

Capítulo IX

ANÁLISIS FOLIAR Y UTILIZACIÓN DEL DRIS EN PECÁN

Ma. del Consuelo Medina Morales y Uriel Figueroa Viramontes

Resumen

El análisis foliar es una herramienta útil como criterio para el manejo de la fertilización de la huerta y para detectar deficiencias antes de que se observen síntomas visuales. Se revisan las principales técnicas para auxiliar en la interpretación de análisis foliares. El método más utilizado en nogal pecanero es el de intervalos de suficiencia (IS); en el presente capítulo se presentan los IS utilizados en áreas nogaleras de EE.UU y México. La desventaja del método de IS es que no considera la interacción entre nutrimentos y que se definen para una etapa de crecimiento y un órgano específico. Las deficiencias anteriores son ventajas del método DRIS, además de que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta y calcula un balance nutrimental. Se detalla el método de obtención de normas DRIS, se presentan las normas DRIS para el Norte de México y su aplicación práctica en diferentes condiciones de cultivo. Por último, se dan las recomendaciones prácticas para llevar a cabo el muestreo foliar en huertas de nogal pecanero, de tal manera que sea representativa.

Introducción

Para establecer un programa adecuado de fertilización en nogal pecanero, se deben considerar factores como: a) reserva de nutrimentos en el suelo, b) sintomatología y estado nutricional del cultivo, c) expectativa de rendimiento, d) año de alta o baja producción en el ciclo de alternancia. Los dos primeros puntos requieren de análisis en laboratorio de muestras representativas de suelo y planta. El análisis foliar consiste en la determinación química de la concentración de nutrimentos esenciales en muestras representativas de hojas, o de algún otro órgano de la planta (Campbell, 2000). La concentración de los nutrimentos en el follaje y la biomasa producida se relacionan con la extracción de nutrimentos del suelo. El dato anterior en conjunto con el análisis de suelo, se utiliza como criterio para estimar dosis de

fertilización en cultivos (Meisinger y Randall, 1991). Algunos otros usos del análisis foliar son:

- a) Diagnosticar o confirmar síntomas visuales
- b) Identificar deficiencias incipientes de nutrimentos, cuando no hay síntomas visibles
- c) Conocer si los nutrimentos aplicados fueron absorbidos por la planta
- d) Identificar interacciones o antagonismos entre nutrimentos

El análisis foliar es una herramienta útil en el diagnóstico del estado nutricional de la planta, ya que se dispone de técnicas de interpretación. Como el análisis de suelo nos indica las reservas de nutrimentos potencialmente disponibles al cultivo, el uso de ambas técnicas permite establecer un programa de fertilización adecuado a cada área homogénea de la huerta. Es recomendable llevar registros anuales de análisis foliar y de suelo para relacionarlos con el desarrollo y rendimiento del árbol; lo anterior permite formar criterios para modificar o ajustar el programa de fertilización.

Técnicas de interpretación de análisis foliar

Nivel crítico (NC)

Se refiere a la concentración de un nutrimento relacionada con un 5% de reducción en el rendimiento, en una curva de concentración contra rendimiento del cultivo (Munson y Nelson, 1973). El NC separa dos áreas de diagnóstico:

- a) Cuando la concentración de la muestra es menor que el NC, el valor se considera Deficiente; cuanto menor sea el valor de la muestra mayor es la probabilidad de obtener una respuesta a la aplicación del nutrimento deficiente.
- b) Si la concentración de la muestra es superior al NC, el valor es excesivo y disminuye la probabilidad de respuesta a la fertilización.

Aunque para nogal no se han establecido valores de NC (Campbell, 2000), el término medio del Intervalo de Suficiencia (Tabla 1) puede considerarse como NC.

Intervalo de suficiencia (IS)

Representa una extensión del procedimiento de NC y se refiere al rango de concentración de un nutrimento relacionado con el 90 a 100% del rendimiento. Con el uso de IS se distinguen tres regiones de diagnóstico (Baldock y Schulte, 1996):

- a) Si la concentración de la muestra es menor que el límite inferior del IS, el valor se considera Bajo o Deficiente;
- b) Si la concentración de la muestra esta dentro del IS, se considera Suficiente o Normal, y
- c) Si la concentración de la muestra es mayor que el límite superior del IS, el valor es Alto o Excesivo.

Los métodos anteriores tienen la desventaja de que no consideran la interacción entre nutrimentos ni el balance nutrimental (Sumner y Boswell, 1981); además, los valores de NC e IS son definidos para una etapa de muestreo y tejido específicos (Beaufils, 1973). Las ventajas de los IS es que la interpretación es sencilla y que la clasificación de un nutrimento es independiente de los demás. Es el método más común en frutales, incluido nogal pecanero. En estos cultivos, los valores de IS se han generado a partir de poblaciones de árboles con buen manejo y alto rendimiento (Leece et al., 1971). En la Tabla 1 se presentan los valores de IS utilizados en varias regiones productoras de nogal pecanero. En la Figura 1 se presenta de manera gráfica la concentración foliar de Zn en huertas de nogal pecanero en La Laguna, donde se aprecia que a pesar de que el Zn se aplica de manera regular en este cultivo, hay una gran variación en la absorción por el árbol.

Tabla 1-. Intervalos de suficiencia de nutrimentos para nogal pecanero en EE.UU. y la Comarca Lagunera, México.

Nutrimento	Georgia ¹	Nuevo Mexico ²	La Laguna, México ³
	----- % -----		
N	2.5 - 3.3	2.50 - 3.00	2.24 – 2.36
P	0.12 - 0.30	0.12 – 0.19	0.12 – 0.14
K	1.25 - 2.50	0.90 - 1.20	1.0 – 1.2
Ca	1.30 - 1.50	0.90 - 1.80	1.8 – 2.1
Mg	0.35 - 0.60	0.30 - 0.60	0.38 – 0.42
S	0.25 – 0.50	--	--
	----- mg/kg -----		
Fe	50 – 300	50 – 250	115 – 135
Cu	6 – 30	8 – 30	7 – 9
Zn	50 – 100	50 – 100	57 – 73
Mn	100 – 800	100 – 600	94 – 122
B	50 – 100	5 – 200	85 – 103
Ni	5 – 15	--	--

¹Wells y Harrison (2006); ²Herrera (1998); ³Medina (1995)

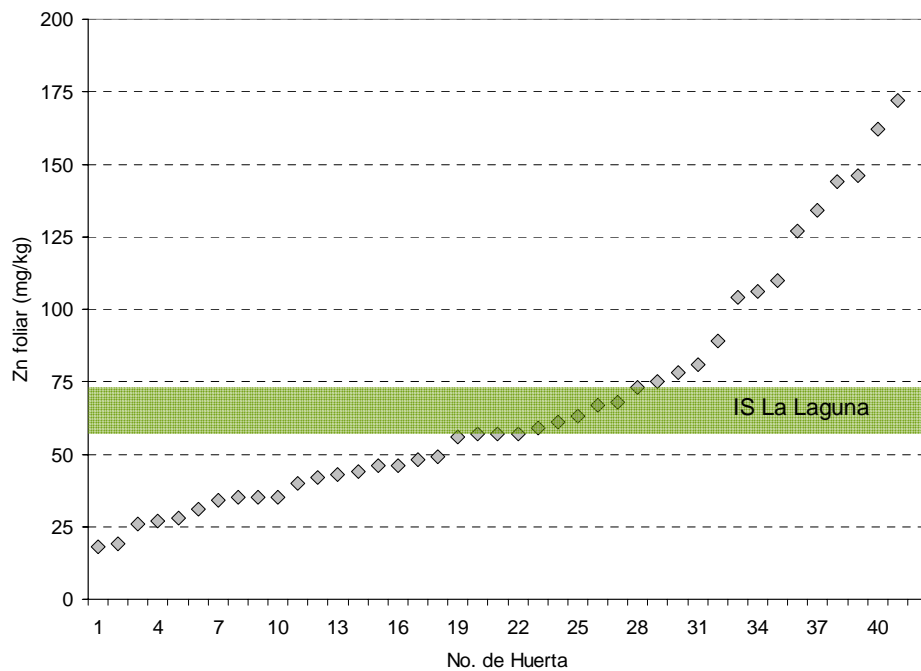


Figura 1. Concentración foliar de Zn en huertas de nogal de la Comarca Lagunera, México, en relación con el intervalo de suficiencia.

Índice de Balance (IB)

Fue desarrollado por Kenworthy (1965; 1973) para árboles frutales. Se basa en usar la concentración media poblacional (S) de cada nutrimento y el coeficiente de variación (CV) de una población de árboles con alto rendimiento, para determinar rangos suficientes, deficientes y excesivos. El IB de una muestra X se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Si } X > S, \text{ IB} = [(X/S) * 100] - [(\{(X/S) * 100\} - 100) * (CV/100)]$$

$$\text{Si } X < S, \text{ IB} = [(X/S) * 100] - [(100 - \{(X/S) * 100\}) * (CV/100)]$$

Los rangos que se definen con el procedimiento de IB se anotan en la Tabla 2 y representan el porcentaje estandarizado de cada nutrimento con respecto al valor óptimo de la población con alto rendimiento. Los valores de IB de los diferentes nutrimentos de una muestra se pueden ordenar de menor a mayor para generar un orden de requerimiento (OR), de manera similar al método DRIS. En la Tabla 3 se presentan los IB de dos muestras de nogal pecanero. En la Figura 2 se muestra de manera gráfica los resultados de IB de una de las muestras. Los intervalos de IB para Arizona, EE.UU se presentan en la Tabla 4 (Pond et al., 2006).

Tabla 2.- Clasificación de los valores de Índice de Balance.

Clasificación	Intervalo IB
Muy Bajo	< 50
Bajo	50 – 82
Normal	83 – 116
Alto	117 – 150
Muy Alto	> 150

Tabla 3.- Valores de IB de dos muestras de nogal pecanero y valores de media poblacional (S) y coeficiente de variación para el calculo de IB.

	N	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Orden de requerimiento
	-----%-----				-----mg kg ⁻¹ -----				
Media (S)	2.65	0.12	1.06	0.38	178.75	14.06	63.13	219.88	
CV (%)	8.78	12.37	20.55	22.36	20.52	58.95	67.70	70.26	
<u>Muestra 1</u>									
Concent.	2.74	0.11	0.62	0.28	113	2	27	278	Cu > Zn > K > Mg > P > Fe > N > Mn
IB	116.8	82.3	22.1	64.5	87.1	2.5	4.1	173.8	
Clasif.	N	B	MB	B	N	MB	MB	MA	
<u>Muestra 2</u>									
Concent.	2.29	0.09	0.84	0.46	132	22	35	124	Zn > K > P > N > Fe > Mn > Mg > Cu
IB	99.5	64.6	57.0	112.2	103.7	222.5	25.3	106.9	
Clasif.	N	B	B	N	N	MA	MB	N	

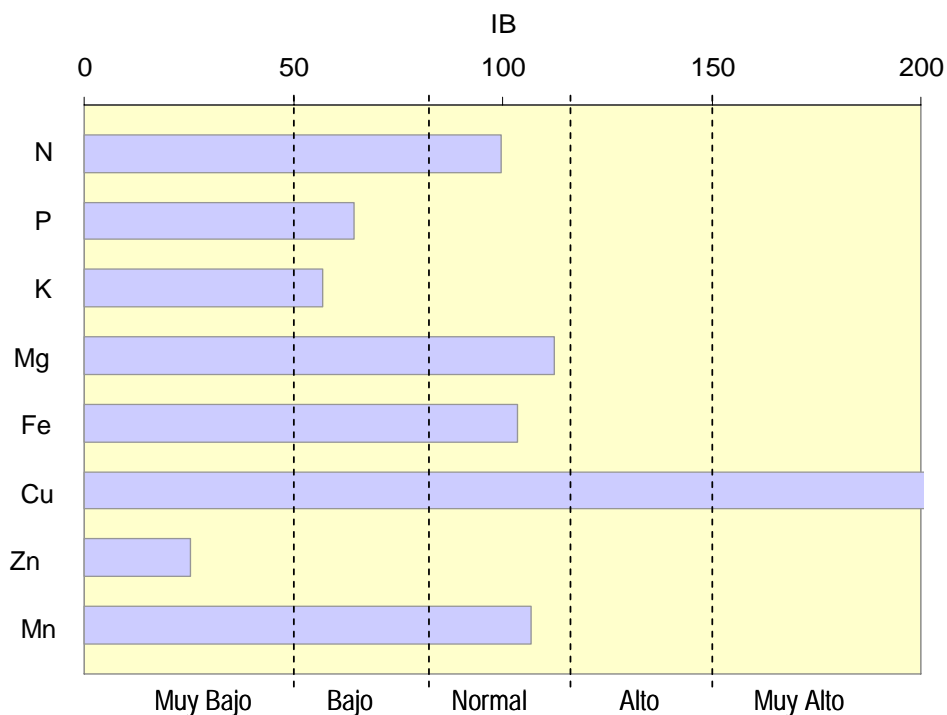


Figura 2. Representación de los valores de IB (muestra 2 de la Tabla 3).

Tabla 4.- Intervalos de concentración nutrimental mediante el procedimiento de índice de balance, en Arizona, EE.UU (Pond et al., 2006).

Nutrimento	Bajo	Normal	Alto
----- % -----			
N	1.15 – 2.04	2.05 – 2.95	2.96 – 3.85
P	0.03 – 0.09	0.10 – 0.15	0.16 – 0.23
K	0.45 – 0.99	1.00 – 1.58	1.59 – 2.15
Ca	0.72 – 1.58	1.57 – 2.42	2.43 – 3.26
Mg	0.18 – 0.38	0.39 – 0.58	0.59 – 0.80
S	0.07 – 0.13	0.14 – 0.19	0.20 – 0.27
----- mg/kg -----			
B	4 – 73	74 – 146	147 – 217
Cu	3 – 5	6 – 9	10 – 13
Fe	6 – 42	43 – 80	81 – 118
Mn	0 – 103	104 – 673	674 – 1227
Ni	2.8 – 8.4	8.5 – 14.2	14.3 – 20.0
Zn	0 – 85	86 – 256	257 – 423

Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)

Este método compara la relación entre concentraciones de nutrimentos de una muestra con la misma relación en una población de alto rendimiento. El método DRIS, desarrollado por Beaufils (1973), tiene las siguientes ventajas (Sumner, 1986):

- a) clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta,
- b) toma en cuenta su interacción,
- c) calcula el balance nutrimental,
- d) detecta excesos relativos, y
- e) se utiliza en cualquier etapa de desarrollo y diferente ubicación de la hoja.

En cerezo dulce se encontró que árboles con un Índice de Desbalance Nutrimental (IDN) bajo tienen rendimiento alto y viceversa, árboles con un IDN alto tienen rendimiento bajo, aunque también puede haber un IDN bajo con un rendimiento bajo, porque el problema que reduce el rendimiento no es nutrimental (Davee et al., 1986). El DRIS utiliza normas o estándares que son relaciones de nutrimentos (cocientes N/P, ó productos $N \times Ca$), que constituyen la media de una población de altos rendimientos, con los cuales se estiman los índices DRIS, el Orden de Requerimiento Nutrimental (ORN) y el IDN de una muestra foliar (Walworth y Sumner, 1987). En algunos frutales se han desarrollado normas DRIS con el siguiente número de observaciones: naranjo 3,161 (Beverly et al., 1984); piña 1,185

(Angeles et al., 1990); avellano 624 (Alkoshab et al., 1988); mango 625 (Schaffer et al., 1988); cerezo dulce 475 (Davee et al., 1986); manzano 281 (Parent y Granger, 1989); y en nogal pecanero en E.U.A. 3,000 (Beverly y Worley, 1992).

Para desarrollar normas DRIS de un cultivo en una región, se utiliza una muestra representativa de un gran número de sitios elegidos al azar, que pueden ser campos en producción comerciales y/o parcelas experimentales bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Se colectan muestras foliares para su análisis y se registra el rendimiento del cultivo (Sumner, 1986). Las normas basadas en un gran banco de datos, son probablemente más representativas y mejores, porque abarcan una amplia variabilidad de población (Letzsch, 1984). Las observaciones de análisis foliar y rendimiento obtenidas al azar se dividen en dos subpoblaciones, de bajo y alto rendimiento, y se requiere que la población de alto rendimiento sea al menos un 10% de toda la población (Letzsch y Sumner, 1984).

Desarrollo de normas DRIS para Nogal Pecanero en México

En México, de 1987 a 1991, mediante muestreos en huertas comerciales y experimentos, se acumuló un banco de datos de 670 observaciones de análisis foliar y rendimiento de nuez por árbol en las regiones de la Comarca Lagunera, Sur de Chihuahua y Norte de Coahuila. El número de árboles por huerta fue de 10 en una hectárea y la ubicación fue de 1 a 2 árboles por hilera. Los árboles fueron del cv Western, que se planta en la mayoría de las huertas de México como productor (el cv Wichita es el polinizador), con edades de 10 a 20 años y la mayoría estaban plantados a 12 x 12 m, con una densidad de 70 árboles por hectárea.

Los datos se obtuvieron en un ciclo o año, sin considerar la alternancia. El muestreo foliar se realizó por un año. La fecha fue del 15 de junio al 31 de julio. Se analizó la concentración de : N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B. También se determinó el rendimiento de nuez en Kg/árbol.

Cálculo de las normas. Las normas DRIS se desarrollaron con 68 observaciones de análisis foliar y alto rendimiento de nuez por árbol, según la metodología propuesta por Beaufils (1973) y Sumner (1986). El rendimiento límite para separar la población de altos y bajos rendimientos fue de 60 kg/árbol. En este estudio,

resultaron 68 árboles con alto rendimiento que son el 10.14%, como lo sugieren Letzsch y Sumner (1984). En cada población se calculó la media, desviación estándar (DS), la varianza (S^2) y el coeficiente de variación (CV) de: P (%), N(%), N/P, P/N, etc. Se obtuvo la relación de varianza entre la población de bajos y altos rendimientos de cada expresión nutrimental (N/P, P/N, N×P etc.).

Para la selección de las normas DRIS se consideró la variación en la concentración nutrimental durante el ciclo anual, como lo sugiere Sumner (1986). En nogal pecanero N, P, K, Zn y Cu disminuyen, mientras que Ca, Mg, Fe y Mn aumentan durante el ciclo (Herrera y Sullivan, 1982; Enriquez et al., 1979). Si en la relación de dos nutrientes, ambas concentraciones disminuyen o aumentan durante el ciclo, se usaron cocientes; por ejemplo, N/P (los dos nutrientes disminuyen) y Ca/Mg (los dos nutrientes aumentan). Del total de relaciones, 21 fueron cocientes. De lo contrario, si en la relación de nutrientes, uno disminuye y otro aumenta durante el ciclo, se usaron productos; por ejemplo: N×Ca (el N disminuye y el Ca aumenta). Del total de relaciones, 24 fueron productos. Los 21 cocientes seleccionados fueron los que tuvieron la relación de varianza mayor (Letzsch, 1985). Por ejemplo: de N/P y P/N se escogió N/P por ser la expresión que tenía la relación de varianza mayor (Tabla 5). En ambos casos (productos y cocientes), la media y el coeficiente de variación de la población de altos rendimientos, fue usada como norma de referencia. Para el cálculo de las normas (Figura 3) se utilizó un programa de computadora en lenguaje Fortran elaborado por Letzsch (1985) y generalizado como se describió en Medina (1991). Las normas DRIS para Nogal en México se muestran en la Tabla 5.

Índices DRIS, Orden de Requerimiento e Índice de Desbalance Nutrimental.

Con las normas DRIS se calcularon los índices DRIS y ORN de una muestra foliar. Un índice DRIS es la media de las funciones de todas las relaciones que contienen el nutriente, el cual está balanceado cuando su valor es cero (Walworth y Sumner, 1987). En el cálculo de las funciones si el nutriente que se calcula está en el numerador se le da el signo positivo, pero si está en el denominador se le da el signo negativo. En una muestra foliar, la suma de los índices positivos y negativos debe ser cero, cuando se usan solo cocientes como normas. Ordenando los índices

del menor al mayor, se obtiene el ORN. El IDN se obtuvo sumando los valores absolutos de los índices de todos los nutrientes de la muestra.

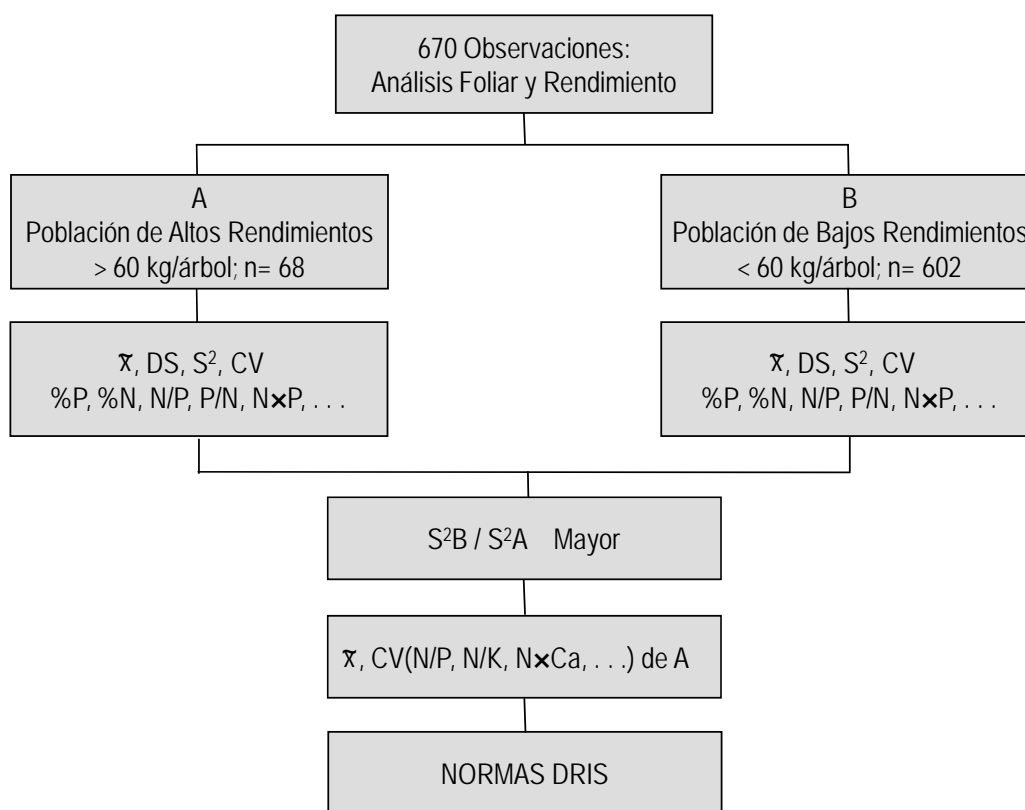


Figura 3. Desarrollo de Normas DRIS en Nogal Pecanero.

Cuando se usaron productos como normas en lugar de cocientes, Sumner (1986) indicó que se debe hacer el siguiente cálculo: por ejemplo: $N \times Ca$ es igual a $N(1/Ca)$ y $1/Ca$ es redefinido como un nuevo nutriente (X) que es el recíproco de Ca . Por lo tanto, se proceden a calcular los índices usando N/X como el cociente tanto para la muestra como para la norma. Una vez que se calcula el índice de X , se cambia el signo y entonces se tiene el índice de Ca , por ejemplo, si $X = -6$, el índice de Ca será 6. De esta manera, los índices positivos y negativos ya no suman cero, pero aún así reflejan un balance relativo. El cálculo de los índices DRIS se realizó con un programa de computadora en lenguaje Basic como se describió en Medina (1991) y que simplifica los cálculos cuando se utilizan productos (Figura 4).

Tabla 5. Valores de referencia o normas usadas para el cálculo de índices DRIS, en Nogal Pecanero cv. Western.

Expresión Nutrimentos ¹	Norma ² Media	CV (%)	Expresión Nutrimentos	Norma Media	CV (%)
K/P	8.58	31.16	Ca×N	4.41	32.36
P×Ca	0.25	40.08	Fe/Mg	321.57	36.37
P×Mg	0.05	23.34	Mn/Mg	284.09	60.89
P×Fe	16.66	38.34	Mg×Zn	26.99	62.93
P×Mn	14.85	62.74	Mg×Cu	3.30	38.09
Zn/P	512.45	55.45	Mg×B	38.23	49.54
Cu/P	62.71	31.26	Mg×N	0.92	21.52
B/P	707.35	34.82	Mn/Fe	0.90	58.13
N/P	17.77	16.38	Fe×Zn	8765.57	90.02
K×Ca	2.03	31.93	Fe×Cu	1049.08	56.26
K×Mg	0.45	38.88	Fe×B	12124.08	66.40
K×Fe	147.17	58.00	Fe×N	291.54	38.98
K×Mn	120.50	59.42	Mn×Zn	6851.10	70.27
K/Zn	0.02	52.35	Mn×Cu	887.42	59.57
Cu/K	7.86	42.22	Mn×B	10712.38	71.63
B/K	96.86	63.76	Mn×N	252.97	55.65
K/N	0.48	31.72	Cu/Zn	0.14	43.10
Mg/Ca	0.22	31.55	B/Zn	1.78	67.25
Fe/Ca	71.12	43.03	N/Zn	0.04	45.58
Mn/Ca	58.84	46.82	B/Cu	12.69	54.27
Ca×Zn	123.08	53.61	N/Cu	0.31	38.11
Ca×Cu	15.24	36.51	B/N	40.75	37.52
Ca×B	182.44	53.86			

¹ Macronutrientes expresados en % y micronutrientes en mg/kg, en peso seco.

² Basadas en la población de altos rendimientos; CV= Coeficiente de variación.

Índice de desbalance nutrimental y rendimiento en nogal. El valor de IDN que separa la población con problemas nutrimentales de la altamente balanceada es de 124 o sea la media (88) mas una desviación estándar (36) de una población de 287 árboles. (Figura 5). Esto significa que los árboles que tengan un IDN mayor que 124 están desbalanceados nutrimentalmente, debido a deficiencias o excesos y no tienen oportunidad de obtener altos rendimientos, arriba de 50 kg/árbol, (Medina 1991). Sin embargo, hay árboles con bajo rendimiento, no obstante su IDN es bajo, debido a que los factores limitantes de la producción no son nutrimentales, pueden ser agua, plagas, enfermedades y otros (Davee et al., 1986). La región A representa una zona donde el factor nutrimental no limita el rendimiento. En la región B el desbalance ha rebasado el límite de 124 y factores nutrimentales limitan el rendimiento.

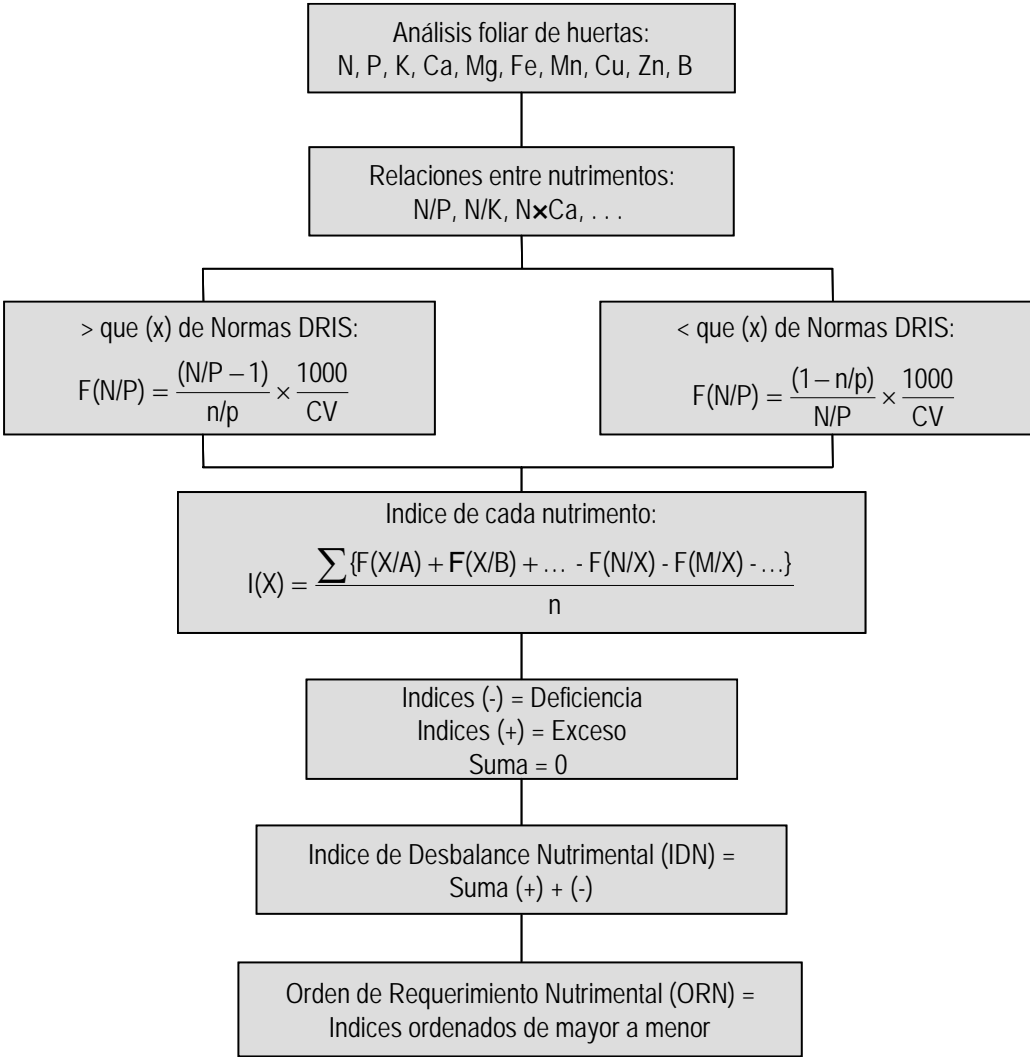


Figura 4. Cálculo de índices DRIS, Índice de Desbalance Nutrimental y Orden de Requerimiento de una muestra foliar.

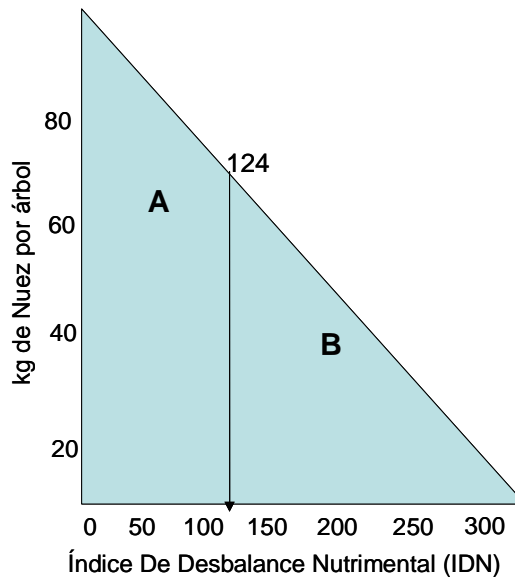


Figura 5. Relación entre el IDN y la producción de nuez por árbol.

Prueba de las normas DRIS en Nogal Pecanero. Para evaluar la capacidad de las normas DRIS para realizar diagnósticos nutrimentales, Sumner (1986) indicó que se deben probar con experimentos donde hubo respuesta en rendimiento al aplicar nutrimentos y estas normas deben predecir su comportamiento. Las normas DRIS se probaron con un experimento realizado por Worley (1974) en Georgia EE.UU, con aplicación de N-P-K al suelo, durante 10 años (1962-1971) y donde hubo respuesta hasta el octavo año con el tratamiento 45-20-37.

Con las normas DRIS del norte de México, se calcularon los índices DRIS y el IDN de la concentración foliar de este experimento (Tabla 6). El testigo sin aplicación de fertilizantes indica que los más requeridos en el ORN son el Mg y el Ca y los que están en suficiencia o exceso relativo son P y Mn. Con la fórmula 45-20-37, los índices de K y N cambian a positivo o menos negativo, el rendimiento aumenta a 79 kg/árbol, y el IDN se reduce a 86. Esta fórmula fue la mejor porque se incrementaron la concentración foliar de K y el rendimiento y se redujo el IDN; esto coincide con Sumner (1986).

Diagnóstico nutrimental con DRIS e Intervalo de Suficiencia (IS). Se realizó un diagnóstico nutrimental de huertas de nogal de tres regiones de México: Comarca Lagunera (Coahuila y Durango), Sur de Chihuahua y Norte de Coahuila. La interpretación foliar se realizó con dos métodos: los IS de Arizona, EE.UU (Kilby y

Mielke, 1982) y las normas DRIS de México (Medina y Medina, 1994) (Tabla 7). Ambos métodos detectaron el mayor porcentaje de árboles deficientes en: Mg y K en el Sur de Chihuahua, y Mn en el Norte de Coahuila. El IS detectó al N deficiente en las tres regiones, mientras que el DRIS no. Ambos métodos coincidieron en detectar deficiencias en: a) Mn, Zn, Cu, y B en dos regiones (Comarca Lagunera y Norte de Coahuila), y b) Zn y Cu en las tres regiones. De acuerdo al DRIS, la deficiencia de Fe fue detectada en la Comarca Lagunera y Sur de Chihuahua. Estas deficiencias de micronutrientes son esperadas porque la mayoría de los suelos en el Norte de México son alcalinos y se reduce su absorción por las plantas.

Tabla 7.- Porcentaje de árboles con deficiencia de nutrientes, de acuerdo con dos métodos de interpretación foliar, en tres regiones de México.

Nutriente	Árboles deficientes (%)					
	Comarca Lagunera		Sur de Chihuahua		Norte de Coahuila	
	IS	DRIS	IS	DRIS	IS	DRIS
N	68	13	50	0	87	12
P	8	29	0	11	0	25
K	10	3	89	72	50	25
Ca	58	45	0	6	0	0
Mg	74	32	83	78	62	0
Fe	0	29	0	22	0	0
Mn	45	32	17	17	100	100
Zn	74	47	78	61	75	38
Cu	100	42	56	33	100	38
B	58	29	0	0	75	63

Efecto del cultivar en el Diagnóstico con el DRIS. Sparks y Madden (1977) reportaron diferencias estadísticas en N, K, Ca y Fe y una gran variación en Mn, B y Zn en 20 cvs. Sin embargo con el DRIS, en estos mismos cvs, prácticamente no se detectaron diferencias; el ORN es similar, los tres nutrientes más requeridos son N>P>Fe y los menos requeridos son B y Mn. La poca variación que se observa en el ORN, es probable que sea en parte porque el portainjerto fue el mismo (Riverside). Lo que si varía es el IDN, ya que existe un gradiente de mayor en el cv Mahan (208) hasta el menor en el cv Apache (119). El cv Western, que es el cv productor en México, se encuentra como el segundo con menor IDN (135). En cambio el cv Wichita, que se utiliza como polinizador, está entre las de mayor IDN,

con 181 (Medina y Lagarda, 1992); ésto explicaría algunos problemas que tiene Wichita, como mayor deficiencia de Zn y mayor demanda de N (Tabla 8).

Tabla 8.- Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en 20 cultivares de Nogal Pecanero.

Nº	Cultivar	IDN	Nº	Cultivar	IDN
1	Mahan	208	11	Sioux	157
2	Caddo	202	12	Cowley	150
3	Kiowa	194	13	Cherokee	149
4	Riverside	186	14	Texas	146
5	Wichita	181	15	Choctaw	143
6	Summer	177	16	Shawnee	142
7	Mohawk	177	17	Chicasaw	140
8	Grabhols	168	18	Shoshoni	137
9	Cape Fear	163	19	Western	135
10	Cheyenne	161	20	Apache	119

En la Comarca Lagunera, el cv Western tiene el menor IDN promedio de 4 años (87), comparado con otros 3 cvs, lo que explica su adaptabilidad y mayor producción en esta región (Tabla 9), lo que coincide con Davee et al., (1986). Sin embargo, no existe diferencia significativa con los otros cvs. El valor límite de IDN por encima del cual se esperarían bajos rendimientos por desbalances severos, es de 124 (Medina, 1991) y los dos cvs con IDN bajo son Western con 87 y Wichita con 109, que serían los mas adaptados en esta región. En cambio Choctaw y Mohawk, con valores de 126 y 135 respectivamente, serían los mas desbalanceados nutrimentalmente y por lo tanto, menos adaptados. El ORN no varió en los cuatro cultivares, los más deficientes fueron: Zn>Fe>Mg y en exceso Mn y K. En resumen, el tipo de cultivar no afectó el diagnóstico nutrimental (ORN) con el DRIS. Sin embargo, existen diferencias del IDN entre cvs y esto es importante para determinar su adaptabilidad a una región o país (Medina y Lagarda, 1992).

Tabla 9.- Efecto de diferentes cultivares en el Índice de Desbalance Nutricional de Nogal Pecanero.

Cultivar	IDN ¹
Western	87 ns
Wichita	109
Choctaw	126
Mohawk	135
CV (%)	35

ns= No significativo, Prueba DMS $p < 0.05$

¹Promedio de 4 años

Efecto de la alternancia en el diagnóstico nutrimental con DRIS. La concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero esta relacionada con la alternancia o producción irregular. Por ejemplo, en el año de alta producción se reducen el nitrógeno, fósforo y potasio porque hay una demanda mayor o se consumen más y también se reduce el porcentaje de almendra (Medina, 2000; Krezdorn, 1955). Estos nutrimentos se recuperan durante el año de baja producción igual que los carbohidratos (Sparks, 1993).

El efecto de año (alternancia o producción irregular) en el diagnóstico nutrimental de cuatro cultivares de nogal pecanero con el DRIS, muestra que el ORN es similar. Sin embargo, se observa variación en el IDN por año (Tabla 10). El IDN de 1985 y de 1986 fue estadísticamente mayor al de 1984 y 1987; de acuerdo a la alternancia regional; se presentan ambas condiciones: a) años de IDN alto con bajo y alto rendimiento y b) años de IDN bajo con bajo y alto rendimiento (Medina y Lagarda, 1992). Los dos años que coinciden con lo sugerido por Davee et al., (1986) fueron 1986 con IDN alto y rendimiento bajo y 1987 con IDN bajo y rendimiento alto, aunque también 1984, con IDN bajo y rendimiento bajo, porque el problema que redujo el rendimiento, no fue nutrimental.

Tabla 10.- Efecto de año (Alternancia) en el Índice de Desbalance Nutrimental de nogal pecanero.

Años	Rendimiento	IDN ¹
1984	Bajo	73 b
1985	Alto	128 a
1986	Bajo	156 a
1987	Alto	88 b
CV (%)		20

¹Promedio de 4 Cvs. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, Prueba DMS, p<0.05; P

Ejemplo práctico para productores de Nogal Pecanero. Todos los cálculos de los índices DRIS, el ORN y el IDN, se realizan a través de un programa de computación. En él sólo se capturan los valores del resultado del análisis foliar de los nutrimentos de la muestra que se analizó en el laboratorio, la cual se colectó en la etapa recomendada. Los resultados del diagnóstico nutrimental con el DRIS, mostrando los nutrimentos más deficientes o en exceso se pueden presentar en forma gráfica

para que el productor entienda mas fácilmente los resultados de la muestra foliar de su huerta. En la Tabla 11 y Figura 6 se presenta un ejemplo.

Tabla 10.- Concentración foliar, índices DRIS, IDN y ORN de una muestra foliar de nogal pecanero.

Nutriemento	Concent. Foliar	Índice DRIS ²
Nitrógeno (%)	2.60	13
Fósforo	0.11	-4
Potasio	1.50	21
Calcio	4.60	42
Magnesio	0.30	-23
Hierro (mg/kg)	188	8
Manganeso	185	10
Zinc	28	-22
Cobre	13	29
IDN :		172
ORN: Mg>Zn>P>Fe>Mn>N>K>Cu>Ca		

IDN= Índice de Desbalance Nutricional; ORN= Orden de Requerimiento.

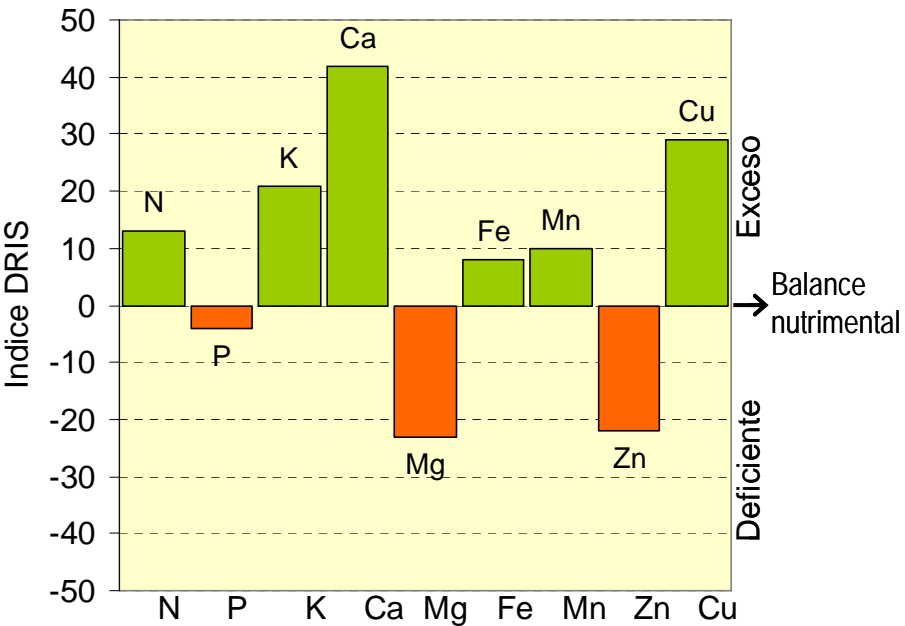


Figura 6. Nutrientes más deficientes o en exceso, de acuerdo a los índices DRIS, en una muestra foliar de nogal pecanero.

Los resultados de la interpretación foliar con el método DRIS no indican que cantidad hay que agregar de los nutrientes que resultaron más deficientes. Esto lo tiene que decidir el productor junto con el técnico o investigador, de acuerdo a la cantidad de fertilizante que esta aplicando actualmente. Sea que tenga que

aumentar la dosis, o que tenga que aplicar un nutrimento que no estaba aplicando en forma regular y que resultó como más deficiente, de acuerdo a la gráfica. También se puede dar el caso que tenga que reducir la cantidad de un nutrimento que aplica regularmente, porque resultó en exceso y esto le puede ocasionar que se aumente el desbalance nutricional u otros problemas de contaminación.

Muestreo foliar

Para que la información del análisis foliar sea de utilidad es importante que el muestreo se lleve a cabo siguiendo el protocolo recomendado y realizarlo en la misma época cada año. Las recomendaciones generales para realizar el muestreo foliar en nogal pecanero son las siguientes:

- a) Muestrear por separado áreas de la huerta que difieran en alguna propiedad del suelo, como textura o salinidad, entre otras.
- b) Separar áreas a muestrear por variedad, edad de los árboles, manejo de la huerta u otra característica.
- c) Separar muestras de árboles con síntomas de deficiencias y árboles sanos.
- d) Para cada área o grupo de árboles a muestrear, se toman al menos 10 árboles.
- e) Se requieren de 60 a 80 folíolos por cada muestra compuesta, colectados de hojas distribuidas alrededor del árbol. Para integrar la muestra se toma el par de folíolos centrales de la hoja que se encuentra en la parte media de brotes del año (Figura 7).

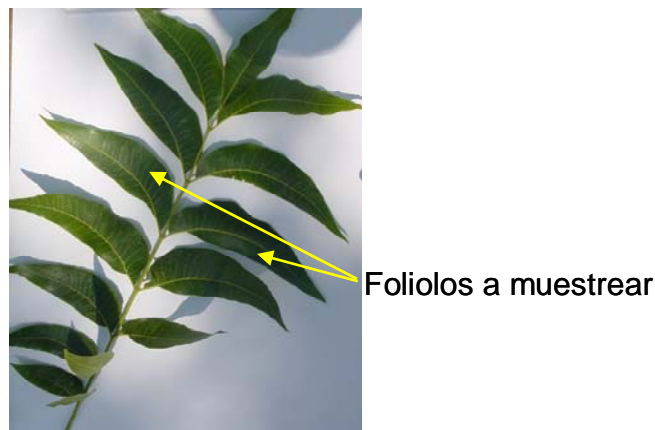


Figura 7. Hoja de nogal pecanero mostrando los folíolos centrales.

- f) Los folíolos se toman alrededor del árbol, de brotes expuestos al sol y que se alcancen a una altura de 1.5 a 2.0 m.

- g) La época para tomar las muestras foliares en nogal pecanero, en la Comarca Lagunera y otras regiones de México es de fines de junio a fines de julio, mientras que en las áreas productoras de EE.UU la época recomendada es durante julio a principios de agosto¹.
- h) Evitar folíolos dañados por plagas o enfermedades.
- i) Los folíolos se lavan o se limpian con un trapo húmedo de algodón, para eliminar polvo y otros contaminantes, y se colocan en la bolsa de papel.
- j) Se deben llevar al laboratorio el mismo día, de lo contrario, se ponen a secar sin exponerlas directamente al sol.
- k) Identificar cada muestra con el nombre del productor, nombre y localización de la huerta, fecha de muestreo, variedad. Con fines de recomendación, es importante anotar sintomatología, estimación del rendimiento, programa de fertilización foliar y al suelo, entre otros aspectos.

Conclusiones

1. Se revisaron las principales técnicas de interpretación de análisis foliares, como una herramienta para el manejo de la fertilización del nogal pecanero. El método más utilizado es el de intervalos de suficiencia (IS), aunque tiene la desventaja de que no considera la interacción entre nutrimentos y que se definen para una etapa de crecimiento y un órgano específico. El método DRIS cubre las deficiencias anteriores, además de que arroja un orden de requerimiento nutrimental.
2. Las normas DRIS para nogal pecanero en México se obtuvieron a partir de 45 relaciones entre 10 nutrimentos. Estas normas se obtuvieron de 68 árboles con rendimiento mayor de 60 kg/árbol, seleccionados de un banco de datos de 670 observaciones.
3. Con estas normas DRIS se logró predecir el comportamiento de un experimento donde hubo respuesta en la concentración foliar y el rendimiento de nuez.
4. Se realizó un diagnóstico de huertas de nogal pecanero de tres regiones de México con los índices DRIS y con el Intervalo de Suficiencia, encontrándose deficiencias de Fe, Mn, Zn, Cu y B.

¹ NOTA DEL EDITOR: recordar que se trata del Hemisferio Norte

5. Los diferentes cultivares de Nogal Pecanero no afectaron el diagnóstico nutrimental con el DRIS, sin embargo existen diferencias del IDN entre ellos, lo que es importante para su adaptación a una región o país.
6. El año o la alternancia en la producción no afectó en forma considerable el ORN con el DRIS. Existe diferencia significativa del IDN entre años, sin embargo, no se encontró correlación entre el IDN y el rendimiento por año.
7. El diagnóstico nutrimental con el método DRIS, se puede presentar en forma grafica con los nutrimentos más deficientes o en exceso. De esta manera el productor de nogal puede entender mejor cual es el estado nutrimental de su huerta y tomar decisiones de que fertilizantes aplicar, o dejar de aplicar, para lograr el balance nutrimental.
8. Para que los resultados del análisis foliar tengan utilidad y se reflejen en respuesta del árbol a un mejor manejo de la fertilización, el muestreo foliar se debe llevar a cabo siguiendo el protocolo recomendado.

Bibliografía

- Alkoshab O., Righetti T. L. y Dixon A. R. 1988. Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 113:643-647.
- Angeles D. S., Sumner M. E. y Barbour N. W. 1990. Preliminary Nitrogen, Phosphorus and Potassium Dris norms for pineapple. *HortScience* 25:652-655.
- Baldock J.O. y Schulte E.E. 1996. Plant analysis with standarized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agron. J.* 88:448-456.
- Beaufils E. R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System. (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Sci. Bull.* No 1. University of Natal, South Africa.
- Beverly R.B. y Worley R.E. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. *HortScience* 27:271.

- Beverly R. B., Stark J. C., Ojala J. C. y Embleton T. W. 1984. Nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges by Dris. J. Am. Soc. Hort. Sci. 109:649-654.
- Campbell C.R. 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin SCSB no. 394. <http://www.ncagr.com/agronomi/SAAESD/s394.htm>.
- Davee D.E. , Righetti T. L., Fallahi E. y Robbins S. 1986. An evaluation of the Dris approach for identifying mineral limitations on yield in 'Napolean' sweet cherry. J. Am. Soc. Hort. Sci. 11: 988-993.
- Enriquez R. S., Lagarda M. A., Salas F. A. y Chávez G. F. 1979. Curva de variación de 9 nutrientes en el cultivo del nogal pecanero en la región del centro-norte de México. Informe de Investigación. Campo Experimental de la Laguna. CIAN. INIA.
- Herrera A.E. 1998. Interpreting Leaf Analysis and Deficiency Symptoms of Pecans. New Mexico State University. Cooperative Extension Service. Guide H617. http://cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-617.html.
- Kenworthy A.L. 1961. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: Reuther W. (Ed.). Plant Analysis and Fertilizer Problems. Amer. Inst. Biol. Sci. Pub. No. 8, Washington, D.C. Pp. 2843.
- Kenworthy A.L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards. In: Walsh L.M. y Beaton J.D. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America. Madison, WI. Pag. 381-392.
- Kilby M. W. y Mielke E. 1982. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated southwest. Sixteenth Western Pecan Conference. Procc. New Mexico State University. Cooperative Extension Service U.S.A. pp: 35-44.
- Krezdorn A. H. 1955. The nutrient status of pecan leaves in relation to alternate bearing. Procc. Teaxs Pecan Growers Ass. 34: 43-53.

- Leece D. R. , Cradock F. W. y Carter O. G. 1971. Development of leaf nutrient concentration standards for peach trees in New South Wales. *J. Hort. Sci.* 46:163-175:
- Herrera A. E. y Sullivan D. T. 1982. Pecan leaf sampling: A review. pp 75-94. *In: Sixteenth Western Pecan Conference. Procc. New Mexico State University. Coop. Ext. Serv. U.S.A.*
- Letzsch W. S. 1984. Standardized Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) data banks. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 841-848.
- Letzsch W. S. 1985. Compute program for selection of norms for use in the diagnosis and recommendation integrated system. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 339-347.
- Letzsch W. S. y Sumner M. E. 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 997-1006.
- Medina M. M. D. C. 1991. Desarrollo de normas DRIS para nogal pecanero en la Comarca Lagunera. *Terra* 9:69-78
- Medina M., M. de C. 1995. Deficiencia y toxicidad de nutrientes en nogal. 3er. Simposium Internacional Nogalero NOGATEC. Torreón, Coah. pag 11-21.
- Medina M. M. D. C. 2000. Concentración de nutrientes y producción de pacana de nogal pecanero, en tres años. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA).* 96V (2): 139-146. Zaragoza, España.
- Medina M. M. D.C. y Lagarda M. A. 1992. Efecto de la variedad y alternancia en el Índice de Desbalance Nutricional (IDN) del Nogal Pecanero. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA).* Vol. 88V N° 3 (167-181). Zaragoza, España.

- Medina M. M. D .C. y. Medina M. E. D. J 1994. Evaluation of Dris in pecan tree in Mexico. 15th World Congress of Soil Science. Symposium ID-1: Soil testing and plan analysis: Methodology and interpretation. Volume 5^a. Pag. 277-292. Acapulco, Gro. México.
- Meisinger J.J. y Randall G.W. 1991. Estimating nitrogen budgets for crop-soil systems. In: Follet R.F., Keeney D.R. y Cruse R.M. (Eds). Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. Soil Science Society of America. Madison, WI. Pag. 85-124.
- Munson R.D. y Nelson W.L. 1973. Principles and practices in plant analysis. In: Walsh L.M. y Beaton J.D. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America. Madison, WI. Pag. 223-248.
- Parent L. E. y Granger L. 1989. Derivation of DRIS norms from a high-density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains. J. Am. Soc. Hort. Sci. 114 :915-919.
- Pond A.P. Walworth J.L. Kilby M.W. Gibson R.D. Call R.E. y Nuñez H. 2006. Leaf nutrient levels for pecans. HortScience 41:1339-1341.
- Schaffer B., Larson K. D., Snyder G. H. y Sánchez Ch. A. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. HortScience. 23: 617-619.
- Sparks D. 1993. Efectos nutricionales de la producción alternada y calidad de la nuez. XII Conferencias internacionales sobre el cultivo del nogal. San Carlos, Nuevo Guaymas, Sonora, México. pp: 100-116.
- Sparks D. y Madden G.D. 1977. Effect of genotype on the elemental concentration of pecan leaves. HortScience. 12:251-252.

- Sumner M. E. 1986. The Diagnosis and recommendatios integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center. Extension bulletin No. 231.
- Sumner M. E. y Boswell F. C. 1981. Alleviating nutrient stress. In: Arkin, G.F. and H. M. Taylor (Eds.) Modifying the root enviroment to reduce crop stress. Am. Soc. Agr. Eng. Monograph. 4: 99-137.
- Walworth J. L. y Sumner M. E. 1987. The Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Advances in Soil Science. 6: 149-188.
- Wells, L. y Harrison K.A. 2006. Cultural management of commercial pecan orchards. University of Georgia, Cooperative Extension. Bulletin 1304.
- Worley R. E. 1974. Effect of N, P, K, and lime on yield, nut quality, tree growth and leaf analysis of pecan (*Carya illinoensis* W.). J. Am. Soc. Hort. Sci. 99:49-57.

Tabla 6.- Índices DRIS, Índice de Desbalance Nutricional (IDN) y Orden de Requerimiento Nutricional, en un experimento con aplicación de N-P-K en nogal pecanero cv Stuart .

Nº	Nutrientos									Rendim.	IDN	Orden de Requerimiento Nutricional					
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Mn								
	--- kg/ha ---			-----%-----						mg/kg	Kg/árbol*						
1	0	0	0	2.09 [†]	0.17	0.99	1.47	0.28	312	55 A	102	Mg>	Ca>	N>	K>	P>	Mn
				-8 [‡]	16	-4	-15	-20	40								
2	22	10	19	2.11	0.17	1.01	1.48	0.31	300	54 A	90	Ca>	Mg>	N>	K>	P>	Mn
				-6	16	-2	-15	-14	37								
3	45	20	37	2.12	0.18	1.11	1.62	0.36	318	79 B	86	Ca>	Mg>	N>	K>	P>	Mn
				-4	21	3	-12	-8	38								
4	90	39	74	2.26	0.17	1.21	1.43	0.28	397	65 B	123	Mg>	Ca>	N>	K>	P>	Mn
				-2	16	6	-19	-21	59								
5	134	59	112	2.18	0.18	1.20	1.62	0.22	511	66 AB	178	Mg>	Ca>	N>	K>	P>	Mn
				-4	22	9	-16	-43	85								

[†] Concentración foliar. [‡] Índice DRIS.

* Los tratamientos con la misma letra en columna son estadísticamente iguales; Duncan p< 0.05.