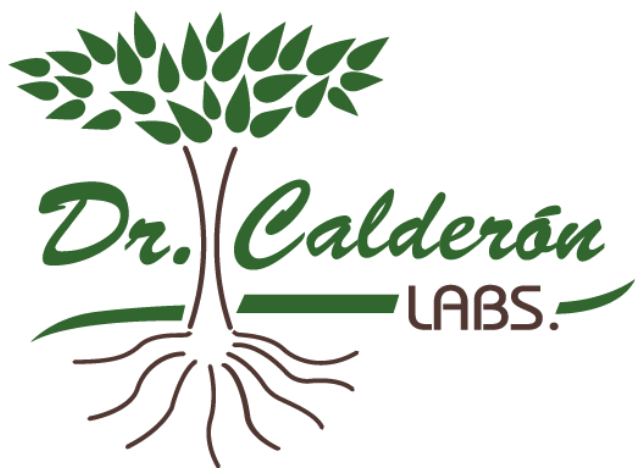




LINEAMIENTOS DE NUTRICIÓN

— PARA EL —

CULTIVO DE HORTENSIAS



Felipe Calderón, Diana Pardo, Sofia Gómez.



INTRODUCCIÓN

Para contribuir al conocimiento de la nutrición de las Hortensias (*Hydrangeas* sp.), hemos preparado un estudio analítico sobre 125 muestras comerciales de esta planta, procedentes de diferentes partes del territorio nacional, aprox. 72 % en Antioquia y 28 % en Cundinamarca, mediante el cual trataremos de profundizar en el conocimiento de cómo se nutren las plantas de Hortensias.



¿QUE NURIENTES SON NECESARIOS PARA LA PLANTA DE HORTENSIAS?

Desde los años 30's (1933) el Dr. Dennis Robert Hoagland, Investigador Norteamericano, profesor de Nutrición Vegetal en la Universidad de California en Berkeley desde 1927 hasta su muerte en 1949, prominente impulsor de la Nutrición Vegetal estableció los elementos y las cantidades relativas de ellos que absorben las plantas.

Igualmente desarrolló la que hoy en día se conoce como "Licor o Solución de Hoagland" (Publicada por última vez después de su muerte por su discípulo Daniel Arnon, llamada por ello solución de Hoagland y Arnon) cuya composición citamos a continuación, tomada del Libro "Mineral Nutrition of Plants, Principles and Perspectives" de Emanuel Epstein otro prominente fisiólogo de la Universidad de Davis, California.

Compound	Molecular weight	Concentration of stock solution	Concentration of stock solution	Volume of stock solution per liter of final solution	Element	Final concentration of element	
	g mol ⁻¹	mM	g L ⁻¹	mL		μM	ppm
Macronutrients							
KNO ₃	101.10	1,000	101.10	6.0	N	16,000	224
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236.16	1,000	236.16	4.0	K	6,000	235
NH ₄ H ₂ PO ₄	115.08	1,000	115.08	2.0	Ca	4,000	160
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246.48	1,000	246.49	1.0	P	2,000	62
					S	1,000	32
					Mg	1,000	24
Micronutrients							
KCl	74.55	25	1.864	2.0	Cl	50	1.77
H ₃ BO ₃	61.83	12.5	0.773		B	25	0.27
MnSO ₄ ·H ₂ O	169.01	1.0	0.169		Mn	2.0	0.11
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	287.54	1.0	0.288		Zn	2.0	0.13
CuSO ₄ ·5H ₂ O	249.68	0.25	0.062		Cu	0.5	0.03
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	161.97	0.25	0.040	0.3–1.0	Mo	0.5	0.05
NaFeDTPA (10% Fe)	468.20	64	30.0		Fe	16.1–53.7	1.00–3.00
Optional^a							
NiSO ₄ ·6H ₂ O	262.86	0.25	0.066	2.0	Ni	0.5	0.03
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	284.20	1,000	284.20	1.0	Si	1,000	28

Source: After Epstein 1972.

Note: The macronutrients are added separately from stock solutions to prevent precipitation during preparation of the nutrient solution. A combined stock solution is made up containing all micronutrients except iron. Iron is added as sodium ferric diethylenetriaminepentaacetate (NaFeDTPA, trade name Ciba-Geigy Sequestrene 330 Fe; see Figure 5.2); some plants, such as maize, require the higher level of iron shown in the table.

^aNickel is usually present as a contaminant of the other chemicals, so it may not need to be added explicitly. Silicon, if included, should be added first and the pH adjusted with HCl to prevent precipitation of the other nutrients.

COMPOSICIÓN DE LAS PLANTAS Y CONCEPTO DEL ESQUELETO MINERAL

Cuando se analizan diversas clases de plantas se encuentra en su composición, entre numerosos compuestos orgánicos, una quincena de elementos minerales, que constituyen lo que aquí hemos llamado el "Esqueleto Mineral".

Sorprendentemente, aunque la composición y los metabolitos elaborados por las distintas plantas pueden ser muy diferentes, la composición de su "Esqueleto Mineral" es muy similar. Algunos elementos forman parte de los metabolitos principales, como el Nitrógeno y el Azufre en las proteínas, el Fósforo en el ATP para la transferencia de energía, el Potasio como catión libre para la movilización de los aminoácidos y ácidos orgánicos, el Magnesio en la clorofila y así por el estilo los demás elementos.

Las grandes diferencias entre unas plantas y otras radican en los metabolitos que ellas producen, más que en su esqueleto mineral.

En el cuadro siguiente tomado de Epstein (1972) vemos el rango en el cual se encuentran los principales elementos de la nutrición mineral de las plantas.

Essential Elements			
Essential elements: macronutrients and micronutrients			
Adequate tissue levels of elements that may be required by plants (Part 1)			
Element	Chemical symbol	Concentration in dry matter (% or ppm) ^a	Relative number of atoms with respect to molybdenum
Obtained from water or carbon dioxide			
Hydrogen	H	6	60,000,000
Carbon	C	45	40,000,000
Oxygen	O	45	30,000,000
Obtained from the soil			
Macronutrients			
Nitrogen	N	1.5	1,000,000
Potassium	K	1.0	250,000
Calcium	Ca	0.5	125,000
Magnesium	Mg	0.2	80,000
Phosphorus	P	0.2	60,000
Sulfur	S	0.1	30,000
Silicon	Si	0.1	30,000

Source: Epstein 1972, 1999.

^aThe values for the nonmineral elements (H, C, O) and the macronutrients are percentages. The values for micronutrients are expressed in parts per million.

Essential Elements			
Essential elements: macronutrients and micronutrients			
Adequate tissue levels of elements that may be required by plants (Part 2)			
Element	Chemical symbol	Concentration in dry matter (% or ppm) ^a	Relative number of atoms with respect to molybdenum
Obtained from the soil			
Micronutrients			
Chlorine	Cl	100	3,000
Iron	Fe	100	2,000
Boron	B	20	2,000
Manganese	Mn	50	1,000
Sodium	Na	10	400
Zinc	Zn	20	300
Copper	Cu	6	100
Nickel	Ni	0.1	2
Molybdenum	Mo	0.1	1

Source: Epstein 1972, 1999.

^aThe values for the nonmineral elements (H, C, O) and the macronutrients are percentages. The values for micronutrients are expressed in parts per million.

Por su parte, los principales metabolitos de las plantas como podemos ver en el siguiente cuadro prácticamente no contienen ninguno de los elementos nutricionales.

Celulosa	
Hemicelulosa	
Lignina	
Sacarosa	
Almidón	
Ceras	
Grasas	

Estructura química de los principales componentes de las plantas. Fuente: Dr. Calderón Labs.

Por lo anterior, la relación entre la nutrición mineral de la planta y su productividad se da a través de las funciones metabólicas normales y opera de manera similar en la mayoría de las plantas. Una planta bien nutrida es aquella que tiene suficiente cantidad de elementos para formar su “Esqueleto Mineral” y cumplir a cabalidad con sus funciones metabólicas. No obstante, su productividad dependerá mayoritariamente de otras condiciones ecológicas como temperatura, regímenes de humedad, luminosidad, etc.

A modo de ejemplo, citamos a continuación la composición típica del Esqueleto Mineral para diferentes tipos de plantas comparadas con la planta de Hortensias:

	ARROZ	TOMATE	CANNABIS	HORTENSIAS
Nitrógeno %	4	5.5	3.8	3.5
Fósforo %	0.28	0.65	0.46	0.4
Potasio %	2.7	4.8	2.5	5
Azufre %	0.4	0.8	0.38	0.35
Calcio %	0.6	4	7	1.8
Magnesio %	0.3	0.6	1.2	0.5
Hierro ppm	450	200	200	200
Manganeso ppm	450	250	200	150
Cobre ppm	20	20	18	15
Boro ppm	25	60	200	50
Zinc ppm	60	70	80	150
Sodio ppm	1000	1500	750	1000
Cloruros %	0.5	0.5	1	0.5

Composición típica del “Esqueleto mineral” en cuatro clases de plantas. Fuente: Dr. Calderón Labs.

Como puede observarse en el cuadro anterior, las diferencias en la composición del esqueleto mineral de estas plantas se manifiestan principalmente en el Calcio, teniendo un nivel bajo las gramíneas como el Arroz. Por su parte, la Hortensia y el Tomate presentan un nivel intermedio y el Cannabis un nivel elevado. Aquí debemos tener en cuenta que el Arroz es una gramínea cuya nutrición en general corresponde a un esquema bajo en Calcio. Por el contrario, la Hortensia, el Cannabis y el Tomate, así como muchas otras plantas, entre ellas las solanáceas, las leguminosas y en general las plantas de hoja ancha, forman esqueletos minerales más ricos en Calcio.

La totalidad del esqueleto mineral de las plantas, incluido el Nitrógeno, usualmente representa el 10 ± 8 % del peso seco de las mismas.

NIVELES CRÍTICOS DE NUTRIENTES ABSORBIDOS POR LA PLANTA DE HORTENSIA

Para establecer la tabla de niveles foliares para Hortensias partimos de la base de datos de Dr. Calderón Laboratorios, en la cual reposan cerca de 125 análisis foliares, realizados durante los últimos 30 años, de estas plantas cultivadas con fines comerciales en zonas de la Sabana de Bogotá (50 %) y del Oriente Antioqueño (50 %).

Para hacer este ejercicio, ordenamos los valores hallados (N) para cada parámetro, de menor a mayor, eliminamos algunos valores anómalos, usualmente ubicados en el extremo superior del rango, luego calculamos los parámetros Valor Mínimo, Valor Máximo, Rango, Desviación Típica, Promedio y Mediana. A continuación, obtenemos el Histograma de Frecuencia para los valores analíticos, dividiendo el Rango en 10 o más intervalos de clase. Los valores comprendidos en el primer intervalo o menores a aquel corresponden al nivel considerado Deficiente (D). Los valores comprendidos en los siguientes 2 o 3 intervalos corresponden al nivel considerado Bajo (B). Los siguientes 4 intervalos corresponden al nivel considerado Medio (M). Los siguientes dos intervalos corresponden al nivel considerado Alto (A). Y, por último, los valores comprendidos y mayores al intervalo (10) corresponden al nivel considerado Excesivo (E).

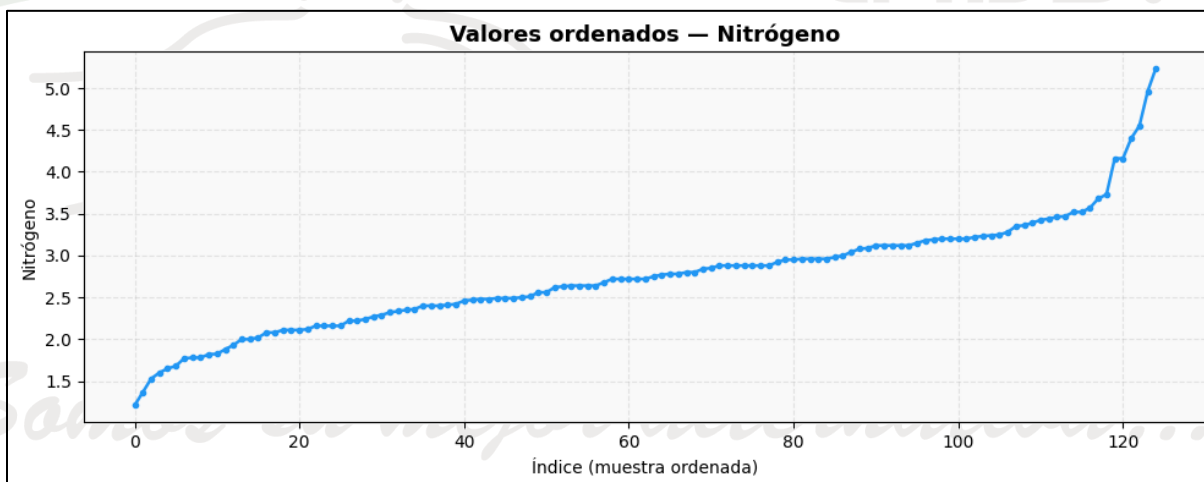
Los valores de transición entre los diversos intervalos señalados son los así llamados Niveles Críticos. Usualmente son cuatro Niveles designados como ND/B, NB/M, NM/A, NA/E. Estos corresponden aproximadamente a los percentiles P_{10} , P_{30} , P_{70} y P_{90} .

Para el caso del Nitrógeno tenemos el siguiente resultado:

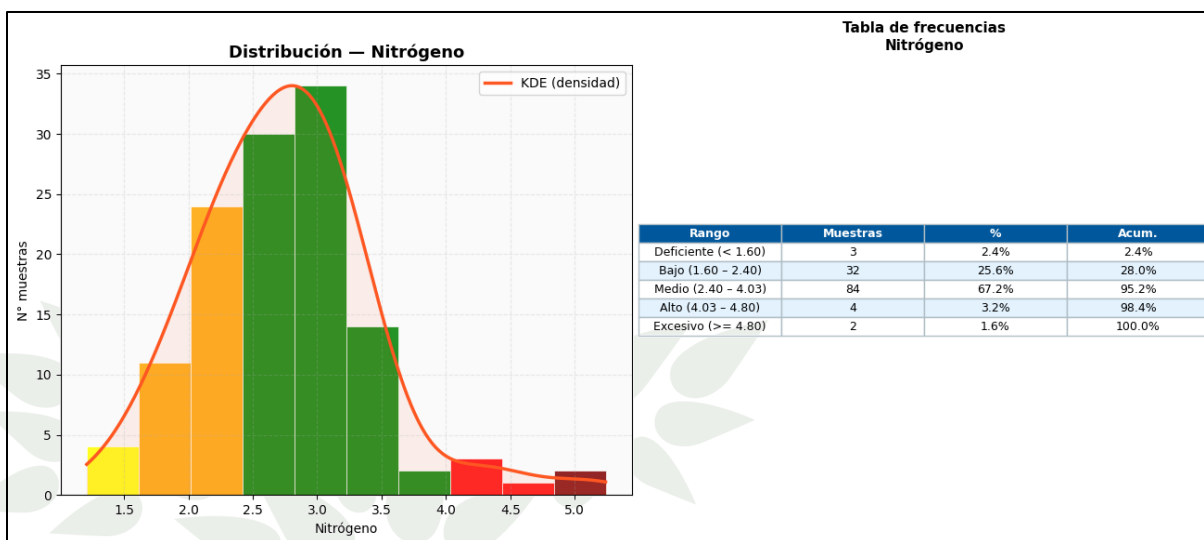
Para este caso no hemos descartado ningún valor, por considerar que el ultimo valor de 5.24 % cae dentro de lo posible.

A continuación, presentamos los valores encontrados ordenados de menor a mayor y el Histograma de Frecuencia para 10 intervalos de clase, el cual permite determinar los valores de transición de cada nivel o sea los así llamados Niveles críticos.

A. NITRÓGENO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.



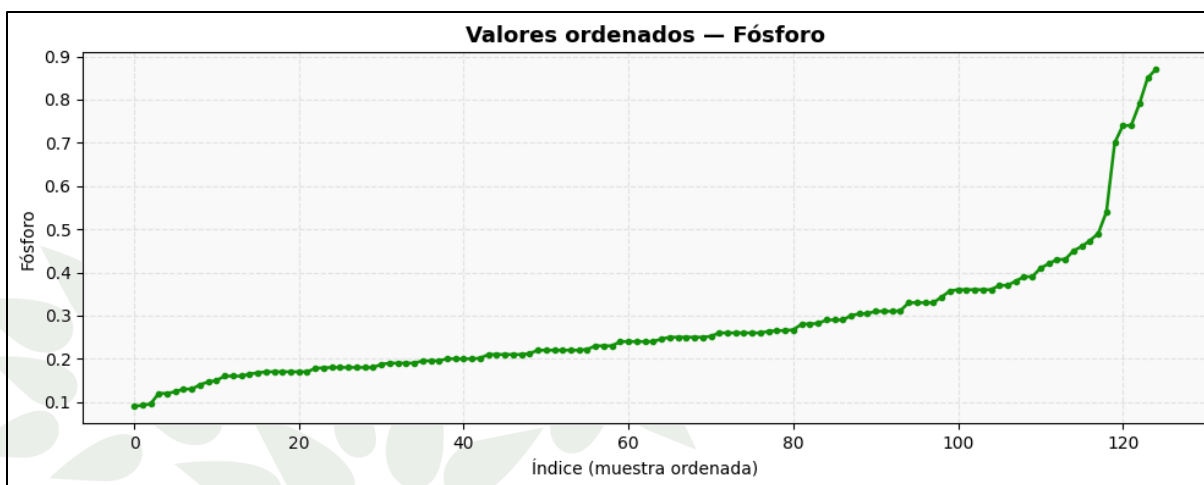
Fuente: Dr. Calderón Labs.

Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

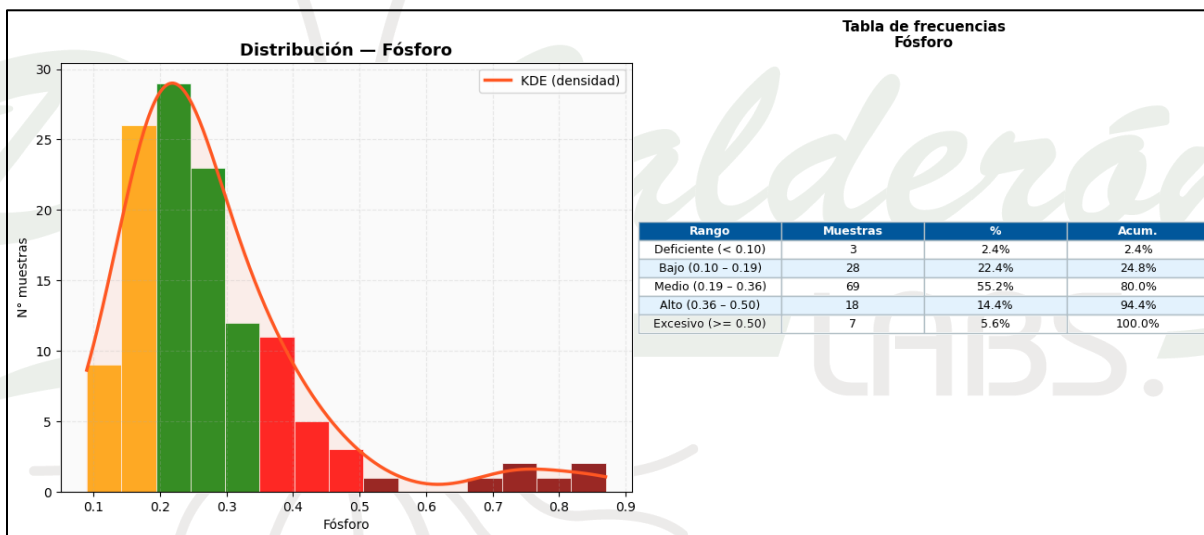
	%
Val Min.	1.21
Val Max.	5.24
Rango	4.03
Media aritmética	2.75
Mediana	2.72
Std. Dev	0.67
N D/B	1.61
N B/M	2.42
N M/A	4.03
N A/E	4.84

Somos su mejor alternativa...

B. FOSFORO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

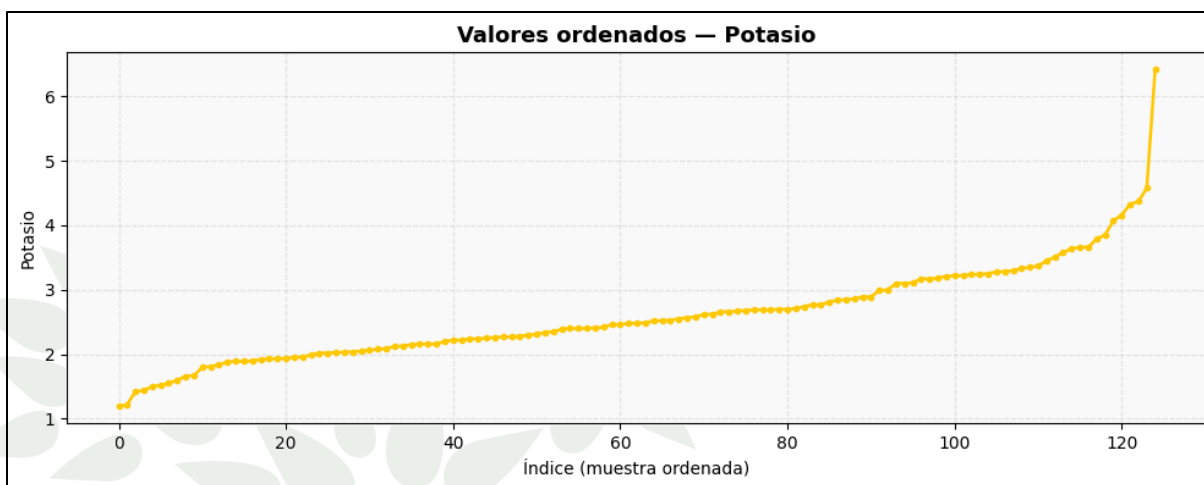


Fuente: Dr. Calderón Labs.

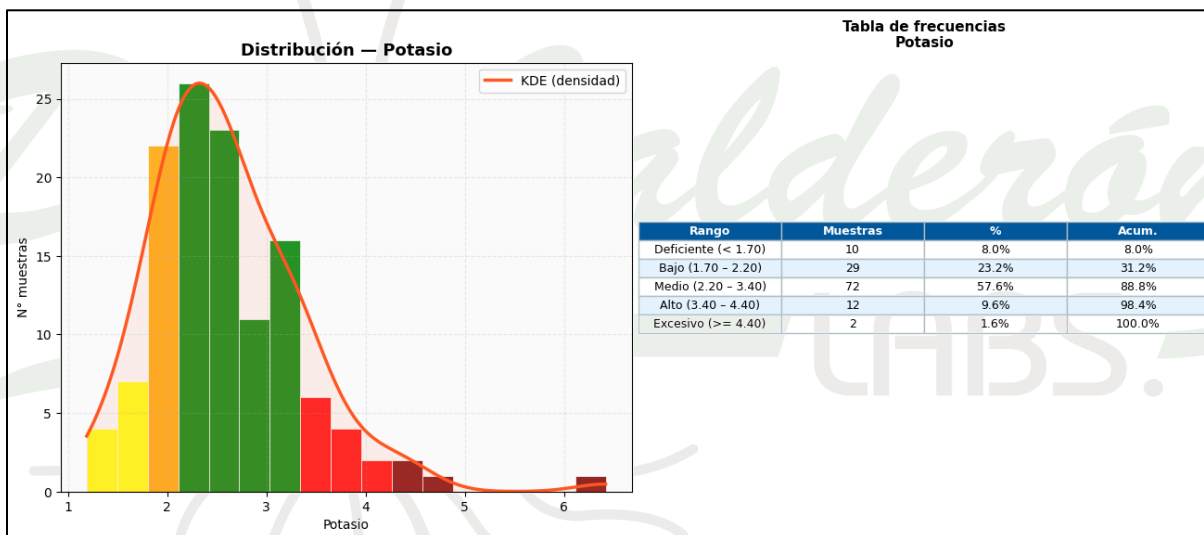
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	0.09
Val Max.	0.87
Rango	0.78
Media aritmética	0.28
Mediana	0.24
Std. Dev	0.14
N D/B	0.1
N B/M	0.19
N M/A	0.36
N A/E	0.5

C. POTASIO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

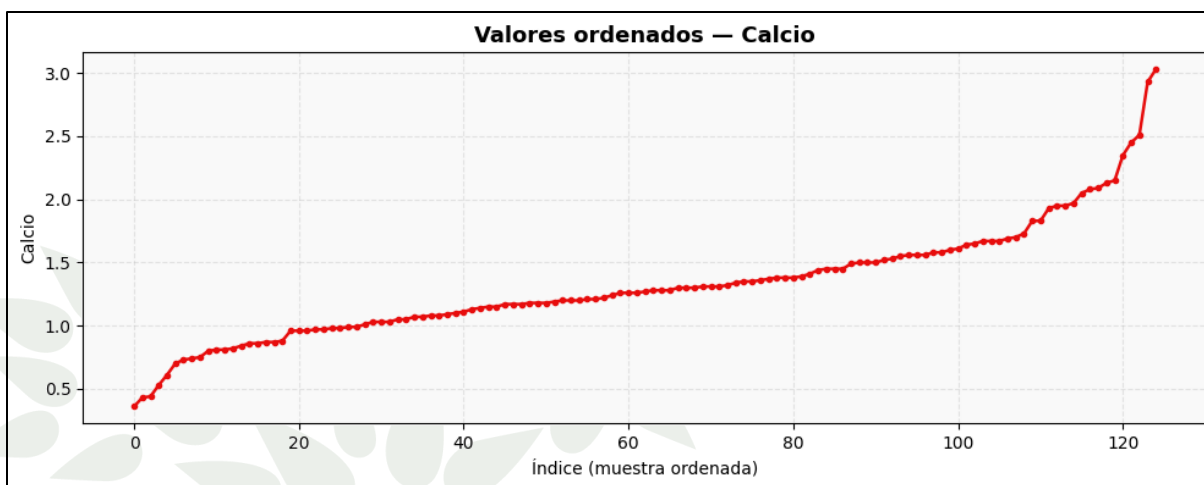


Fuente: Dr. Calderón Labs.

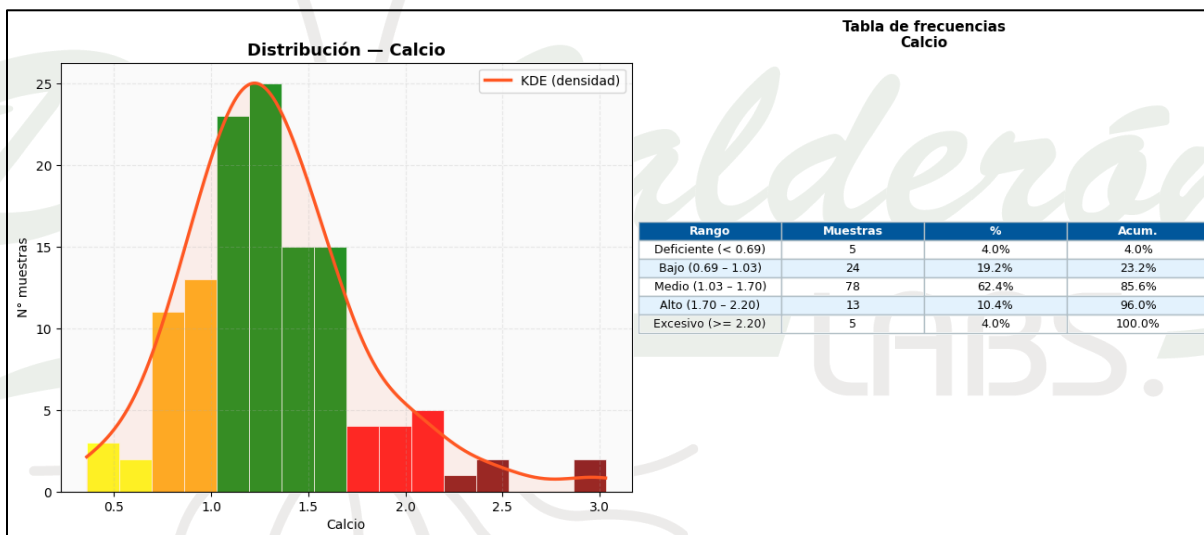
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	1.19
Val Max.	6.42
Rango	5.23
Media aritmética	2.6
Mediana	2.48
Std. Dev	0.76
N D/B	1.7
N B/M	2.21
N M/A	3.48
N A/E	4.49

D. CALCIO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

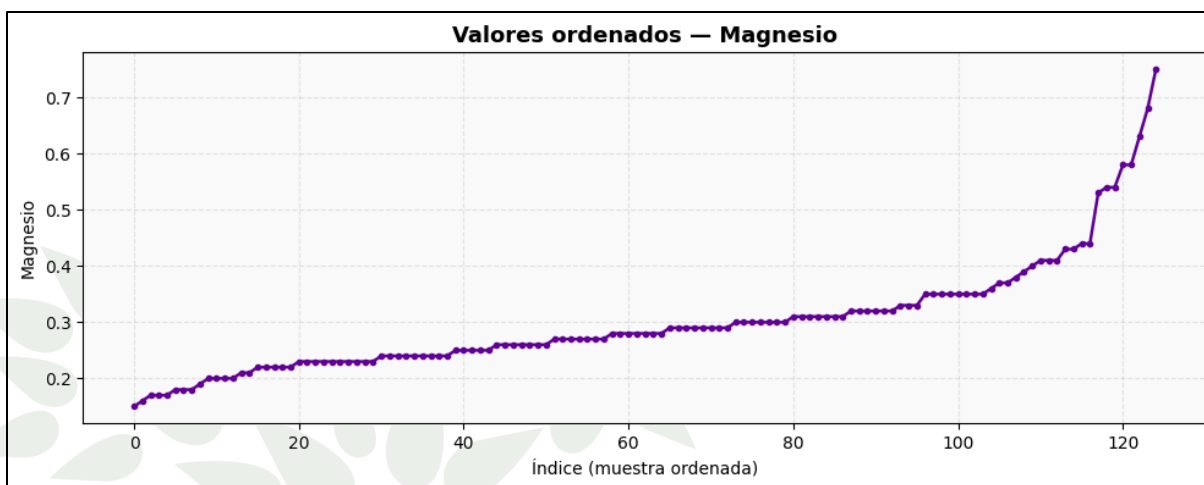


Fuente: Dr. Calderón Labs.

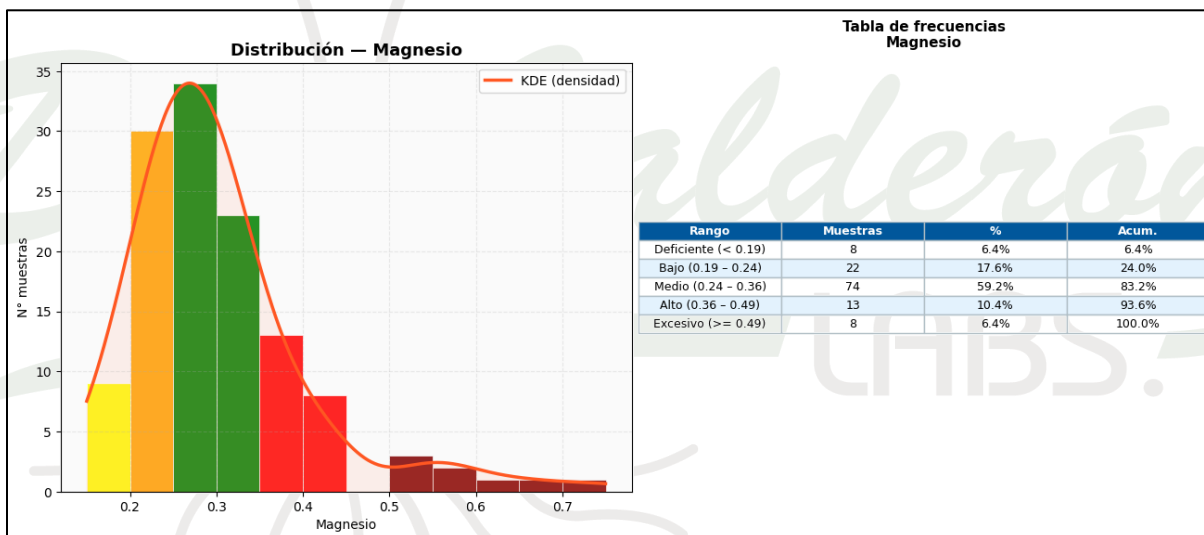
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	0.36
Val Max.	3.03
Rango	2.67
Media aritmética	1.32
Mediana	1.27
Std. Dev	0.46
N D/B	0.69
N B/M	1.03
N M/A	1.7
N A/E	2.2

E. MAGNESIO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

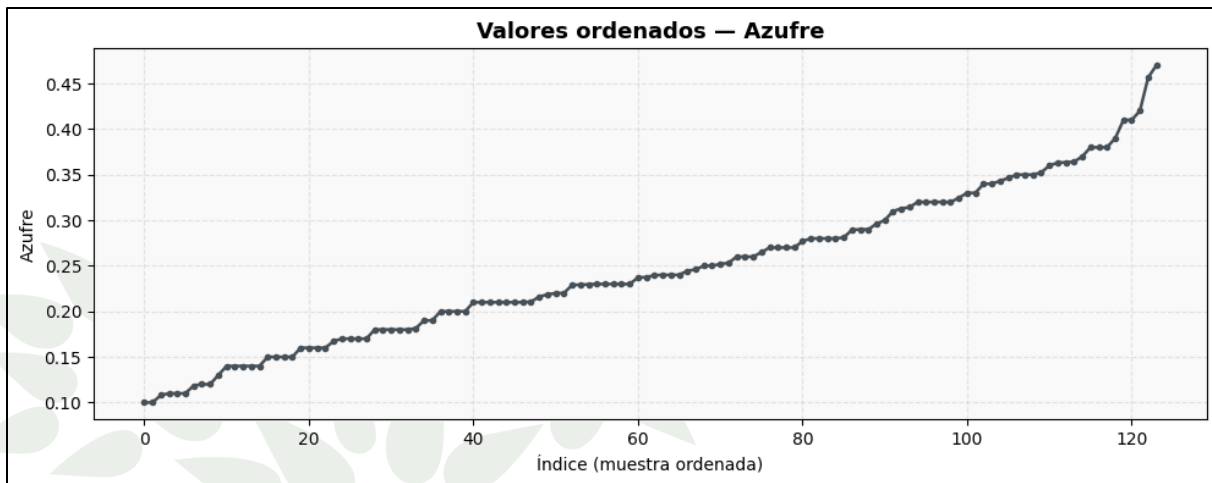


Fuente: Dr. Calderón Labs.

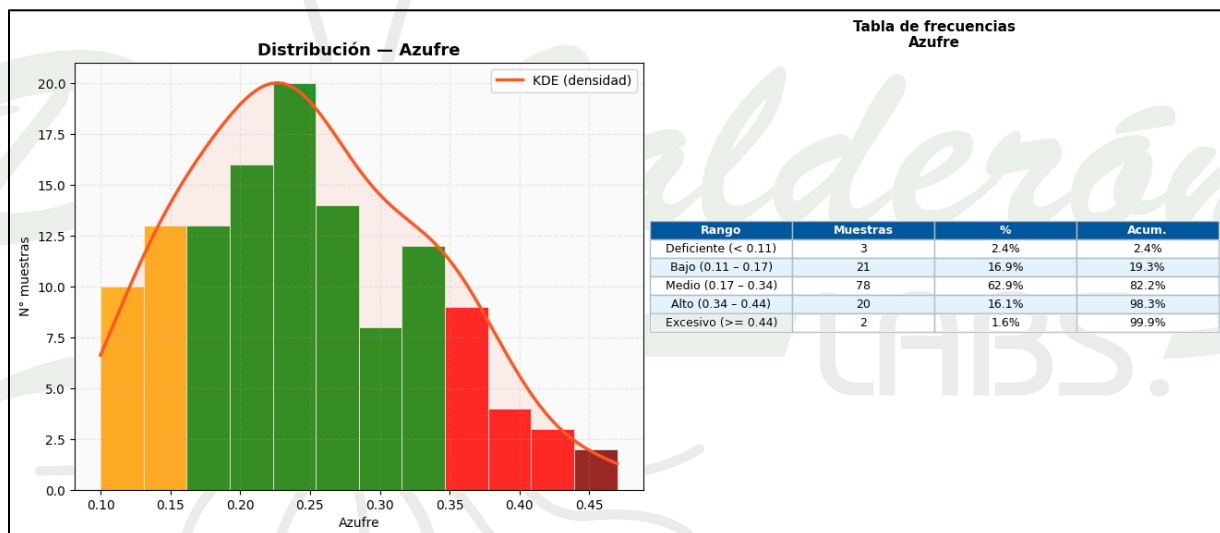
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	0.15
Val Max.	0.75
Rango	0.6
Media aritmética	0.3
Mediana	0.28
Std. Dev	0.1
N D/B	0.19
N B/M	0.24
N M/A	0.36
N A/E	0.5

F. AZUFRE:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

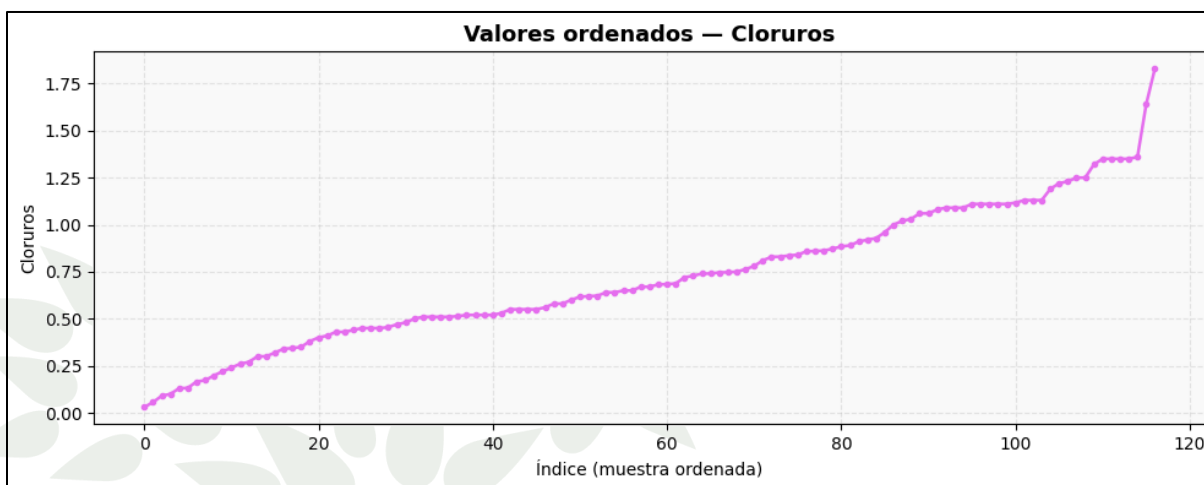


Fuente: Dr. Calderón Labs.

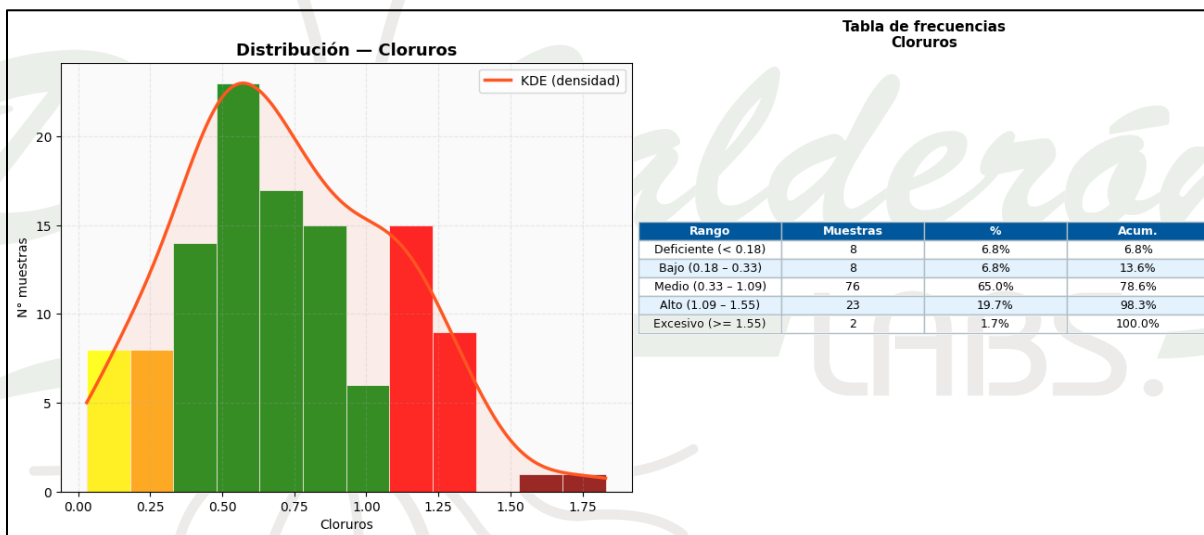
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	0.02
Val Max.	0.47
Rango	0.45
Media aritmética	0.24
Mediana	0.24
Std. Dev	0.09
N D/B	0.1
N B/M	0.17
N M/A	0.34
N A/E	0.44

G. CLORUROS:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

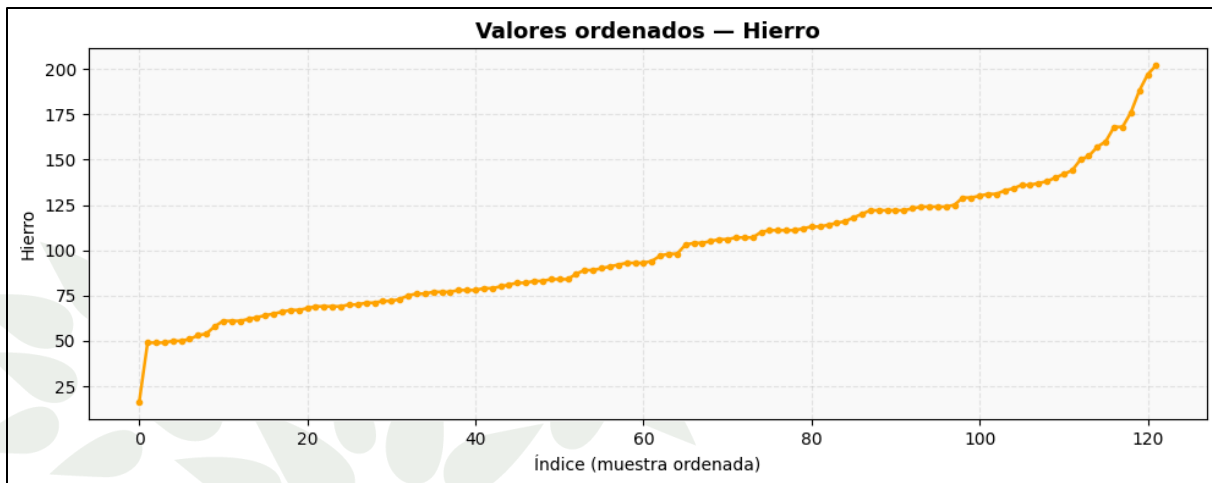


Fuente: Dr. Calderón Labs.

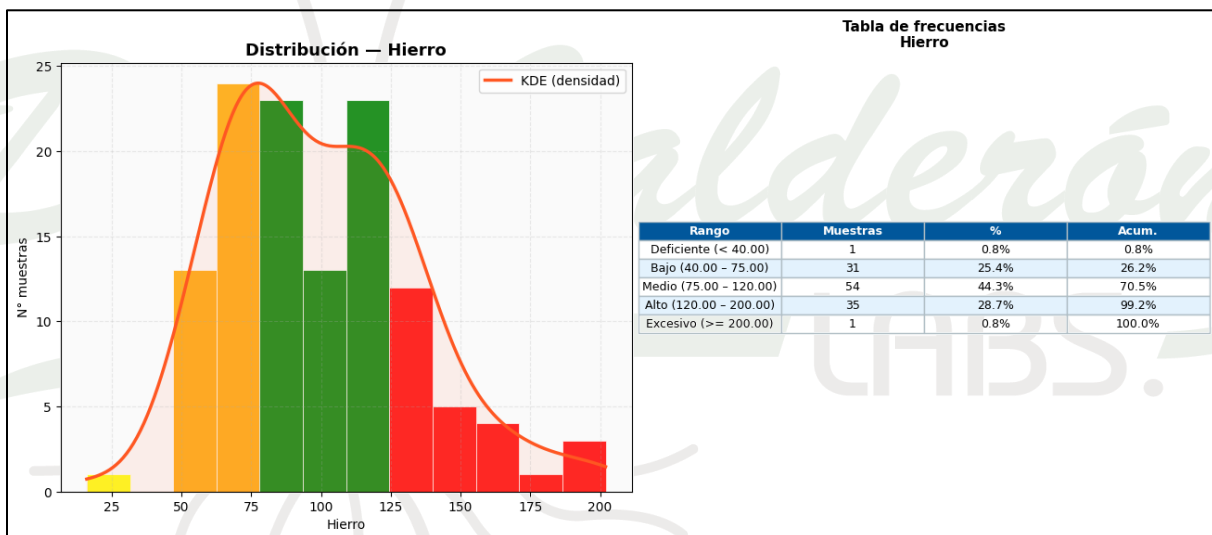
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	0.03
Val Max.	5.36
Rango	5.33
Media aritmética	0.76
Mediana	0.68
Std. Dev	0.56
N D/B	0.18
N B/M	0.33
N M/A	1.09
N A/E	1.5

H. HIERRO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

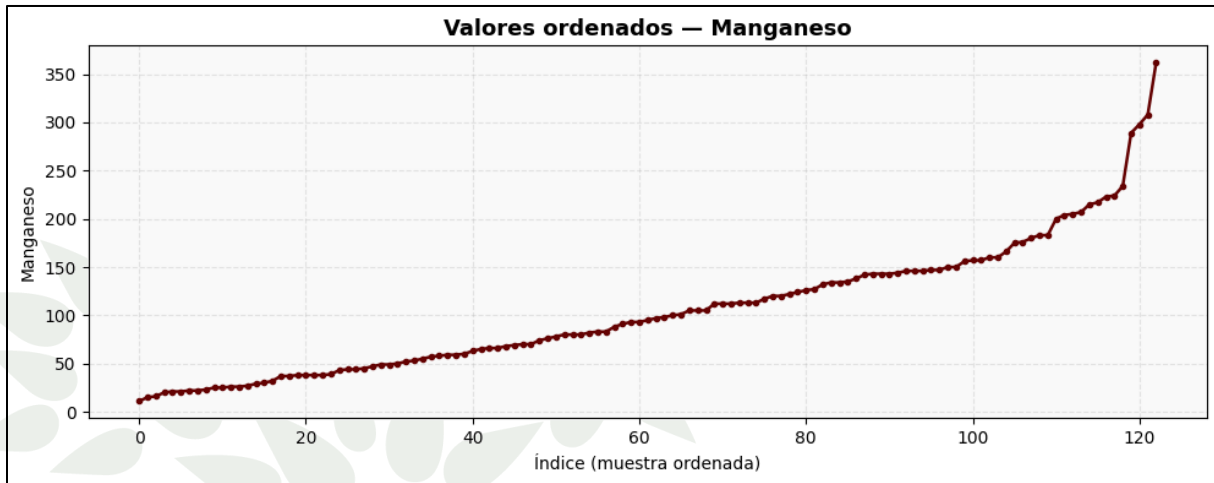


Fuente: Dr. Calderón Labs.

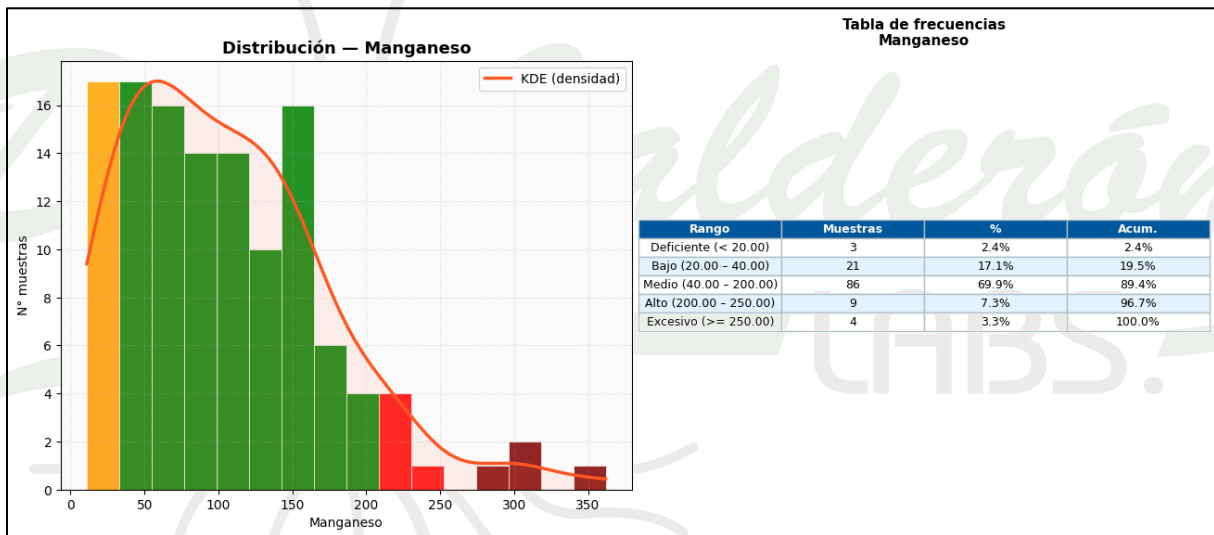
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	16
Val Max.	571
Rango	555
Media aritmética	106.56
Mediana	97
Std. Dev	59.44
N D/B	40
N B/M	75
N M/A	120
N A/E	200

I. MANGANESO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

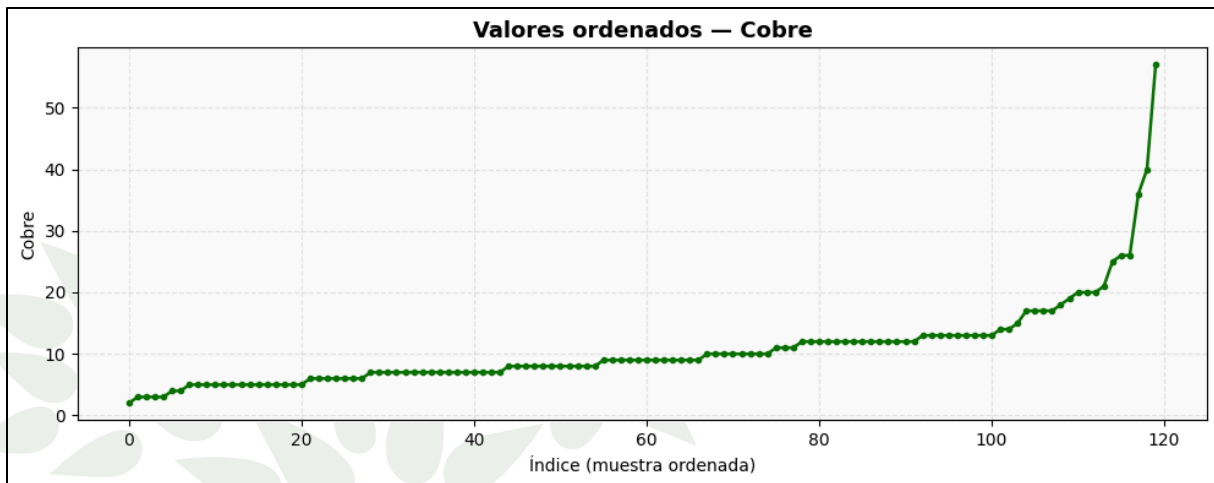


Fuente: Dr. Calderón Labs.

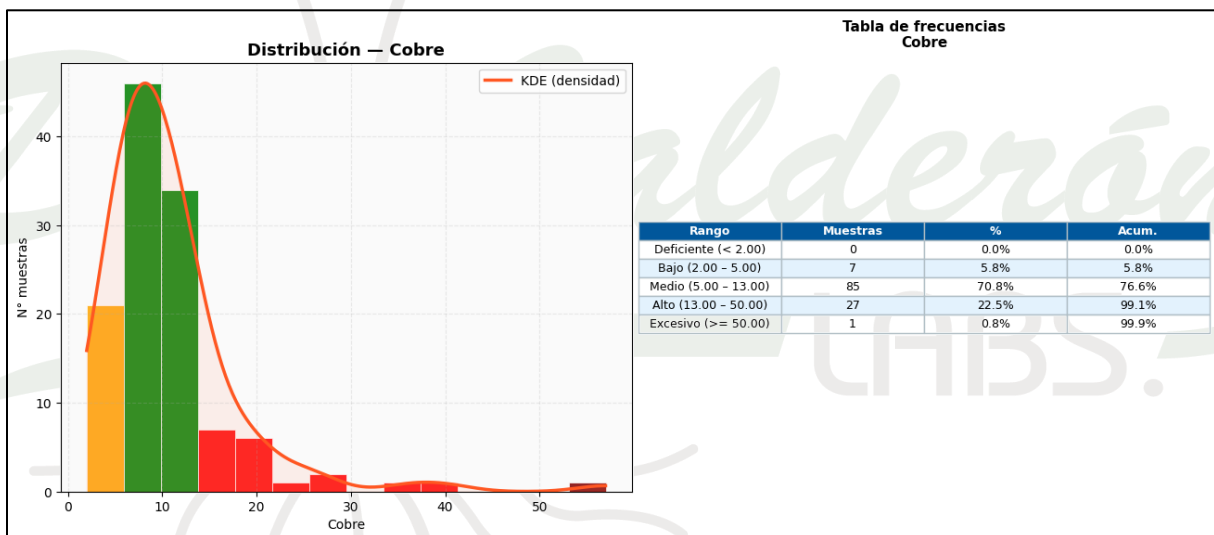
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	11
Val Max.	710
Rango	699
Media aritmética	113.79
Mediana	97
Std. Dev	97.65
N D/B	20
N B/M	40
N M/A	200
N A/E	250

J. COBRE:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

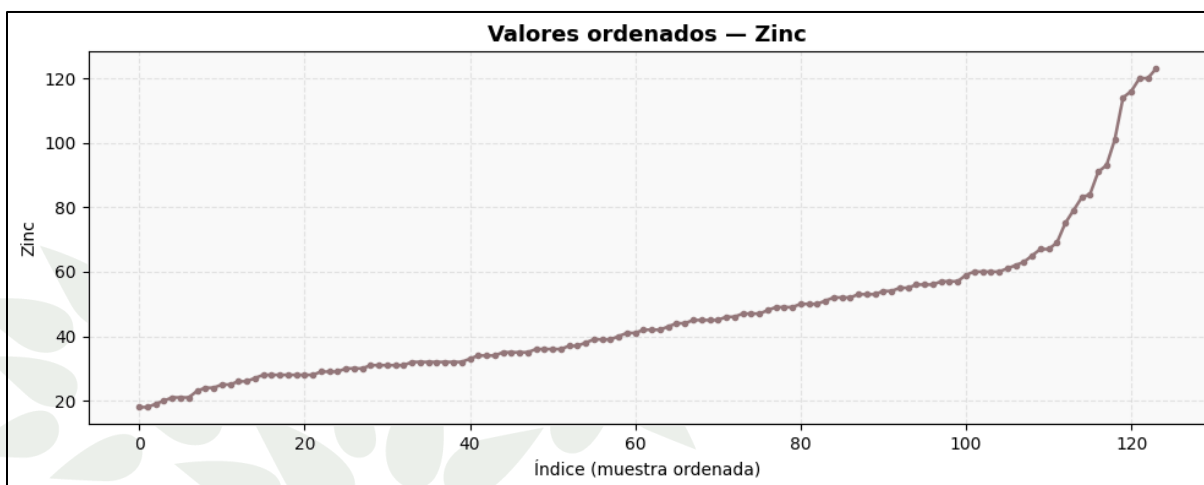


Fuente: Dr. Calderón Labs.

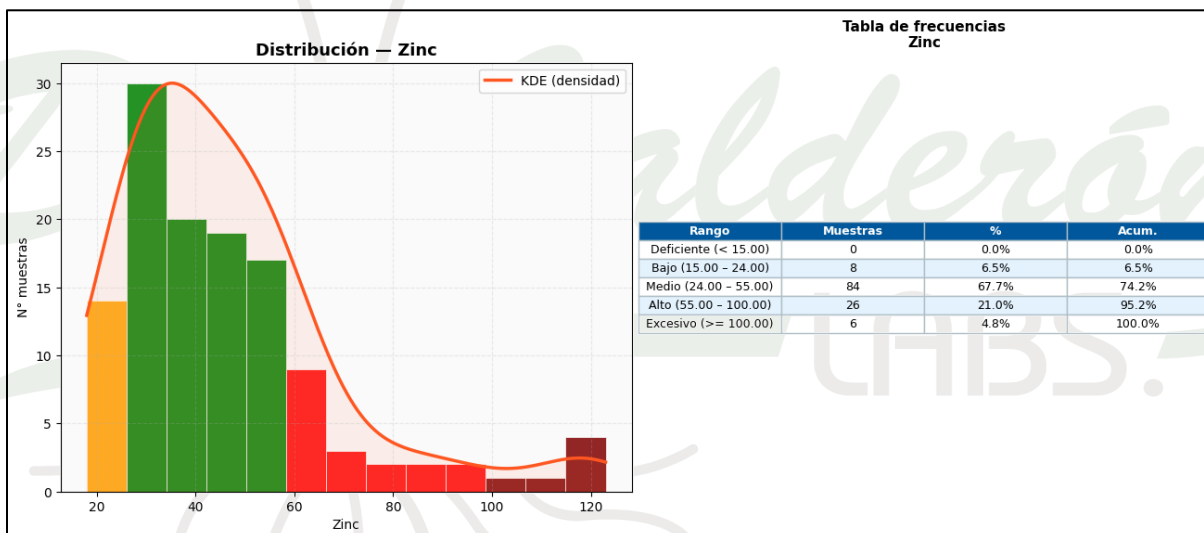
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	2
Val Max.	484
Rango	482
Media aritmética	20.5
Mediana	9
Std. Dev	54.33
N D/B	2
N B/M	5
N M/A	13
N A/E	50

K. ZINC:



Fuente: Dr. Calderón Labs.

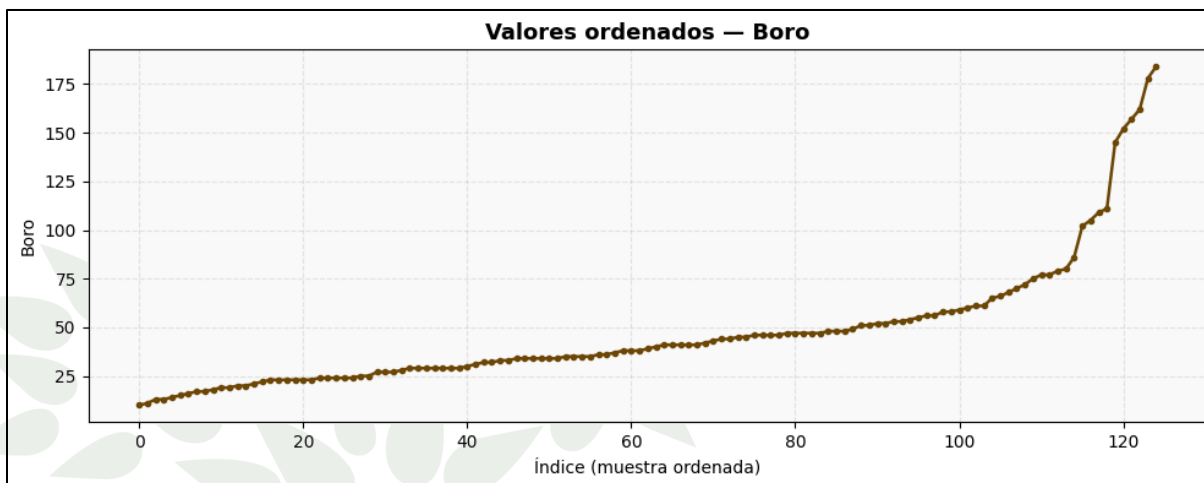


Fuente: Dr. Calderón Labs.

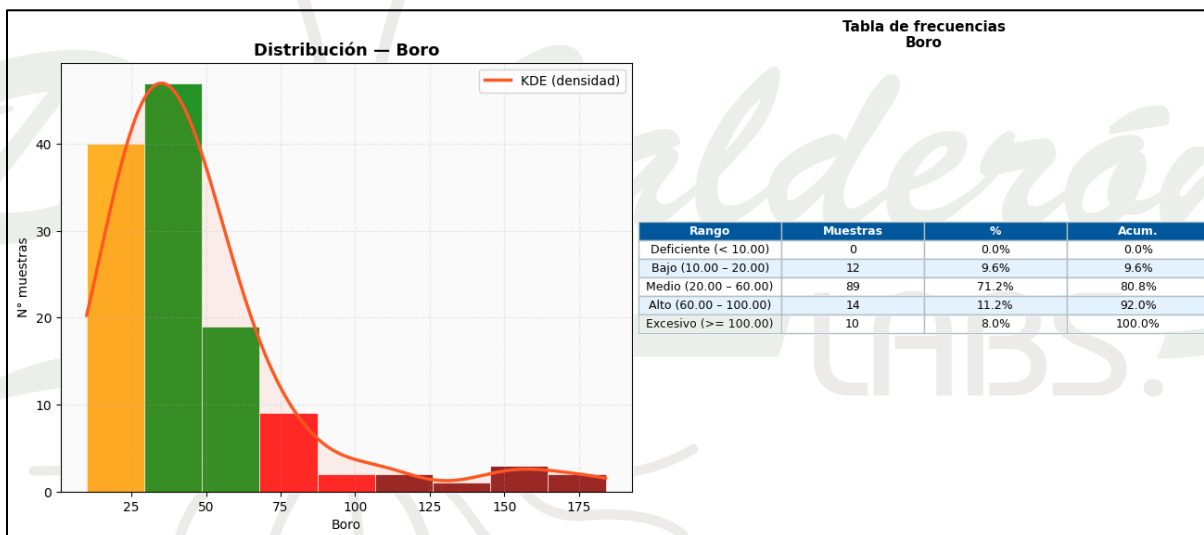
Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	18
Val Max.	374
Rango	356
Media aritmética	48.99
Mediana	42
Std. Dev	36.49
N D/B	15
N B/M	24
N M/A	55
N A/E	100

L. BORO:



Fuente: Dr. Calderón Labs.



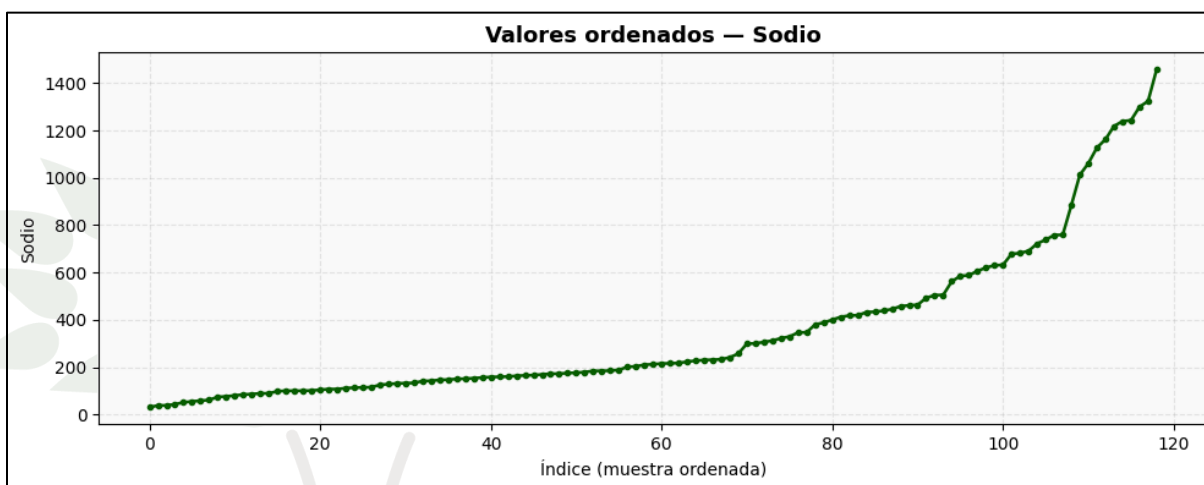
Fuente: Dr. Calderón Labs.

Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	10
Val Max.	184
Rango	174
Media aritmética	47.3
Mediana	39
Std. Dev	32.98
N D/B	10
N B/M	20
N M/A	60
N A/E	100

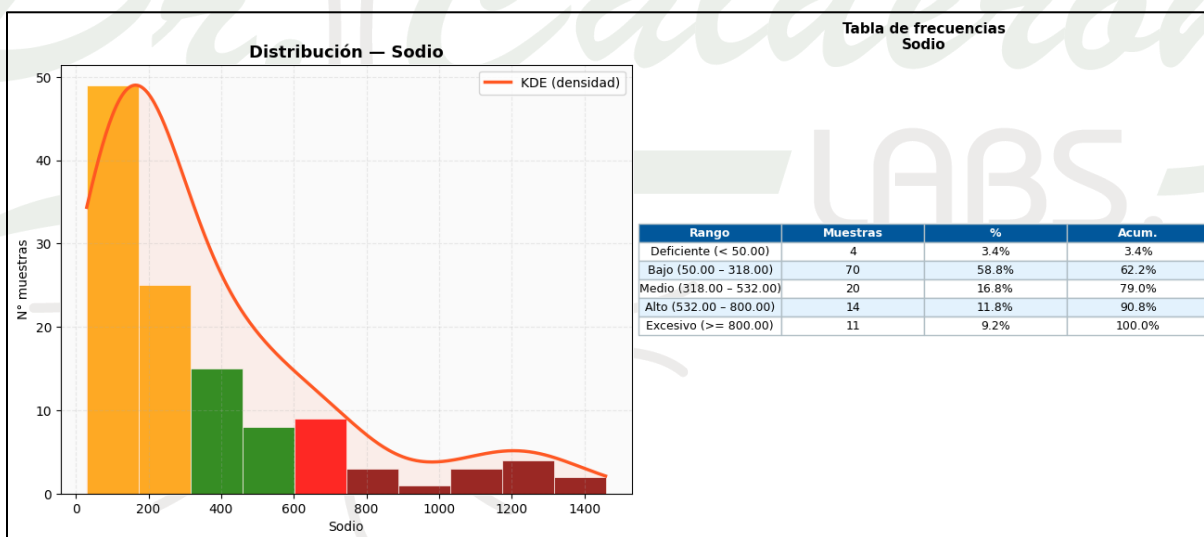
M. SODIO:

En la gráfica siguiente se puede observar la superposición de dos o tres poblaciones diferentes, por su contenido de Sodio. La mayor parte de las muestras altas en Sodio correspondió a algunos municipios de la Sabana de Bogotá.



Fuente: Dr. Calderón Labs.

En el histograma siguiente se insinúa la presencia de 4 poblaciones diferenciadas en su contenido de Sodio.



Fuente: Dr. Calderón Labs.

Somos su mejor alternativa...

Para este elemento, los valores críticos derivados de este ejercicio son los siguientes:

	%
Val Min.	30
Val Max.	11250
Rango	11250
Media aritmética	553.48
Mediana	217
Std. Dev	1202.92
N D/B	50
N B/M	318
N M/A	532
N A/E	800

Hemos señalado del nivel entre 50 y 318 ppm como el nivel medio para plantas en condiciones de suelos y aguas de riego relativamente exentas de Sodio.

El ingreso del Sodio a las plantas podría darse por alguno de los siguientes mecanismos:

1. Absorción directa por el sistema radicular. En este caso, significaría que aparentemente las Hydrangeas son plantas que carecen de un mecanismo fuerte de exclusión del Sodio a nivel radicular. No obstante, lo anterior, algunas de las plantas altas en Sodio de esta medición están ubicadas en municipios con suelos y aguas completamente bajas en dicho elemento.
2. Ingreso por vía foliar. Atribuible a la composición de algunos de los productos fitosanitarios y/o Abonos foliares que contengan dicho elemento en cantidades significativas.
3. Ingreso a través del agua de fumigación.
4. Aplicación de Carbonato o Bicarbonato de Sodio al suelo o sustrato como producto Neutralizante/Alcalinizante buscando un cambio de color de la flor hacia el Pink.

Este es un tema que habrá que estudiar más detenidamente en un futuro.

La tabla de niveles críticos foliares como resultado de este estudio por Dr. Calderón Labs. para las Hortensias es la siguiente:

Somos su mejor alternativa...

HORTENSIA					
TABLA DE NIVELES CRITICOS FOLIARES					
	DEFICIENTE	BAJO	MEDIO	ALTO	EXCESIVO
Nitrógeno %	1.61	2.42	4.03	4.84	Superior a los valores expresados en la columna de ALTO
Fósforo %	0.1	0.19	0.36	0.5	
Potasio %	1.7	2.21	3.48	4.49	
Azufre %	0.1	0.17	0.34	0.44	
Calcio %	0.69	1.03	1.7	2.2	
Magnesio %	0.19	0.24	0.36	0.5	
Hierro ppm	40	75	120	200	
Manganeso ppm	20	40	200	250	
Cobre ppm	2	5	13	50	
Boro ppm	10	20	60	100	
Zinc ppm	15	24	55	100	
Sodio ppm	50	318	532	800	
Cloruros %	0.18	0.33	1.09	1.5	
Nota : Lease Menor Que...					

Tabla de niveles críticos foliares para el cultivo de Hortensias. Fuente: Dr. Calderón Labs.

En este estudio, el valor de la Mediana, lo observamos más acorde a la condición natural del cultivo en el campo que el valor de la Media. Este último puede estar un poco distorsionado por aplicaciones foliares de nutrientes y/o productos fitosanitarios, especialmente de Cobre, Manganeso y Zinc y Sodio. Estos valores para las 125 muestras de este estudio en territorio nacional son los siguientes:

Elemento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cloruros	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	Boro	Sodio
Unidades	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Val Min.	1.21	0.09	1.19	0.36	0.15	0.02	0.03	16.00	11.00	2.00	18.00	10.00	30.00
Val Max.	5.24	0.87	6.42	3.03	0.75	0.47	5.36	571.00	710.00	484.00	374.00	184.00	11250.00
Rango	4.03	0.78	5.23	2.67	0.60	0.45	5.33	555.00	699.00	482.00	356.00	174.00	11220.00
Media Aritmética	2.75	0.28	2.60	1.32	0.30	0.24	0.76	106.56	113.79	20.50	48.99	47.30	553.48
Mediana	2.72	0.24	2.48	1.27	0.28	0.24	0.68	97.00	97.00	9.00	42.00	39.00	217.00
Std. Dev.	0.67	0.14	0.76	0.46	0.10	0.09	0.56	59.44	97.65	54.33	36.49	32.98	1202.92
C.V.	24%	52%	29%	34%	34%	35%	73%	56%	86%	265%	74%	70%	217%
Nd/B	1.61	0.1	1.7	0.69	0.19	0.10	0.18	40	20	2	15	10	50
Nb/M	2.42	0.19	2.21	1.03	0.24	0.17	0.33	75	40	5	24	20	318
Nm/A	4.03	0.36	3.48	1.7	0.36	0.34	1.09	120	200	13	55	60	532
Na/E	4.84	0.5	4.49	2.2	0.5	0.44	1.50	200	250	50	100	100	800

Valores de algunos parámetros estadísticos para la composición foliar de la planta de Hortensias. Fuente: Dr. Calderón Labs.

La mediana, como hemos encontrado en algunos otros casos, representa mejor el centro de los valores nutricionales para el cultivo de Hydrangeas.

RELACIONES NUTRICIONALES DE LAS PLANTAS DE HYDRANGEAS

Entre las relaciones nutricionales de las plantas, tenemos en primer lugar las relaciones entre los cationes y aniones, las cuales definen si una planta es indiferente ante el medio radicular o si por el contrario tiende a alcalinizar o acidificar el medio radicular.

Para analizar estas relaciones hemos desarrollado desde hace algunos años, la ecuación que define el balance entre aniones cationes en las plantas. Esta ecuación que hemos denominado la "Ecuación de Calderón", por no encontrarla hasta ahora en ninguna otra parte, se plantea de la siguiente manera resumida (Ver documento):

URL:

<https://www.dropbox.com/s/wnibzw7687hd6n4/Teoria%20del%20Balance%20Aniones%20Cationes%20en%20la%20Nutrici%C3%B3n%20Vegetal.docx?dl=0>

En dicho documento se deduce lo que llamamos la relación Parcial $N - NO_3^- / N_{Total}$, como:

$$N - NO_3^- / N_{Total} = (\Sigma Cat + N_{Total} - \Sigma Ani + H^+ - OH^-) / 2N_{Total}$$

Ecuación de Calderón (1)

Y se llama parcial porque para simplificar la ecuación se asumen algunas premisas.

1. ACIDIFICACIÓN DE LA RIZOSFERA.

El Hidrogeno (H⁺) es un elemento que tiene la peculiaridad de poder ser absorbido o excretado por la raíz de las plantas. Cuando en particular, la oferta de N-Amoniacal (N-NH₄⁺) es muy grande, las plantas lo absorben y mantienen el balance iónico excretando Hidrogeniones. Con este efecto las plantas acidifican la rizosfera y el Hidrógeno adquiere signo negativo en el Balance ya que, en vez de entrar, sale de la planta. Esta estrategia se puede utilizar para mejorar la asimilación de los elementos menores como Hierro y Manganeseo, cuya disponibilidad en la solución del suelo, depende del pH del medio. También puede ser utilizada para evitar la absorción excesiva de N-NO₃, al favorecer la fertilización de formas amoniacales sobre las formas Nitrícas. En la anterior ecuación (1) se asume que esto no ocurre y que el pH de la rizosfera se mantiene constante alrededor de la neutralidad en la cual la concentración de H⁺ es igual a la concentración de OH⁻ y por consiguiente se cancelan en la ecuación, dando origen a la relación Parcial N-NO₃/N_{Tot}, como la siguiente ecuación parcial:

$$N - NO_3^- / N_{Total} = (\Sigma Cat + N_{Total} - \Sigma Ani) / 2N_{Total}$$

En otros casos, la absorción activa de grandes cantidades de cationes, principalmente Calcio y Potasio que suele ocurrir e determinados estados fenológicos de las plantas, se puede dar en intercambio por cationes H⁺.

2. EFECTO DE LOS BICARBONATOS.

El anión Bicarbonato de peso molecular 61 es extremadamente parecido al anión Nitrato de peso molecular 62. Este último posee un átomo de Nitrógeno de peso atómico 14 unido a tres oxígenos. Por su parte el Anión Bicarbonato posee una dupla CH de peso molecular 13 unida a tres oxígenos. Esto le confiere una

arquitectura molecular bastante parecida a la de los Nitratos, la cual, en muchos casos, logra engañar el sistema enzimático de captura y absorción del nutriente Nitrógeno Nitrato N-NO_3 . Una vez en el interior de la planta, el anión Bicarbonato HCO_3^- se desdobra en CO_2 y OH^- . El CO_2 sigue la ruta fotosintética y el OH^- resultante alcaliniza el interior de la planta produciendo desórdenes como la clorosis Férrica (Inutilización del Hierro al interior de la planta) similar a la carencia de Hierro.

3. RELACIÓN $\text{N-NO}_3/\text{N}_{\text{Total}}$.

Los valores típicos para la relación $\text{NO}_3/\text{N}_{\text{total}}$ están alrededor de 0.9 (90 %). Esto quiere decir que las plantas en general absorben el 90 % de su Nitrógeno en forma Nitrato y el 10 % restante en forma Amoniacal. Una planta puede vivir perfectamente con el 100 % del Nitrógeno en forma Nitrato, pero se intoxica cuando encuentra más del 40 % del Nitrógeno en forma amoniacal.

4. APLICACIÓN DE N-Amoniacal.

La aplicación del Nitrógeno en forma 100% Amoniacal al suelo, causa su acidificación paulatina y en principio no intoxica las plantas ya que en el suelo media un fenómeno de fijación en las posiciones de intercambio Catiónico y nitrificación espontánea a través de bacterias Nitrosomonas y Nitrobacter que convierten el N-Amoniacal en N-Nitrato. Por el contrario, la aplicación del nitrógeno de formas 100 % amoniacales en cultivo hidropónico intoxica inmediatamente las plantas.

5. FENÓMENO DE LA NITRIFICACIÓN.

La mencionada conversión del Nitrógeno Nitrato en Nitrógeno Amoniacal en el suelo se da en dos etapas. En la primera etapa, el Amonio es convertido en Nitrito por la acción de las Nitrosomonas. En la segunda etapa el Nitrito es convertido a Nitrato por la acción del Nitrobacter. La primera reacción es lenta mientras que la segunda es rápida. Como consecuencia de esta diferencia en cinética, la presencia de Nitritos en el suelo es casi nula ya que tan pronto logra formarse, rápidamente desaparece. Salvo, cuando hay condiciones anóxicas (Carencia de Oxígeno necesario para las reacciones) se dan ciertas acumulaciones de Nitritos en el suelo. La conversión completa (> 90 %) del N-Amoniacal en Nitratos, en suelos bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, se da en un lapso de 15 días.

6. LA CIC EN EL SUELO PREVIENE LA TOXICIDAD DEL AMONIO.

La interceptación o el acceso del Amonio al sistema radicular de las plantas es menor en suelo que en sistemas hidropónicos y depende mucho de la capacidad de intercambio catiónico del suelo o sustrato. El Amonio se fija temporalmente en las posiciones de intercambio catiónico y no accede a la raíz con la misma facilidad que el Nitrógeno Nitrato. Esto hace que una alta capacidad de Intercambio catiónico prevenga la toxicidad de Amonio.

En el cuadro siguiente vemos el balance de aniones y Cationes de la planta de Hortensias utilizando los valores de la Mediana (Hydrangeas, especialmente en lo concerniente a Cationes (Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio) y Aniones, (Sulfatos, Cloruros, Fosfatos y Nitratos).

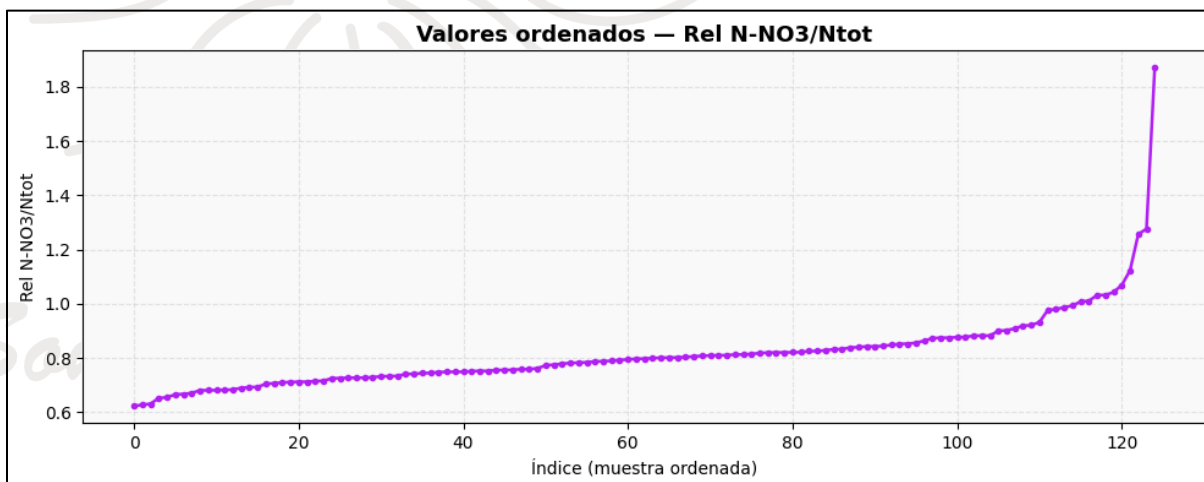
Somos su mejor alternativa...

RELACION N-NO3/N TOTAL EN HORTENSIAS.							
Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Sodio	Cloruros
%	%	%	%	%	\$	ppm	%
4.03	0.36	3.48	1.70	0.36	0.34	532	1.09
Cationes				Aniones			
	%	meq/kg			%	meq/kg	
K+; %	3.48	0.892		S-SO4=; %	0.34	0.213	
Ca++; %	1.70	0.85		Cl-; %	1.09	0.307	
Mg++; %	0.36	0.30		P-H2PO4-; %	0.36	0.109	
Na+; ppm	532	0.023		HCO3-; %	0	0.000	
	Σcat	2.06			Σani	0.629	
N-NH4+	1.012	0.72		N-NO3-; %	3.018	2.16	
H+	-4.53E-08	0.000		OH-; %	0	0.00	
	Balance	2.784			Balance	2.784	
N Tot; %	4.03	2.88					
Parcial NO3/Ntot;	0.749						

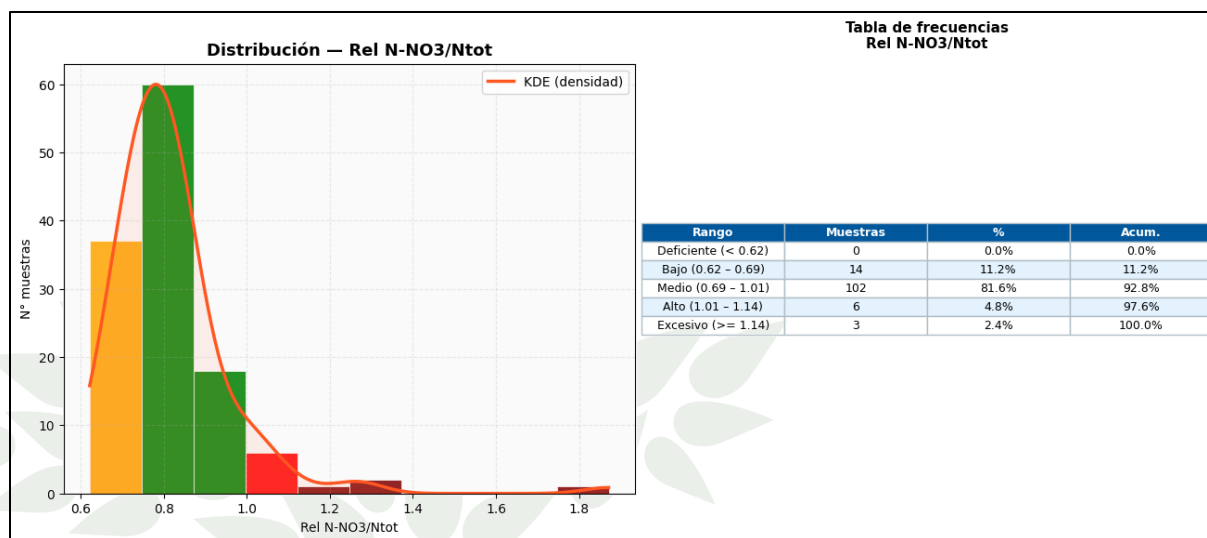
Balance de Cationes y Aniones en la planta de Hortensias. Fuente: Dr. Calderón Labs.

Aquí podemos observar que la relación parcial NO3/Ntotal, tal como se define en el artículo ya mencionado, en Hortensias es menor que 1.00, con una media alrededor de 0.8. Esto se da en más del 90 % de los casos del cultivo de Hortensias. Esto sugiere que las Hortensias pueden absorber una parte importante de su Nitrógeno en forma Amoniacal, cerca del 20 %.

N. RELACIÓN N-NO₃ / N Total



Valores de la relación parcial N-NO₃ / N Total en Hydrangeas. Fuente: Dr. Calderón Labs.



Distribución de la relación N-NO₃ / N Total en Hortensias. Fuente: Dr. Calderón Labs.

RELACIÓN ENTRE EL DESARROLLO DE LA PLANTA Y EL TAMAÑO DEL SISTEMA RADICULAR (Volumen de Sustrato)

Todos sabemos que la relación entre la productividad por planta, el tamaño de la planta y el tamaño del contenedor están estrechamente relacionados. Así como el consumo de nutrientes y de agua. Sin embargo, estos aspectos están más relacionados a la unidad de área, que al número de plantas por metro cuadrado. En otras palabras, quiero decir que el consumo de agua y de nutrientes debemos expresarlo siempre como una unidad de peso, por unidad de área y unidad de tiempo. Aunque sabiendo cuantas plantas tengamos allí podemos recalcular por unidad de planta.

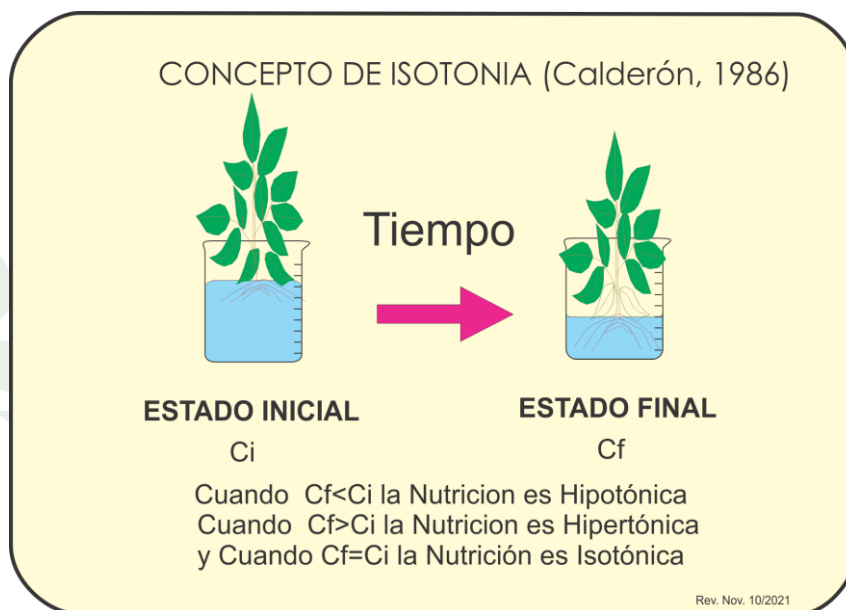
Lo anterior depende de un sin número de factores, tales como la irradiación lumínica, la temperatura del lugar, la Humedad relativa del medio ambiente, del viento, el porte de la variedad, las características de la epidermis foliar, el tipo de sustrato, etc., etc.

En los experimentos que hemos realizado, hemos encontrado que el consumo de agua oscila entre 1 y 4 lts/mt²/día para las condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá. En general aconsejamos hacer los cálculos de nutrientes sobre la base de un consumo de agua de 2 lts/mt²/día a una concentración ¾ Full.

Los tamaños de contenedores para las plantas también varían entre 3 y 50 lts/planta y más en algunos casos.

Somos su mejor alternativa...

LAS NECESIDADES HIDRICAS Y LA NUTRICION DE LA PLANTA DE HORTENSIAS – CONCEPTO DE ISOTONIA



Concepto de Isotonia. Fuente: Dr. Calderón Labs.

Cuando una planta se alimenta de una solución nutritiva cuya concentración inicial es C_i , la planta consume agua y elementos nutritivos. Pasado un tiempo determinado (t), la planta ha consumido agua y elementos nutritivos, pueden suceder tres cosas:

Que la planta consuma más agua que sales nutritivas, en cuyo caso las sales se acumulan en el agua residual haciendo que C_f sea mayor que C_i ($C_f > C_i$), en cuyo caso se dice que la solución es Hipertónica.

Que la planta consuma más sales que agua, en cuyo caso la planta empobrece las sales del medio haciendo que C_f sea menor que C_i ($C_f < C_i$); en este caso se dice que la nutrición es hipotónica.

Que la planta consuma igual cantidad de sales que de agua, en cuyo caso la concentración final será igual a la inicial ($C_f = C_i$) en este caso la nutrición es Isotónica.

La solución Isotónica, en la práctica la hemos denominado 1 Full es decir una solución donde los nutrientes se absorben a la par con el agua y permiten la formación de una determinada biomasa sin que sobre ni falte nada y sin que se altere el medio de crecimiento.

La concentración de la solución puede monitorearse midiendo la conductividad eléctrica de la misma. Las sales nutritivas conducen la corriente eléctrica y así a mayor cantidad de sales nutritivas habrá mayor conductividad eléctrica.

Cuando el clima es seco, soleado y con viento la planta pasa más agua que cuando el clima es húmedo y sombrío. En general se esperaría que la biomasa producida por la planta en cualquier condición climática sea similar. Comparando estas dos situaciones, podría decirse que la planta consume igual cantidad de nutrientes en ambos casos, pero diferente cantidad de agua. Así pues, la concentración de la solución deberá estar acorde con las condiciones del clima.

Clima	Húmedo Sombrio Frio	Medio	Seco Luminoso Cálido
Consumo de solución	1 - 2 L/m ² / día	2 - 3 L/m ² / día	3 - 4 L/m ² / día
Rango de concentración	1 Full	3/4 Full	1/2 Full
Conductividad eléctrica	2.0 mmhos/cm	1.5 mmhos/cm	1.0 mmhos/cm

Niveles de agua y conductividad eléctrica recomendados para el cultivo de Hortensias.

La relación entre el consumo de agua y la formación de materia seca habría que evaluarla en cada caso específico, pero como norma general para cultivos bajo Invernadero se puede trabajar inicialmente con un valor de 200 lts de agua por kg de materia seca formada y un consumo de 2 lts/mt²/día. Esto implica que la concentración de la solución Nutritiva deberá ser alrededor de la 200-ava parte de la composición de la biomasa formada.

Así pues, para Hortensias, entre la composición media y el nivel alto del rango medio, la composición de la solución nutritiva debería estar dentro del siguiente rango.

Elemento	Composición de la planta	Solución nutritiva
	%	ppm
N	2.72 - 4.03	136 - 201
P	0.24 - 0.36	12 - 18
K	2.48 - 3.48	24 - 174
Ca	1.27 - 1.70	64 - 85
Mg	0.28 - 0.36	14 - 18
S	0.24 - 0.34	12 - 17
Cl	0.68 - 1.09	34 - 54
Fe	97 - 120	0.5 - 0.6
Mn	97 - 200	0.5 - 1.0
Cu	9 - 13	0.04 - 0.06
Zn	42 - 55	0.2 - 0.3
B	39 - 60	0.2 - 0.3
PH	-	6.0 - 7.5
C.E	-	1.3 - 2.0 mmhos/cm

El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas de Hortensias pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 6.0 y 7.5.

FORMULA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA IDEAL PARA LAS PLANTAS DE HORTENSIA

FORMULA RECOMENDADA: Calcufla V18				1/05/2026 22:36				Equilibrio Final	
				SOLAMENTE MARQUE DATOS EN LAS CASILLAS VERDES				Aniones	Cationes
FORMULA GENERAL				kg - lt/Base	Pesada	Costo \$/m3	ppm	Composición	
Fuentes				1.356	54.240	\$2,795	Formula Liquida	Su Agua No. -----	meq/lt
NITROGENO							ppm	PPM Totales	ppm
Urea			0.000	\$0.00	N-NO3	158	158	0	
Nitrato de Amonio 34 % ; kg	0.24		9.600	\$0.00	N-NH4	47	47	0	
Sulfato de Amonio			0.000	\$0.00	N-Org.	0	0		3.34
KNO3 Técnico; kg	0.35		14.000	\$1,120.00	N-Total	204	204	0	
Nitrato de Calcio Sólido; kg	0.4		16.000	\$752.00	P2O5	61			
Nitrato de Calcio Líquido; lt			0.000	\$0.00	P	27	27	0	
Nitrato de Magnesio Sólido; kg			0.000	\$0.00	K2O	214			2.59
Nitrato de Magnesio Líquido 40°Be; lt	0.04		1.600	\$0.00	K	178	178	0	
Nitrato doble de Calcio y Magnesio CALMAG			0.000	\$0.00	CaO	123			4.57
Acido Nítrico 53 % p/p; d=1.34; kg			0.000	\$0.00	Ca	88	88	0	
Hidróxido de Amonio; d=0.904			0.000	\$0.00	MgO	32			4.39
Acidior			0.000	\$0.00	Mg	19	19	0	
					S	19	19	0	1.58
FOSFORO					Fe	1.20	1.20	0.00	
Fosfato MonoAmónico Tec	0.05		2.000	\$150.00	Mn	0.81	0.81	0.00	
Fosfato Diamónico Tec			0.000	\$0.00	Cu	0.06	0.06	0.00	
Acido Fosfórico 85%; kg			0.000	\$0.00	Zn	0.32	0.32	0.00	
Fosfato Monopotásico; kg	0.06		2.400	\$264.00	B	0.32	0.32	0.00	
Fosfato Dipotásico			0.000	\$0.00	Mo	0.00	0.0044		
Dap Agrícola 18-46-0; kg			0.000	\$0.00	Co	0.00	0.0012		
POTASIO					Cl	23	23	0	
Sulfato de Potasio; kg			0.000	\$0.00			0		0.65
Cloruro de Potasio; kg	0.05		2.000	\$0.00	Na	2	2	0	
Hidróxido de Potasio 90%; kg			0.000	\$0.00	H1	0.00	0		0
SuPoMag; kg			0.000	\$0.00	H2	0.86	1		0.86
CALCIO					H3	0.86	1		0.86
Sulfato de Calcio			0.000	\$0.00	OH	0	0		0.00
Carbonato de Calcio			0.000	\$0.00	HCO3	0	0	0	0
Carbonato de Calcio y Magnesio			0.000	\$0.00	CO3	0	0	0	0
Hidróxido de Calcio			0.000	\$0.00	Si				0.00
Cloruro de Calcio			0.000	\$0.00					0.15
MAGNESIO								Version Beta	
Oxido de Magnesio			0.000	\$0.00				Equilibrio (H/OH)	-0.15
Carbonato de Magnesio			0.000	\$0.00				Concentración de H	0.0001465
Sulfato de Magnesio	0.15		6.000	\$185.40					
Nutriquel Magnesio 10 %			0.000	\$0.00					
AZUFRE					Resumen	Costo/kg; \$	2.062	pH Aproximado	3.83
Acido Sulfúrico			0.000	\$0.00				C.E Aproximada	1.57
Azufre Elemental			0.000	\$0.00				TDS; ppm	1356
HIERRO								Costo/mt3	\$2,795
Sulfato Ferroso Hepta 20 %			0.000	\$0.00	ppm				
Quelato Fe Citrato 20 %			0.000	\$0.00	N	204			
Quelato de Hierro EDDSFA 6 %			0.000	\$0.00	P	27			
Quelato de Hierro EDTA 12 %	0.01		0.400	\$324.00	K	178			
Quelato Fe EDDHA 6 %			0.000	\$0.00	Ca	88			
MANGANESO					Mg	19			
Sulfato de Manganese; 30%			0.000	\$0.00	Na	2			
Oxido de Manganese			0.000	\$0.00	Cl	23			
Terasol Manganese 20 %			0.000	\$0.00	S	19			
Kelalex-Mn 9 %			0.000	\$0.00	Fe	1.20			
COBRE					Mn	0.81			
Sulfato de Cobre			0.000	\$0.00	Cu	0.06			
Oxido de Cobre			0.000	\$0.00	Zn	0.32			
Oxicloruro de Cobre			0.000	\$0.00	B	0.32			
Terasol Cobre 15 %			0.000	\$0.00	Mo	0.00			
Kelalex Cu 9 %			0.000	\$0.00	Rel Ca/K	0.49			
ZINC					Rel Ca/Mg	4.58			
Sulfato de Zinc; 28 %			0.000	\$0.00	Rel N-NO3/No3	0.77			
Oxido de Zinc			0.000	\$0.00	Rel N/K	1.15			
Terasol Zinc 20 %			0.000	\$0.00	Rel N/P	7.65			
Kelalex-Zn 9 %			0.000	\$0.00	Fe/Mn	1.48			
BORO					Ca/B	272			
Borax 48 %			0.000	\$0.00	Formula Sólida; %				
Solubor			0.000	\$0.00	N	15.65			
Acido Bórico			0.000	\$0.00	P2O5	4.31			
Boroliq-AGRO S.A.; lt.			0.000	\$0.00	K2O	13.19			
MOLIBDENO Y COBALTO					CaO	4.47			
Sulfato de Cobalto			0.000	\$0.00	Formula Liquida: gr/100 ml				
Molibdato de Sodio			0.000	\$0.00	N	4.99			
Molibdato de Amonio			0.000	\$0.00	P2O5	1.32			
OTROS					K2O	4.27			
Minor-Mix-1			0.000	\$0.00	CaO	4.46			
Minor-Mix-2 (Sin Manganese)			0.000	\$0.00					
Minor Mix-3 (Hortensias y Gulupa)	0.006		0.240	\$0.00					
FERTISOLES SOLUBLES									
Acido Citrico			0.000	\$0.00					
15-5-30			0.000	\$0.00					
17-6-18			0.000	\$0.00					
25-5-16			0.000	\$0.00					
18-18-18-1-1 Multipropósito			0.000	\$0.00					
Agrofeed			0.000	\$0.00					
ORGANICOS									
Humus de Lombriz			0.000	\$0.00					
Humus Alfa 45 %			0.000	\$0.00					
Gallinaza			0.000	\$0.00					
Biochar			0.000	\$0.00					
Compost			0.000	\$0.00					
Carbonilla de Llantas			0.000	\$0.00					
COMPATIBILIDADES									
La siguiente es una muestra del posible reparto de fuentes entre el Tanque A y el Tanque B, aunque pueden existir muchas otras formas de combinar las fuentes, igualmente compatibles.									
FORMAS EN QUE SE PUEDE DIVIDIR EL CONCENTRADO									
Tanque A					Tanque B				
Urea					Sulfato de Magnesio				
Nitrato de Potasio					Sulfato de Potasio				
Nitrato de Amonio					Sulfato de Amonio				
Nitrato de Calcio					Cloruro de Potasio				
Nitrato de Magnesio					Acidior				
Fosfato Monoamónico					Acid-Quel				
Fosfato MonoPotásico					Acido Sulfúrico				
80 % del Acido Fosfórico					Acido Nítrico				
					20 % del Acido Fosfórico				
Elementos Menores									
Sulfatos, Boratos, Molibdatos									
E. Menores Quelatados (Fe, Mn, Cu, Zn)									
Compatibilidad Restringida en el tanque A:									
Fosfato Diamónico									
Fosfato Dipotásico									

Las partes por millón que aporta la anterior fórmula corresponden a las necesidades exactas de la planta de Hortensia, considerando que su eficiencia en el consumo hídrico en un ambiente típico de Invernadero como la sabana de Bogotá, corresponden a 200 lts de agua por kg de materia seca formada y un consumo unitario de 2 lts/mt²-día en promedio. Esto incluye toda la biomasa de la planta.

Las partes por millón (ppm) aportadas de cada elemento son las siguientes: (1), (2)

ppm						
N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl
204	27	178	88	19	2	23
S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
19	1.20	0.81	0.06	0.32	0.32	0.004
Rel Ca/K	Rel Ca/Mg	el N-NO ₃ /N _{tot}	Rel N/K	Rel N/P	Fe/Mn	Ca/B
0.49	4.58	0.77	1.15	7.65	1.48	272

LA ADECUACIÓN DE LOS SUSTRATOS PARA LA SIEMBRA DE HORTENSIAS HIDROPÓNICAS

La adecuación de los sustratos para la siembra de Hortensias Hidropónicas obedece en primer lugar a la necesidad de mantener el pH cercano a la neutralidad a mediano y largo plazo, en vista del efecto acidificante de las fórmulas y en segundo lugar a la capacidad de retención de humedad en relación con el tamaño de la planta y de los recipientes de siembra.

Es bien sabido que el rendimiento de una planta en general depende del volumen del contenedor del sistema radicular.

Hoy en día existen muy buenos sustratos tales como la Turba, la Cáscara de Coco entre otros. Igualmente se pueden adoptar sustratos a base de cascarilla de arroz, cruda y/o parcialmente quemada, a los cuales se les puede mejorar su capacidad buffer y su retención de humedad mediante la adición de arcilla (desde Caolín de baja capacidad de Intercambio Catiónico hasta Montmorillonita (Bentonita) de altísima capacidad de Intercambio).

En este orden de ideas, la única adición de presiembra para el sustrato sería 4 kg/mt³ de Cal Dolomítica gruesa (Malla 20) cuya misión será la de neutralizar las acideces que pueden ir apareciendo en el sustrato a mediano plazo como consecuencia de la Nitrificación de las formas amoniacales, la acumulación de Fosfatos y la absorción preferente de cationes como Potasio durante la época de floración.

- (1) El Fósforo ha sido aumentado con respecto a la composición teórica en un 50 % debido a la menor movilidad de este elemento en el sustrato.
- (2) El Hierro también ha sido aumentado en un 100 % debido a la efectividad relativa (50%) de los quelatos de Hierro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Epstein E and Bloom AJ (2005) Mineral Nutrition of Plants, Principles and Perspectives, 2nd edn. Sunderland, MA: Sinauer.

Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Ed.; New York, NY: Academic Press.

Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. (1950) The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California Agricultural Experiment Station, Circular-347.