
		P	K		Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
10		P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P	K	Mg	Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
11		P	K	Mg		Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P		Mg	Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
12	N	P	K	Mg		Mn	Zn		Bould (1970)
		P	K	Mg	Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
13		P	K	Mg		Mn	Zn		Bould (1970)
	N	P	K		Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)
14		P	K			Mn	Zn	B	Bould (1970)
	N	P	K		Fe	Mn	Zn		Robinson (1986)

continua...

Tratamiento	Condición nutrimental							Referencia
15	P	K	Mg		Mn	Zn		Bould (1970)
	N	P			Fe	Mn	Zn	Robinson (1986)
16	N	P	K	Mg		Mn	Zn	Bould (1970)
		P	K		Fe	Mn	Zn	Robinson (1986)
17	N	P	K	Mg		Mn	Zn	Bould (1970)
		P	K		Fe	Mn	Zn	Robinson (1986)

Elemento en concentración superior a la óptima

Elemento en concentración inferior a la óptima

Cuadro 5. Relaciones usadas para el cálculo de los índices DRIS en manzano var. Golden Delicious/MM111, Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Expresión Nutrimentos	Media	C.V. %	Expresión Nutrimentos	Media	C.V. %
P/K	.129	13.26	N/Ca	1.742	13.09
P/Ca	.098	15.01	Fe/Mg	360.389	27.87
P/Mg	.613	27.22	Mn/Mg	607.199	50.45
Fe/P	588.941	12.26	Zn/Mg	47.519	30.88
Mn/P	958.060	39.62	Cu/Mg	27.968	41.34
Zn/P	77.543	21.91	B/Mg	144.567	27.01
Cu/P	47.813	40.07	N/Mg	10.972	24.47
B/P	243.010	27.45	Mn/Fe	1.636	40.39
N/P	18.036	14.98	Fe/Zn	7.782	14.27
Ca/K	1.330	9.39	Cu/Fe	0.081	37.46
K/Mg	4.783	27.08	Fe/B	2.550	24.26
Fe/K	75.761	15.58	Fe/N	32.948	11.36
Mn/K	123.793	40.32	Mn/Zn	12.789	46.15
Zn/K	9.990	23.86	Mn/Cu	25.600	72.63
Cu/K	6.188	45.83	Mn/B	4.245	55.95
K/B	0.034	30.35	Mn/N	52.860	36.25
N/K	2.315	16.05	Cu/Zn	0.627	38.40
Ca/Mg	6.266	21.09	Zn/B	0.334	29.26
Fe/Ca	57.190	15.70	Zn/N	4.300	16.38
Mn/Ca	93.79	40.56	Cu/B	0.212	50.81
Zn/Ca	7.545	24.23	Cu/N	2.681	42.47
Cu/Ca	4.690	47.67	N/B	0.077	21.68
B/Ca	23.213	19.59			

Cuadro 6. Índices DRIS; orden de requerimiento de los elementos e índices de desbalance nutricional (IDN) en función de 17 tratamientos al suelo. Manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	N	P	% K	Ca	Mg	Fe	Mn	ppm Zn
1	-2.62	1.52	-2.39	-1.97	-2.55	6.20	4.06	2.48
2	-1.60	0.71	-1.69	-0.90	-4.80	6.61	3.90	2.21
3	0.87	2.87	1.65	-1.46	2.82	0.56	-2.32	5.60
4	5.87	-3.60	-8.51	2.12	-6.00	10.20	-1.19	5.30
5	-10.86	-1.03	-2.74	3.23	-1.53	4.65	5.29	2.61
6	-1.99	-2.92	-7.52	-1.33	1.70	13.13	4.66	-4.85
7	-0.58	2.72	-3.08	-2.64	-1.03	5.57	6.37	-1.37
8	-6.29	-4.93	-3.50	-2.46	4.93	12.98	-0.64	-2.36
9	-4.28	1.06	-2.45	1.18	2.21	2.13	-2.39	-0.19
10	-1.69	0.48	-7.97	-2.87	-6.94	2.32	7.37	5.59
11	-2.36	2.49	9.27	0.77	-6.34	6.99	-5.51	4.97
12	-3.73	-0.40	-6.10	2.82	-12.47	13.77	2.87	5.02
13	1.00	2.28	-4.23	-2.94	-2.14	3.24	-0.75	1.86
14	-2.40	-1.34	-3.42	-4.54	2.26	4.91	0.83	0.37
15	0.27	-0.20	5.19	-2.43	-6.10	-0.96	7.90	0.05
16	-5.44	0.13	-1.54	3.39	2.11	7.11	-6.40	0.25
17	0.22	0.01	-4.66	-3.53	-3.68	3.32	-4.61	3.32

	ppm Cu	B	Orden de requerimientos	IDN
1	-6.84	2.12	Cu > N > Mg > K > Ca > P > B > Zn > Mn > Fe	32.74
2	-5.14	0.70	Cu > Mg > K > N > Ca > B > P > Zn > Mn > Fe	28.27
3	-8.59	3.64	Cu > Mg > Mn > Ca > Fe > N > K > P > B > Zn	30.41
4	-7.79	3.61	K > Cu > Mg > P > Mn > Ca > B > Z > N > Fe	54.18
5	3.47	-3.09	N > B > K > Mg > P > Zn > Ca > Cu > Fe > Mn	38.51
6	4.83	-5.72	K > B > Zn > P > N > Ca > Mg > Mn > Cu > Fe	48.66
7	2.40	-8.37	B > K > Ca > Zn > Mg > N > Cu > P > Fe > Mn	34.15
8	2.65	-0.38	N > P > K > Ca > Zn > Mn > B > Cu > Mg > Fe	41.12
9	9.21	-6.47	B > N > K > Mn > Zn > P > Ca > Fe > Mg > Cu	31.59
10	7.47	-3.76	K > Mg > B > Ca > N > P > Fe > Zn > Mn > Cu	46.45
11	2.86	-13.14	B > Mg > Mn > N > Ca > P > Cu > Zn > Fe > K	54.71
12	3.82	-5.59	Mg > K > B > N > P > Ca > Mn > Cu > Zn > Fe	56.60
13	6.47	-4.79	B > K > Ca > Mg > Mn > N > Zn > P > Fe > Cu	29.71
14	6.14	-2.81	Ca > K > B > N > P > Zn > Mn > Mg > Fe > Cu	29.01
15	7.56	-11.27	B > Mg > Ca > Fe > P > Zn > N > K > Cu > Mn	41.93
16	7.19	-6.79	B > Mn > N > K > P > Zn > Mg > Ca > Fe > Cu	40.37
17	11.52	-1.91	K > Mn > Mg > Ca > B > P > N > Zn > Fe > Cu	36.78

Cuadro 7. Porcentaje de tratamientos con nutrimentos deficientes o en suficiencia relativa, según dos enfoques de diagnóstico nutricional. Manzano Golden Delicious sobre patrón MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	Nutrimentos Deficientes			Nutrimentos en Exceso		
	Rango óptimo %		DRIS	Rango óptimo %		DRIS
	(1)	(2)	%	(1)	(2)	%
N	29.4	0.0	53.0	0.0	64.7	17.6
P	100.0	94.1	17.7	0.0	0.0	23.5
K	100.0	88.2	82.3	0.0	0.0	17.6
Ca	0.0	0.0	47.0	0.0	0.0	17.6
Mg	82.4	29.4	64.7	0.0	5.9	29.4
Fe	0.0	88.4	5.9	0.0	0.0	88.2
Mn	0.0	0.0	29.5	100.0	100.0	52.9
Zn	100.0	100.0	23.5	0.0	0.0	76.5
Cu	0.0	23.5	11.8	0.0	0.0	47.1
B	5.9	0.0	64.7	52.9	0.0	23.5

Al comparar el diagnóstico anterior con el análisis de correlación entre el crecimiento y producción del árbol y el contenido foliar de nutrimentos, se parte del supuesto de que al realizar un muestreo adecuado, la concentración de cualquier elemento que presente coeficientes negativos o positivos tenderá a ubicarse en niveles superiores o inferiores al óptimo respectivamente, lo cual es muy útil para validar otros enfoques de diagnóstico.

Del análisis correspondiente se desprende que el P y el K se asocian significativamente con el crecimiento del árbol, al igual que el Mn, Cu, Zn y B, y que el rendimiento de fruto correlacionó con la concentración de N, Mg, Zn y B (Cuadros 8 y 9).

La respuesta del árbol a la fertilización indicó que la aplicación de N, P y K incrementó el crecimiento y producción del huerto; la respuesta a K se diagnosticó adecuada por Bould (1970) y Robinson (1986) y por el DRIS; sin embargo, el análisis de correlación indicó deficiencia (coeficiente positivo y significativo) sólo en variables de crecimiento, ya que para producción se obtuvieron correlaciones significativas sólo cuando el contenido de este elemento en el suelo se expresó en forma de potencial potásico (pK). Bould (1970) y Robinson (1986) acertaron en el diagnóstico para P, lo cual no hizo DRIS ni el análisis de correlación, mientras que el nitrógeno fue mejor diagnosticado por Bould (1970), DRIS y el análisis de correlación.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre las variables de crecimiento del árbol y la composición foliar. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

Composición Foliar 1987	IATT ¹		Crec. de brotes		Composición Foliar 1988	IATT 1988	Crecim. de brotes 1988
	1987	1988	1987	1988			
Nitrógeno	0.099	0.205	0.005	0.376	Nitrógeno	0.248	0.049
Fósforo	0.152	0.449*	0.280	0.485*	Fósforo	-0.554**	0.231
Potasio	0.382	0.260	0.256	0.457*	Potasio	-0.169	0.477**
Calcio	0.066	0.259	0.058	0.115	Calcio	0.063	0.182
Magnesio	0.103	0.067	-0.334	0.227	Magnesio	0.265	0.187
Hierro	0.065	0.287	0.105	-0.172	Hierro	0.309	0.022
Manganeso	-0.185	-0.576**	-0.220	-0.002	Manganeso	-0.102	0.277
Cobre	-0.102	0.221	-0.057	-0.283	Cobre	-0.544**	-0.242
Zinc	0.567**	0.113	0.469*	0.107	Zinc	-0.199	0.187
Boro	0.213	-0.401*	-0.469	0.189	Boro	0.392	0.279

¹Incremento en área transversal del tronco.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre la productividad de los árboles y su composición foliar durante la primera quincena de agosto. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Variables de producción	N	%	P	K	Composición Nutricional				ppm		
					Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
No. total de frutos	0.412*	-0.245	-0.149	0.006	-0.162	0.201	0.251	0.398	-0.224	0.416*	.086 ¹
Rendimiento total	0.522**	-0.179	0.014	-0.012	0.178	0.274	0.169	0.268	-0.208	0.563**	.015 ¹
No. de frutos extra	0.196	-0.017	0.300	0.036	0.664***	0.398	-0.151	-0.183	0.089	0.272	
Peso de frutos extra	0.197	-0.037	0.280	0.033	0.655***	0.438*	-0.124	-0.192	0.076	0.288	
No. de frutos primera	0.172	-0.012	0.261	0.171	0.559*	0.406*	-0.106	-0.072	-0.067	0.375	
Peso de frutos 1a.	0.184	0.004	0.264	0.161	0.576*	0.391	-0.114	-0.067	-0.044	0.374	
No. de frutos 2a.	0.288	-0.299	-0.210	0.0	-0.432*	0.026	0.166	0.476**	-0.244	0.336	
Peso frutos 2a.	0.620***	-0.175	-0.184	-0.377	-0.340	-0.066	0.197	0.326	-0.259	0.336	
No. frutos 3a.	-0.041	-0.094	-0.315	0.023	-0.392	-0.132	0.267	0.329	0.086	-0.029	
Peso de fruto 3a.	-0.011	-0.122	-0.357	0.013	-0.325	-0.040	0.320	0.255	0.094	-0.051	

* ** y *** Correlación significativa

¹ Nivel de significancia

Los coeficientes de Mn, Cu, Zn y B en el análisis de correlación apoyan el diagnóstico de Bould (1970) y Robinson (1986), para Mn y Zn, y de Mn en el caso del DRIS, mientras que el coeficiente positivo de B coincide con el diagnóstico DRIS.

En la interpretación global del diagnóstico según las metodologías empleadas, se considera que éste se afecta por la condición productiva del huerto, ya que, según Hansen (1980), la necesidad de nutrimentos es mayor en ciclos de baja o nula producción, lo cual implica que la concentración óptima para el crecimiento no lo es necesariamente para la producción, y en este ensayo el rendimiento del ciclo 1987 fue muy bajo (3.4 kg/árbol), comparado con el que se obtuvo en 1988 (51 kg/árbol); se puede considerar que en 1987 Robinson (1986) diagnostica más acertadamente las necesidades de fertilización si se toma en cuenta sólo el rendimiento de frutos, y aquél para crecimiento vegetativo la interpretación de Bould (1970) fue más adecuada. En 1988 con altos niveles de producción, el diagnóstico de este último autor fue también más acertado.

Si se considera que para fines de manejo es conveniente que el estado nutricional de los árboles se encuentre en niveles óptimos, aún cuando no existía la expectativa de una buena producción, la interpretación de Bould (1970) de los rangos óptimos diagnosticó más adecuadamente la respuesta a la fertilización, tanto en ciclos de baja como de alta producción. Sin embargo, de acuerdo al criterio económico de Bates (1971), según el cual el mejor diagnóstico es aquél que recomienda fertilización sólo cuando es factible la obtención de ganancias, en años de baja producción se deben utilizar los criterios de interpretación de Robinson (1986), ya que en la mayoría de los casos, en la relación insumo/producto o costo/beneficio, no se atribuye ningún valor a la ganancia de vigor o a la formación de madera y de estructuras reproductivas. Estas consideraciones son válidas para el uso del DRIS, ya que en la zona bajo estudio, un alto porcentaje de años se tienen bajas producciones por causas climáticas como falta de horas frío y/o heladas tardías, lo cual se debe considerar al realizar un diagnóstico nutricional basado únicamente en la perspectiva de un rendimiento de fruto.

CONCLUSIONES

El diagnóstico nutricional se afecta por el enfoque y por los criterios de interpretación que se utilicen, así como por la condición productiva del huerto.

Se diagnosticó deficiencia de P, K, Mg, Fe y N de acuerdo al enfoque de rangos óptimos: de K, Mg, B y N según el DRIS; de NPK en la prueba de fertilización; y de NPK, Zn y B en el análisis de correlación. Todos los enfoques coinciden en señalar exceso de Mn.

Un diagnóstico integrado es la mejor alternativa para determinar problemas nutricionales del manzano en la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- Bates, T.E., 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: A review. *Soil Science*. 112:116-130.
- Beverly, R.B., J.C. Ojal, and T.W. Embleton. 1984. Nutrient diagnosis of valencia oranges by DRIS. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:649-654.
- Bould, C. 1970. The nutrition of fruit trees. In: Luckwill, L.C., and V. Cutting (Eds.) *Physiology of the tree crops*. London. Academic Press. p. 223-234.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. Carta de climas. San Antonio de las Alazanas. Escala 1:100,000. 1 hoja.
- _____. (CETENAL) 1977b. Carta edafológica. San Antonio de las Alazanas. Escala 1:100,000. 1 hoja.
- Hansen. P. 1980. Crop loaf and nutrient traslocation. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharpless, and W.M. Waller (Eds.) *Mineral nutrition of fruit trees*. Butterworths, London. p. 201-211.
- Kenworthy, A.L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchard. In: Walsh, L.M. and J.D. Beaton (Eds.). *Soil testing and plant analysis*. Madison Wisconsin, USA. SSSA. Inc. p. 381-392.
- Kim, Y.T. and R.H. Leech. 1986. The potencial use of DRIS in fertilizing hibrid poplar. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17(4): 429-438.
- Medina, M. 1987. Evaluación del método DRIS para el diagnóstico nutrimental del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) cv Western, en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación. CIFAP- Región Lagunera. INIFAP. 108 p.
- Núñez, M., J.H. 1987. Evaluación del método DRIS para la determinación del estado nutrimental del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Fuerte. Tesis Maestría. Chapingo, México. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. 176 p.
- Robinson, J.B. 1986. Fruits, vines and nuts. In: Reuter, D.H. and J.B. Robinson (Eds.). *Plant analysis: An interpretation manual*. Melbourne, Sidney. Inkata press. p. 120-146.
- Sánchez, V., L.R. 1988a. Programa fortran generalizado para el cálculo de las normas DRIS. Informe de investigación de cómputo y estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. 4 p.

- _____. 1988b. Programa básico para calcular los índices DRIS. Informe de investigación de cómputo y estadística. CIFAP-Región Lagunera INIFAP-SARH. 4 p.
- Simons, R.K. 1960. Developmental changes in russet sports of Golden Delicious apples. Morphological and anatomical comparison with normal fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76:41-51.
- Smith, F.W. 1986. Interpretation of plant analysis; concept and principles. In: Reuter, D.J. and J.B. Robinson (Eds.) Plant analysis; an interpretation manual. Melbourne, Inkata press, pp. 1-12.
- Sumner, M.E. 1977. Preliminary NP and K foliar diagnostic norms for soybeans. Agron. J. 69:226-230.
- _____. 1985. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Departament of Agronomy. University of Georgia. USA. 23 p.
- Ulrich, A., and F.J. Hills. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing sugar crops. In: Walsh, L.M. and J.D. Beaton (Eds.). Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, USA SSSA Inc. p. 271-288.
- Vang-Petersen, O. and H. Nikoljassen. 1986. Nitrogen, Phosphorus and potassium for apples and pears. Hort. Abs. 58(9):598.
- Young, J.O. 1980. Critical nutrient ranges in Washington irrigated crops. Cooperative extension. College of Agriculture. Washington State University. 12 p.