

Formulaciones Comerciales, Quelatos y Formulas completas.

1. Pasado, presente y futuro de las soluciones nutritivas:

Las primeras aproximaciones al descubrimiento de la nutrición se remonta a varios cientos de siglos antes de Cristo descritos así: Aristóteles (filósofo griego 384-322 A.C) decía que la materia consistía en 4 elementos: agua, aire, fuego y tierra. Estas teorías duraron 2000 años hasta principios del siglo XVI. Demócrito (filósofo griego 460-360 A.C.) Lanzó una teoría atómica muy aproximada a las modernas concepciones de hoy. J.B. Helmont (Medico belga 1577-1661) Pionero de la nueva ciencia hidropónica, Estudió el origen de los elementos que constituían las plantas. Para ello tomó un pote de barro con 200 libras de tierra y en el sembró un árbol que pesaba 5 libras. Después de 5 años, el pote pesaba las mismas 200 libras menos 2 onzas, a pesar de que el pote fue regado solamente con agua lluvia o destilada. Helmont concluyó que todo el material había salido del agua.

Leonardo Da Vinci (Escultor Italiano 1452-1519) Realizó experimentos muy parecidos a los de Helmont. John Woodward (Profesor de medicina 1655-1728) Al estudiar la importancia de los minerales en la nutrición de las plantas y observar que estas crecían mejor en agua sucia que en agua destilada, concluyó que la planta crecía más o menos en proporción a aquellas sustancias.

Stephen Hales (Clerigo ingles 1677-1761) Realizó ensayos sobre la "savia "; midió la cantidad de agua absorbida y transpirada y relacionó estas cantidades con el agua de la raíz y de las hojas y calculó las velocidades relativas del movimiento del agua por unidad de superficie radicular y foliar. Hales creía en la teoría del "flogisto" según la cual todos os materiales combustibles estaban compuestos de flogisto, que era expulsado al quemarlos, quedando las cenizas o aire deflogisticado". Esta teoría no sobrevivió al siglo XVIII.

J. Priestley (1733-1804) Clarificó el proceso de a fotosíntesis al observar que las plantas verdes emitían una gas igual al que salía cuando se calentaba oxido de mercurio. Antoine L. Lavoisier (Químico francés 1743-1794) Sentó los fundamentos de la química moderna y la propinó el golpe de gracia a la teoría del "flogisto". Diseñó la nomenclatura química del los elementos. Sentó las bases que cimenta la Química, la Fisiología y la bioquímica moderna.

Jean Serebier (Clerigo científico Suizo 1742–1809) estableció el principio de esencialidad de ciertos elementos al cultivar plantas en soluciones de sales simples, minerales, orgánicas y observar que no odas las sustancias eran absorbidas en iguales proporciones. Carl. S. Sprengel y A.F. Wiegman (Investigadores alemanes 1787-1895 y 1771-1853) Obtuvieron la evidencia de los principios de De Saussure sobre la " ley del mínimo. Un suelo podía ser favorecido en todos los aspectos, pero sería improductivo si fallaba un solo elemento esencial para alimentar las plantas.

Hellriegel y Wilfarth 1896 Descubrieron el papel de las bacterias en los núcleos de las raíces de las leguminosas. Jean Baptiste Boussingault (Francés 1802 – 1887) Es reconocido como el fundador de la agricultura como ciencia. Investigó sobre nutrición vegetal y las interrelaciones suelo – planta, el balance entre los distintos elementos y las cantidades relativas de elementos extraídos del suelo y de los fertilizantes. Publicó numerosas tablas sobre la composición de las cosechas y calculó la cantidad de varios elementos removidos por hectáreas. Estudió el efecto de los fertilizantes y correctivos sobre el balance de los elementos entre el suelo y la cosecha. Merece el crédito de

haber obtenido la primera evidencia clara " sobre la fijación del nitrógeno por las leguminosas.

Justus Von Liebig (Alemania 1803 – 1873) Tuvo en la teoría mineral de los fertilizantes su principal contribución al considerar que el suelo aportaba solamente compuestos solubles e inorgánicos, acabando así con la teoría del humus que consideraba que la materia orgánica del suelo era sólo la fuente del carbón que absorbían las plantas.

W. Knop (Químico Alemania 1860) Desarrolló la técnica del cultivo en solución nutritiva, técnica favorita para la investigación en nutrición vegetal. Julius Von Sachs (Botánico Alemania 1860) Demostró que la fase sólida del suelo no era necesaria para la nutrición de las plantas. Preparó soluciones que contenían los elementos mayores que sin saberlo contenían los menores y cultivó en ellas plantas hasta la madurez.

Hoagland (1884-1949) Perfeccionó las fórmulas sobre la composición de la solución nutritiva. Handke, Stohman, Nobbe, Knob, Pfeffer, V.D. Crone y Hoagland (1900-1950) Se dedicaron durante la primera mitad del presente siglo a perfeccionar los desarrollos de los macros y micro elementos.

Meir Schwarz (Israelita 1945) Desarrolló técnicas para la fertilización sobre el sustrato, el riego automático y el abonado por capilaridad. D. Wm. F. Gericke (Profesor de fisiología vegetal 1938) Realizó el primer cultivo sin suelo en "grande ". Inventó la palabra hidroponía. Su sistema consistía en que la parte aérea de la planta reposa sobre una rejilla formada por tejidos de alambre que atraviesan las raíces y que se sumergen en recipientes de poca profundidad que contienen la solución nutritiva. Sus trabajos, que fueron publicados en 1940 en el libro THE COMPLETE GUIDE TO SOILS GARDENING encontraron gran interés en un círculo de investigadores dentro y fuera de América y sirvieron de camino a seguir en el posterior desarrollo de las técnicas de cultivos hidropónicos. Estación Experimental de New Jersey 1936 Se estudiaron los métodos de cultivo en arenas y en grava con sobre y subirrigación, las cuales rápidamente se expanden, dando por estos entonces muy buenos resultados.

Penningsfield y Steiner (Alemania – Holandés 1945) Desarrollaron la técnica de los cultivos en turba y la técnica de la solución nutritiva universal. Robert Withrow (Universidad de Purdue 1935) Ideó un sistema que consiste en lo fundamental en bancadas, la solución es elevada por medio de una bomba hacia las bancadas y estas se vacían por gravedad, volviendo la solución al depósito.

Allen Cooper (Inglés 1960) Desarrolló la técnica del cultivo NFT, la cual consiste en cultivar plantas con raíces inmersas en sólo una lámina superficial de solución nutritiva. Fuerzas Aliadas (Década de 1940) Realizaron una primera instalación importante en la isla Ascensión, destinando varias hectáreas para construir tanques de cemento que rellenaron con piedras volcánicas y soluciones nutritivas, según las fórmulas del profesor Gericke. En tres meses se obtuvo la primera gran cosecha.

Shigeo Nosawa (Profesor Japonés 1970) Introdujo una nueva modalidad de cultivo hidropónico consistente en proveer a la planta de una bandeja gigante, la cual permite un desarrollo radicular muy grande. A esta técnica le da el nombre de Imponía. Investigadores Daneses 1970 Desarrollaron la técnica del Rockwool (lana de roca). En Inglaterra y Francia se iniciaron los primeros cultivos en este sustrato. En los años de 1980-1990 se impone el desarrollo del rockwool (lana de roca), en Holanda, Inglaterra, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, Australia y es técnica obligada en los centros de horticultura experimentales. En la actualidad las técnicas más difundidas son el N.F.T. y el cultivo de lana de roca (rockwool) en países como

Holanda, Alemania, Inglaterra, Canadá, USA. y el cultivo en cascarilla de arroz en los países subdesarrollados.

2. Que es la solución Nutritiva:

En los cultivos Hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores. La proporción relativa de iones que debemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente; por ejemplo, una molécula de nitrato potásico KNO_3 proporcionará un ión de potasio K^+ y otro ión de nitrato NO_3^- , así como una molécula de nitrato calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nos dará un ión cálcico Ca^{++} y dos iones de nitrato. Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando la disolvemos en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de esta se disolverá en el agua. En los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas. Por ejemplo el Calcio puede ser suministrado por el nitrato cálcico o por el sulfato cálcico; este último es más barato, pero su solubilidad es muy baja; por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que usemos para suministrar la totalidad de las necesidades de Calcio. El costo de un fertilizante en particular deberá considerarse según como vaya a utilizarse; en general., deberá usarse lo que normalmente se denomina como grado técnico, donde el costo es más alto que una cantidad agrícola, pero la solubilidad es mucho mayor.

3. El inicio de las soluciones nutritivas:

Mucho tiempo y esfuerzo ha sido empleado en la formulación de soluciones nutritivas. Muchas soluciones composiciones han sido exitosamente estudiadas pero algunas pueden diferir de otras en la relación de su concentración y combinación de sales, aunque la búsqueda de tal "mejor" o "balanceado" elixir de la vida de las plantas es temario de dedicación y tiempo (Homes, 1961, 1963 Shive 1915; Shive y Martin, 1918).

Debe haber por lo menos tres elementos macro nutrientes presentes en el medio nutritivo en forma de cationes, ellos son; Potasio, Calcio y Magnesio. Los tres aniones macro nutrientes son Nitratos, Fosfatos y Sulfatos. Todos los elementos macro nutrientes deben por lo tanto ser suministrados por tres sales, por ejemplo; Nitrato de potasio, Fosfato de calcio y Sulfato de magnesio. En adición a los elementos mayores o macro nutrientes, una concentración apropiada de elementos menores debe ser suministrada a la solución a bajos pero adecuados niveles, y el pH debe ser mantenido en unos rangos deseables.

Hoagland y Arnon (1950) formularon dos soluciones nutritivas las cuales han sido ampliamente utilizadas y el termino "Solución de Hoagland" proviene de los laboratorios caseros del mundo, dedicados a la nutrición de las plantas a nivel mundial. La solución 2 de Hoagland contiene iones amonio como también de nitrato dando como resultado una mejor solución buffer que la 1. La segunda solución fue modificada por Jhonson *et al* (1957). La composición de la solución nutritiva, con unos nuevos y pequeños cambios, en la composición de los micros nutrientes, está en la tabla número 1. Plantas de muchas especies han sido exitosamente desarrolladas en esta solución de Hoagland modificada.

Tabla No 1 Soluciones modificadas de Hoagland

Macro nutrientes					
Compuesto	Peso molecular gr. / litro		Vol en cm3/litro	Elemento	Conc final en ppm
KNO3	101.1	101.1	6	N	224
Ca(NO3)2.4H2O	236.16	236.16	4	K	235
NH4H2PO4	115.08	115.08	2	Ca	160
Mgso4.7H2O	246.49	246.49	1	P	62
				S	32
				Mg	24
Micro nutrientes					
Compuesto	Peso molecular gr./litro		Vol en cm3/litro	Elemento	Conc final en ppm
KCl	74.55	3.728		Cl	1.77
H3BO3	61.84	1.546		B	0.27
Mnso4.H2O	169.01	0.338	1	Mn	0.11
Znso4.7H2O	287.55	0.575		Zn	0.131
Cuso4.5H2O	249.71	0.125		Cu	0.032
H2MOO4 (85% Moo3)	161.97	0.081		Mo	0.05
Fe-Quelato	346.08	6.922	1	Fe	1.12

En Colombia se da inicio a los cultivos Hidropónico a partir de los años 70 y 80 con soluciones nutritivas de varias fuentes a saber:

- Nutrientes líquidos
- Nutrientes sólidos
- A partir de sales simples
- A partir de abonos corrientes

Nutrientes líquidos:

Como una contribución al desarrollo de nuevas técnicas de producción agrícola, la industria privada, ofrece por primera vez las soluciones concentradas de nutrientes mayores de grado 4-2-5-5 (N,P,K,Ca) y nutrientes menores, con elementos menores y secundarios, en forma líquida y de fácil manejo para la preparación de las soluciones. El nutriente mayor contiene los elementos mayores Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio, en tanto que el nutriente menor, aporta el Magnesio, Azufre, Hierro y todos los elementos menores necesarios para el buen desarrollo del cultivo. Ver tabla No 2

Tabla No 2 Nutrientes líquidos

Rangos de concentración para preparar la solución nutritiva			
Rango de concentración	Nutriente mayor	Nutriente menor	Conductividad eléctrica
1 FULL	5 cc/lt	2 cc/lt	2.0 MMHOS/cm
1/2 FULL	2.5 cc/lt	1 cc/lt	1.0 MMHOS/cm
1/4 FULL	1.25 cc/lt	0.5 cc/lt	0.5 MMHOS/cm

Nutrientes sólidos:

También se han desarrollado nutrientes sólidos, los cuales son más fáciles y económicos de transportar a grandes distancias, a la vez que ocupan menos espacios en su almacenamiento. Para conveniencia en su manipuleo, los nutrientes sólidos vienen empacados en cantidades prepesadas adecuadas para la preparación de 200 litros de solución nutritiva o también se puede adquirir actualmente en presentaciones más grandes. Ver tabla No 3

Tabla No 3 *Nutrientes sólidos*

Doificación de los Nutrientes sólidos			
Rango de concentración	Nutriente mayor Intermedio Menor sólido		
1 FULL	1.70 gr./l	0.56 cc/lt	0.25 gr./lt
1/2 FULL	0.85 gr./l	0.27 cc/lt	0.12 gr./lt
1/4 FULL	0.42 gr./l	0.13 cc/lt	0.06 gr./lt

A partir de sales simples:

A medida que se avanza en la Hidroponía, se puede preparar la solución nutritiva a partir de sales simples, que es la forma más económica para los cultivos a gran escala. Ver tabla No 4

Tabla No 4 *Sales simples*

Tabla de equivalencia de una solución nutritiva hecha con base en sales simples						
Sal simple	Estado	Elemento principal	Elemento acompañante	Dosis/m3	Aporte principal	Aporte acomp
Ca(NO ₃) ₂	l/s	Ca	N	1040	185	130
NH ₄ H ₂ PO ₄	s	P	N	170	44	20
KNO ₃	s	K	N	550	208	70
Mg(NO ₃) ₂	l	Mg	N	460	24	28
FeCit	l/s	Fe		100	5.6	
MgSO ₄	s	S	Mg	246	32	24
MnSO ₄	s	Mn	S	1	0.26	
CuSO ₄	s	Cu	S	0.24	0.06	
ZnSO ₄	s	Zn	S	0.6	0.13	
H ₃ BO ₄	s	B		3.1	0.52	
Mo-A	s	Mo	N	0.01	0.006	
CoSO ₄	s	Co	S	0.01	0.002	
KCl	s	Cl	K	1.87	0.9	

A partir de abonos corrientes:

Para los cultivos semi hidropónicos pequeños que se riegan con regadera, la solución nutritiva también puede ser preparada con base en fertilizantes comerciales tales como el triple 15 y el 17-6-18-2. Esta fórmula podrá ser usada únicamente cuando el

cultivo se realiza en sustratos mezclados que contienen suelo. En esta fórmula la relación de Nitrógeno Nítrico a Amoniacal no cumple con los requisitos exigidos por las plantas. Sin embargo, como en el sustrato hay suelo, la microflora de este se encargará de

Transformar el Nitrógeno en la forma útil a la planta. Ver tabla No 5

Tabla No 5 *Abonos corrientes*

Fórmula para preparar la solución nutritiva a partir de abonos corrientes	
Triple 15	2 Kg /M3
Nitrato de Calcio	500 gr/M3
Menores sólidos	250 gr/M3

4. El concepto del FULL fisiológico

Las plantas tienen la capacidad de concentrar los elementos que absorben por la raíz entre 150 y 400 veces en el tejido seco, dependiendo de la tasa de transpiración. Por lo tanto las concentraciones de elementos que se exponen en la Tabla No 6, son aptas en la mayoría de los casos para suplir la totalidad de las necesidades nutricionales de las plantas.

Para condiciones de Cultivo de Clavel bajo invernadero en la sabana de Bogotá, se ha determinado que la relación de materia seca a agua consumida es de 1:200.

Si revisamos la composición mineral y los niveles críticos para el cultivo del Clavel, observaremos los siguientes valores en base seca para tejido analizado así: (Ver Tabla No 7): Nitrógeno 4% , Fósforo 0.5%, Potasio 3.5 %, Calcio 2%, entonces podemos calcular la composición que se produciría en la planta si fertilizamos con una solución 1 Full asumiendo un consumo de agua de 200 lts por cada kilogramo de materia seca formada. Para calcular la concentración de Nitrógeno total en la planta a partir del Nitrógeno en la solución que es de 220 ppm multiplicamos por 200 y dividimos por 10000 que es el factor para convertir de partes por millón a porcentaje; el resultado sería:

$220 \times 200 = 44000$ y dividido por 10000 es igual a 4.4% que es la concentración requerida por el cultivo en su biomasa. En el fósforo la acumulación es de aproximadamente 100 veces dando como resultado que $44.5 \text{ ppm} \times 100 = 4450$ y dividido por 10000 darán una concentración foliar del 0.445% en el tejido seco.

Para el Potasio será de 175 ppm la cual dará una concentración foliar de 3.5 % y para el Calcio de 100 ppm aprox. dará una concentración foliar aprox. del 2 % en base seca. Esta es una fórmula ideal para el manejo del clavel, la cual permite calcular la nutrición requerida según la composición mineral en base seca de su biomasa en un momento dado de su estado fenológico o de desarrollo.

Tabla No 6 *Solución 1 FULL fisiológico*

Solución nutritiva 1 FULL fisiológico	
Elemento	Concentración en ppm

Nitrógeno Nítrico	200
Nitrógeno Amoniacal	20
Fósforo	0.5
Potasio	175
Calcio	100
Magnesio	57
Azufre	32
Hierro	5.6
Manganeso (Mn)	0.564
Cobre (Cu)	0.06
Zinc (Zn)	0.132
Boro (B)	0.53
Molibdeno (Mo)	0.006
Cobalto (Co)	0.0018

Tabla No 7 Niveles críticos foliares en Clavel (Base seca)

Clavel				
Tabla de niveles críticos foliares				
	Deficiente	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno %	2	3	4	4.5
Fósforo %	0.1	0.3	0.5	0.7
Potasio %	0.7	2	3.5	4.5
Azufre %	0.12	0.2	0.6	0.8
Calcio %	0.6	1	2	2.5
Magnesio %	0.2	0.3	0.6	1.2
Hierro ppm	40	50	200	400
Manganeso ppm	40	50	200	400
Cobre ppm	2	5	20	40
Boro ppm	16	25	75	100
Zinc ppm	10	20	100	200
Sodio ppm	100	400	2000	4000
<i>Léase menor que...</i>				

5. El manejo de las compatibilidades y el uso del agua:

Es muy frecuente el uso de sales simples en sistemas de riego aplicados a cultivos hidropónicos, pero como de todos es sabido pueden presentarse algunos problemas debido a factores como el de la presencia en las aguas de Carbonatos y/o Bicarbonatos especialmente de Calcio que confieren al agua una dureza que puede llegar a reaccionar con algunos elementos especialmente aquellos formulados a base de sulfatos. Hay productos alternantes para evitar este problema (elementos quelatados o en forma de sales de Nitratos) en las formulaciones, pero también existen métodos que pueden contribuir a corregir este problema. Cuando el agua viene con bicarbonatos estos suelen producir desordenes en la nutrición de los

cultivos, entre los cuales, la clorosis ferrica y la deficiencia de Nitrógeno son los más importantes. El anión Bicarbonato presente en tales aguas engaña el mecanismo de asimilación de los nitratos, siendo asimilado como anión HCO_3^- , el cual en el interior de la planta se desdobra en CO_2 y OH^- . Este último produce alcalinidad fisiológica, causando clorosis en las plantas. A parte de los problemas fisiológicos ocasionados al cultivo también existen problemas químicos de compatibilidad como lo referenciábamos anteriormente. Al adicionar al agua de riego un ácido como el Sulfúrico o Nítrico, podemos reducir drásticamente el pH del medio, a medida que se agota el contenido de Bicarbonatos en el agua de riego. (Ver tabla No 8)

Tabla No 8 *Tratamiento con Ácido Sulfúrico a aguas duras*

Cantidad de Acido Sulfúrico a aplicar por 1 Mt3 de agua		
Bicarbonato presente ppm	Bicarbonato a ser removido	cc de Ácido Sulfúrico
50	0	0
75	25	20
100	50	40
125	75	60
150	100	80
175	125	100
200	150	120
225	175	140
250	200	160
275	225	180
300	250	200

Al emplear sales simples para la preparación de una fórmula hidropónica es importante tener en cuenta las incompatibilidades químicas que se puedan presentar entre estos por ello es imperativo el preparar las sales que sean compatibles en tanques separados de las que no lo sean (Ver Tabla No 9).

Tabla No 9 *Compatibilidades*

Compatibilidades	
Tanque A	Tanque B
Nitrato de potasio	Sulfato de Magnesio
Nitrato de Amonio	Sulfato de potasio
Nitrato de Calcio	Sulfato de Amonio
Nitrato de Magnesio	Urea
Fosfato Monoamónico	Acidor
Fosfato Monopotásico	
60% del Acido Fosfórico	Elementos menores

	Sulfatos, boratos,
No usar	Molibdatos, E Menores
Fosfato Diamónico	Quelutados (Fe,Mn, Cu)
Fosfato Dipotásico	40% del Ácido Fosfórico

Compatibilidad de las soluciones de Ácido Fosfórico y de los Fosfatos-Mo_o, Fosfatos-Di y Fosfatos-Tri en función del pH					
Antagonismo del P-Ca-Mg					
pHs	0	2	5.4	8.2	10
Forma	H3PO4	H2PO4-	H2PO4-	HPO4-2	PO4-3
Compatibilidad	Total con Ca++ y Mg++			Compatibilidad restringida	No Hay compatibilidad
				para filtro de arena	
				filtro de disco	

Solubilidad del Yeso en gr. de sustancia anhidra/100 gr. de agua a diversas temperaturas									
Temperatura	8°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	100°C
Solubilidad	0.1759	0.1928		0.209	0.2097		0.2047	0.1966	0.1619

6.0 El pH y la Conductividad eléctrica:

El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5 y 7. El pH se puede medir utilizando los reactivos indicadores azul de Bromotimol y Ácido Alizarín sulfónico. Para medir el pH se procede así: Se toman dos muestras de la solución de dos centímetros cúbicos cada una, en dos tubos de ensayo. Se le agrega una gota de cada reactivo a cada tubo y se agita. Los colores resultantes se comparan con la carta de colores, determinando así el pH. Si es necesario, se corrige utilizando soluciones acidificantes o alcalinizantes (Ver tabla No 10).

La importancia del pH en las soluciones nutritivas tiene una doble función. La primera es que el pH influencia el equilibrio de oxido-reducción y la solubilidad de ciertos compuestos y las formas iónicas de ciertos elementos. En una solución aireada con un pH de 8, el hierro ferrico, Fe^{3+} , se precipita como un Hidroxido ferrico $Fe(OH)_3$ extremadamente insoluble con el resultado de que el hierro puede no estar disponible para la absorción por parte de las plantas. El estado de oxidación y la solubilidad de otros metales pesados en forma iónica son también muy influenciados por el pH (Hodgson, 1963 Ponnaperuma, 1955). Para los aniones, la forma ionizada del Fosfato es función del pH. A pH 4, el Fosfato se encuentra predominantemente como $H_2PO_4^-$, pero a pH 9 solamente el 1.5 % del Fosfato se encuentra en forma de HPO_4^{2-} (Larsen, 1967) . Ni el comportamiento fisiológico o químico de estas especies iónicas es idéntico. El segundo aspecto del pH sobre el medio nutritivo tiene que ver con el efecto de los iones Hidrógeno e Hidroxilo sobre las raíces de las plantas especialmente sobre

el ión transportador de las membranas de las células corticales de las raíces en lo que hace referencia sobre la fisiología de los procesos de la absorción activa del ión.

Tabla No 10. *Dosificación de soluciones acidificantes y alcalinizante en gotas por litro*

Tasa de dosificación para acidificante y alcalinizante Hidropónico				
		Alcalinizante		Acidificante
	C.E.	0-3	1.5-3	0-1.5
pH.				
4		3*		
4.6		2		
5.2		1		
5.8		0	0	0
6.4			2	1
7			4	2
7.6			6	3
* 1 cc = 20 gotas				

En cuanto al manejo de la Conductividad eléctrica esta dependerá de la especie salina que tengamos disponible pero la Conductividad eléctrica puede ser calculada dependiendo de los aniones o cationes que tengamos disponibles en la solución de fertilización siendo más preciso calcularla a partir de los radicales aniónicos que se encuentren en la solución. Estos radicales son el Fosfato ($H_2PO_4^-$), los Sulfatos ($SO_4^{=}$), los Nitratos (NO_3^-) y los Bicarbonatos (HCO_3^-) especie no deseable en la solución de nutrientes. Para el cálculo de la Conductividad eléctrica es necesario realizar un análisis en donde se determine el número de mielequivalentes por 100 ml de cada anión, este número de mielequivalentes de cada especie aniónica se divide por 10, finalmente se suman y el resultado de la sumatoria es la Conductividad eléctrica.

La Conductividad eléctrica del FULL fisiológico dada en la Tabla No 6 responderá a 2.0 MMHOS / cm. aproximadamente (Ver Tabla No 11).

Tabla No 11 *Lecturas de Conductividad eléctrica*

Lecturas de Conductividad eléctrica vs. concentración de sales	
Rango de concentración	Conductividad eléctrica
1FULL	2.0 MMHOS/cm.
1/2 FULL	1.0 MMHOS/cm.
1/4 FULL	0.5 MMHOS/cm.

5. El manejo de los factores de conversión en los fertilizantes:

Para poder establecer la proporción de cada elemento en un fertilizante simple o compuesto, es necesario saber la nomenclatura estipulada por el Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A) y proceder a realizar los debidos cálculos de conversión que se dan en la siguiente tabla (Ver Tabla No 12):

Tabla No 12 Factores de conversión

Factores de conversión útiles para recomendar fertilizantes							
Elemento	x	Factor	Igual	Elemento	x	Factor	Igual
P ₂ O ₅	x	0.44	P	P	x	2.29	P ₂ O ₅
K ₂ O	x	0.83	K	K	x	1.2	K ₂ O
CaO	x	0.71	Ca	Ca	x	1.4	CaO
MgO	x	0.6	Mg	Mg	x	1.66	MgO
SO ₃	x	0.4	S	S	x	2.5	SO ₃
FeO	x	0.78	Fe	Fe	x	1.29	FeO
MnO	x	0.77	Mn	Mn	x	1.29	MnO
CuO	x	0.79	Cu	Cu	x	1.25	CuO
B ₂ O ₃	x	0.31	B	B	x	3.22	B ₂ O ₃
ZnO	x	0.79	Zn	Zn	x	1.25	ZnO

6. Las soluciones nutritivas:

En Colombia y en especial el sector floricultor se vienen empleando una serie de soluciones nutritivas que podrían clasificarse en varias especies a saber :

1. Las soluciones nutritivas a partir de sales simples
2. Las soluciones nutritivas a partir de líquidos concentrados
3. Las soluciones nutritivas a partir de abonos compuestos sólidos

7.1 Las soluciones nutritivas a partir de sales simples:

Este método de emplear las sales simples es tal vez el más en utilizado desde muchos años atrás pues permite que cada floricultor maneje según sus necesidades la fertilización que se elija, este método fue adquirido de la fertilización que convencionalmente se realizaba en el suelo con algunas modificaciones. Este tiene sus ventajas y también sus desventajas. Dentro de las ventajas tenemos las de poder cambiar la formulación en un momento deseado, la economía de sus ingredientes pero también tiene sus desventajas en cuanto a lo que se refiere al manipuleo de las sustancias químicas, el error que se pueda presentar en el momento de las pesadas etc. En las Tablas No 13, podemos observar la composición de una solución nutritiva a partir de sales simples y en la tabla No 14 encontraremos un ejemplo de solución nutritiva empleado en un cultivo de Clavel hidropónico.

Tabla No 13 Solución nutritiva calculada con base en sales simples

Tabla de equivalencia de una solución nutritiva con base en sales simples							
Sal simple	Estado	Gado	Elemento principal	Elemento acomp	Dosis/m ³	Principal ppn	Acompañante
Ca(NO ₃) ₂	l/s	19% Ca, 15,5 N-NO ₃	Ca	N	1040	185	130
NH ₄ H ₂ PO ₄	s	60% P ₂ O ₅ , 12% N-NH ₄	P	N	170	44	20
KNO ₃	s	46% K ₂ O,	K	N	550	208	70

		13% N-NO3					
Mg(NO3)2	l	53g/l Mg, 60 g/l N-NO3	Mg	N	460	24	28
Fe-Cit	l	20% Fe	Fe		100	5.6	
MgSO4	s	9.6% Mg, 12% S-SO4	S	Mg	246	32	24
CuSO4	s	25% Cu	Cu	S	0.24	0.06	
ZnSO4	s	22% Zn	Zn	S	0.6	0.13	
H3BO4	s	16.4% B	B		3.1	0.52	
Mo-A	s	60% Mo	Mo	N	0.01	0.006	
CoSO4	s	20% Co	Co	S	0.01	0.002	
KCl	s	60% K2O	Cl	K	1.87	0.9	

Tabla No 14 *Formulación nutritiva de un cultivo hidropónico de Clavel en la sabana de Bogotá.*

Formulación para cultivo hidropónico de Clavel			
Elemento	Nombre	ppm	Fuentes
N-Total	Nitrógeno Total	145	Nitratos, Nitrato de amonio
N-NO3	Nitrógeno Nítrico	125	Nitratos
N-NH4	Nitrógeno Amoniacal	20	Nitrato de amonio
P	Fósforo	40	Ácido fosfórico
K	Potasio	218	Nitrato de potasio, Sulfato de potasio
Ca	Calcio	90	Nitrato de calcio
Mg	Magnesio	17	Sulfato de magnesio
S	Azufre	64	Sulfato
Fe	Hierro	5	Quelato de hierro
Mn	Manganeso	0	No
Cu	Cobre	0.2	Quelato de cobre, Sulfato de cobre
Zn	Zinc	0.2	Quelato de zinc, Sulfato de zinc
B	Boro	1	Soubor
Mo	Molibdeno	0.05	Molibdato de amonio

2. Las soluciones nutritivas preparadas a partir de líquidos concentrados:

AGROFEED

En muchos cultivos hidropónicos de la sabana de Bogotá, podemos encontrar grandes recipientes de almacenamiento de líquidos concentrados, que contienen los elementos requeridos para la nutrición de un cultivo de Clavel en sustratos inertes. Una de las empresas dedicadas a el suministro de estos fertilizantes es HOLANDA-COLOMBIA con su producto AGROFEED estos productos son preparados a partir de sustancias químicas de alta solubilidad y de micro elementos quelatados. Como requisito importante para la formulación de los nutrientes es el de tener un conocimiento exacto de la composición fisicoquímica de las aguas que se van a emplear para el riego especialmente en lo que se refiere a la alcalinidad del agua expresada como Carbonato y/o Bicarbonato de Calcio y Magnesio, esta alcalinidad debe ser neutralizada mediante la adición de un remanente de acidez (1 m mol de alcalinidad =

1 m mol de acidez). Otro problema que suele presentarse es el de la compatibilidad del Calcio en presencia de Sulfatos en solución, este problema queda solucionado al aplicar en el momento de la inyección un AMORTIGUADOR a base de Nitrato de Calcio. Otra alternativa para resolver este problema y en especial cuando no existe más de un inyector en las líneas de riego es el de suministrar soluciones de AGROFEED más diluidas que permitan la compatibilidad del Calcio y los Sulfatos. Es por esto que el personal técnico de HOLANDA – COLOMBIA, recomienda la práctica de hacer un análisis previo del agua de riego para poder formular el AGROFEED requerido para el cultivo. En las tablas No 15 y 16 podemos apreciar ejemplos concretos de dos soluciones de AGROFEED en cultivos hidropónicos de Clavel.

Tabla No 15 *Formulación No 1 AGROFEED*

Fórmula No 1										
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	B	Mo
206	32	220	150	50	60	0.3	0.4	4.5	0.6	0.05

Composición garantizada AGROFEED gr/l		Composición Garantizada Amortiguador C gr/l	
N-TOTAL	25.25	N-TOTAL	125
N-NH4	3.43	N-NH4	0
N-NO3	21.82	N-NO3	125
P	8	P	0
K	55	K	0
Ca	0	Ca	250
Mg	12.5	Mg	0
S	15	S	0
Zn	0.075	Zn	0
Cu	0.1	Cu	0
Fe	1.125	Fe	0
B	0.15	B	0
Mo	0.012	Mo	0

Dosis: AGROFEED 4 l/m³ Amortiguador C 0.83 l/m³

Tabla No 16 *Formulación No 2 AGROFEED*

Fórmula No. 2										
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	B	Mo
180	30	180	110	50	5	0.1	0.06	5	0.3	0.06

Composición garantizada AGROFEED gr/l	
N-TOTAL	54
N-NH4	0
N-NO3	54
P	9
K	54
Ca	33
Mg	15
S	1.5
Zn	0.03
Cu	0.018
Fe	1.5
B	0.09
Mo	0.018

Dosis: AGROFEED 3.3 l/m³

NUTRIPONIC

Se trata de una solución completa a base de elementos mayores y menores, empleada en cultivos hidropónicos y en fertirrigación. Sus fuentes a base de sales minerales de Nitratos y elementos menores quelatados la hace idónea para riego de plantas de producción de esquejes (plantas madres) y en bancos de enraizamiento al igual que plantas de producción. La formulación de *NUTRIPONIC* está diseñada para suplir los elementos a la concentración ISOTONICA evitando el riesgo de acumulaciones peligrosas de los mismos a la vez que suple todos los elementos esenciales. El *NUTRIPONIC* se aplica en sustratos altamente permeables y de baja capacidad de fijación de elementos como escoria de carbón, cascarilla de arroz, cenizas de cascarilla de arroz, arenas, gravillas, arcillas expandidas, aserrín, vermiculita, icopor, espumas sintéticas, suelos arenosos. Las dosis recomendada es de 5 l/m³ (Un Full Fisiológico 1F), pudiéndose hacer la aplicación a través de inyectores de riego a una tasa de 1 en 200. Ver composición garantizada y concentración de elementos en la Tabla Nos 17 y 18.

Tabla No 17 *Nutriponic*, composición garantizada

Nutriponic	
Composición garantizada	
Nitrógeno Nitrico (N-NO3)	40.3 gr/l
Nitrógeno Amoniacal (N-NH4)	4.0 gr/l
Fósforo (P2O5)	20.4 gr/l
Potasio (K2O)	50.6 gr/l

Calcio (Ca)	28.8 gr/l
Magnesio (Mg)	11.4 gr/l
Azufre (S)	1.0 gr/l
Hierro (Fe)	1120 mg/l
Manganeso (Mn)	112 mg/l
Cobre (Cu)	12.0 mg/l
Zinc (Zn)	26.4 mg/l
Boro (B)	106 mg/l
Molibdeno (Mo)	1.2 mg/l
Cobalto (Co)	0.36 mg/l

Tabla No 18 *Nutriponic*, composición en solución 1 en 200

Nutriponic	
Composición en solución ppm	
Nitrógeno Nitrico (N-NO3)	200
Nitrogeno Amoniacal (N-NH4)	20
Fósforo (P)	44.5
Potasio (K)	210
Calcio (Ca)	144
Magnesio (Mg)	57
Azufre (S)	5
Hierro (Fe)	5.6
Manganeso (Mn)	0.564
Cobre (Cu)	0.06
Zinc (Zn)	0.132
Boro (B)	0.53
Molibdeno (Mo)	0.006
Cobalto (Co)	0.0018

$pH (1:200) = 5.8$ $CE = 2.0$ mmhos/cm

FERTILISA

3. Las soluciones nutritivas a partir de abonos compuestos sólidos:

Estas presentaciones de abonos compuestos y enriquecidos con elementos intermedios y menores contienen los nutrientes necesarios en forma equilibrada, altamente solubles para sean aprovechables en la zona radicular y así obtener una alta eficacia de la fertilización en cada una de las etapas de desarrollo: plántula, crecimiento vegetativo, producción de flores y frutos y hasta el llenado de los mismos.

También estas fórmulas permiten mezclas entre ellas para balancear las fertilizaciones dependiendo de los requerimientos en un momento dado del desarrollo de la planta.

Hakaphos

Las formulaciones de Hakaphos se encuentran diseñadas para ser aplicadas en cada estado de desarrollo fenológico del cultivo, se encuentran todos los nutrientes necesarios en proporciones equilibradas y se eliminan las mezclas en el campo. También confiere un elevado poder acidificante evitando las obstrucciones en los emisores de riego y mejorando la absorción de los micros elementos. Hakaphos se maneja según la conductividad eléctrica deseada ajustándose a la conductividad eléctrica del agua de riego con la finalidad de evitar daños al cultivo. Ver formulaciones de Hakaphos en la Tabla No 19

Tabla No 19 *Formulaciones de Hakaphos*

FORMULA ESTANDAR DE HAKAPHOS SEGÚN ESTADO VEGETATIVO DEL CULTIVO						
Formula	Equilibrio Nutritivo	Época de Aplicación	Característica de la relación nutritiva	PH (1gr/l)	C.E. (1gr/)	Tipo de Nitrógeno
<i>Hakaphos inicial</i>						
15-30-15+1MgO+1S	1:2:1	Fórmula de enraizamiento	Rico en Fósforo para necesidades iniciales de inducción de raíces y brotación de ápices	5.3	1.06	50% NO ₃ , 50% NH ₄
<i>Hakaphos Desarrollo</i>						
18-6-18+2MgO+8S	1:0.33:1	Fórmula de crecimiento e inicio de fructificación	Diseñado para la etapa de diferenciación celular, donde comienza la especialización de cada órgano de la planta	5.4	1.34	50% NO ₃ , 50% NH ₄
<i>Hakaphos crecimiento</i>						
25-10-10+1MgO+1S	1:0.4:0.4	Fórmula para estimulación del crecimiento	Alto contenido de Nitrógeno para estimular el desarrollo vegetativo	5.4	1.33	50% NO ₃ , 50% NH ₄
<i>Hakaphos producción</i>						
13-6-40+0	1:0.46:3	Fórmula de llenado y maduración	Indispensable en la etapa de acumulación de nutrientes en la flor o el fruto. Mejora el calibre, color, resistencia y sabor de los frutos.	5.6	1.25	90% NO ₃ , 10% NH ₄
<i>Hakaphos multi propósito</i>						
18-18-18+1MgO+1S	1:1:1	Fórmula de floración y crecimiento equilibrado	Diseñado como fórmula auxiliar, para ser utilizado en cualquier etapa fenológica del cultivo, en las cuales se desea equilibrar alguna deficiencia	5.2	1.18	50% NO ₃ , 50% NH ₄

Nota: Los productos *Hakaphos Desarrollo*, *Hakaphos crecimiento*, *Hakaphos producción* y *Hakaphos multipropósito* tienen en su composición química los siguientes

elementos menores: 0.01% B, 0.01% Mo, 0.01% Cu, 0.02% Mn, 0.02% Zn, 0.04% Fe. Para el plan de fertilización según el grado elegido y la concentración de los elementos en la solución nutritiva se eligen las concentraciones de nitrógeno de 150 ppm y 200 ppm que por producto nos darán las siguientes concentraciones así: Ver tabla No 20

Tabla No 20 *Composición mineral en solución de las diferentes formulaciones de Hakaphos*

Composición mineral en solución nutritiva															
Fórmula	Relación de inyección	Dosis gr./l	ppm de Nitrógeno	ppm N-NO3	ppm N-NH4	ppm P	ppm K	ppm Mg	ppm S	ppm Fe	ppm Mn	ppm Cu	ppm Zn	ppm B	ppm Mo
Hakaphos inicial															
15-30-15+1MgO+1S	1:200	266.6	200	100	100	175	165	8	13						
Hakaphos Desarrollo															
18-6-18+2MgO+8S	1:200	222.2	200	100	100	30	165	13	88	0.44	0.22	0.11	0.22	0.11	0.11
Hakaphos Crecimiento															
25-10-10+1MgO+1S	1:200	160	200	100	100	35.2	66.4	4.8	8	0.32	0.16	0.08	0.16	0.08	0.08
Hakaphos Producción															
13-6-40	1:200	307.6	200	180	20	40	510	0	0	0.6	0.3	0.15	0.3	0.15	0.15
Hakaphos multipropósito															
18-18-18+1MgO+1S	1:200	222.2	200	100	100	88	166	6.66	11	0.44	0.22	0.11	0.22	0.11	0.11

Composición mineral en solución nutritiva HAKAPHOS PRODUCCION + NITRATO DE CALCIO																
Fórmula	Relación de inyección	Dosis gr./l	ppm de Nitrógeno	ppm N-NO3	ppm N-NH4	ppm P	ppm K	ppm Ca	ppm Mg	ppm S	ppm Fe	ppm Mn	ppm Cu	ppm Zn	ppm B	ppm Mo
Hakaphos Producción																
13-6-40	1:200	153.8	100	90	10	20	255		0	0	0.3	0.15	0.07	0.15	0.07	0.07
NITRATO DE CALCIO																
15-0-0-26,6CaO	1:200	105	78.75	78.75	0			99.75								
Totales			178.75	168.75	10	20	255	99.75			0.3	0.15	0.07	0.15	0.07	0.07

Nota: Se puede aportar el Magnesio (S) como Sulfato de Magnesio de Mg 9.6% y 12% de S

KRISTALON

Esta gama de productos *KRISTALON* está diseñada para satisfacer las necesidades de crecimiento de las plantas. Si el análisis de suelo y/o del agua indica un leve desequilibrio en nutrientes, las fórmulas *KRISTALON* pueden ser mezcladas en un tanque. La Conductividad Eléctrica de la mezcla se puede calcular mediante la suma de aportación de cada una de las fórmulas individualmente. En caso de baja presencia de Calcio, las fórmulas *KRISTALON* bajas en nitrógeno que pueden ser aplicadas con Nitrato de Calcio Superior soluble para fertirrigación, de *HYDRO* mediante dos tanques de alimentación. Para evitar deficiencias, todas las fórmulas contienen micros nutrientes. Para preparar las solución madre se pueden emplear de 10-20 kg de *KRISTALON* por cada 100 litros de agua (esto dependerá de la cantidad de Nitrógeno y la relación Nítrico-Amoniacal a manejarse (Ver formulación 1). La Conductividad eléctrica de la solución nutritiva puede ser medida fácilmente por los conductívimetros. La gama de las fórmulas *KRISTALON* ha sido adaptada para todas las condiciones de pH de suelos y sustratos. Pueden ser mezcladas con ácidos para reducir los niveles de bicarbonatos en el agua. Ver tabla No 21 de formulaciones de *KRISTALON*.

Formulación No 1

ppm de Elemento = (cantidad en gr. de Elemento en 1000 gr. de PC* x Dosis en gramos de PC)/ Factor de dilución

- PC = Producto comercial

Dosis en Kilogramos de PC = (ppm de Elemento x Factor de dilución)/ cantidad en gr. de Elemento en 1000 gr. de PC

Tabla No 21 *Formulaciones de KRISTALON*

Formulaciones KRISTALON									
NO3-N	NH4-N	KRISTALON	N	P2O5	K2O	MgO	S	C.E.	OBSERVACION
4.4	8.6	AMARILLO	13	40	13	0	0	1,0	Inicio de cultivo, estimulación de la raíz y comienzo de floración
6.8	13.2	ETIQUETA LILA	20	8	8	2	12	1,6	Inicio de cultivo, suelos con altos niveles de Calcio
11.9	7.1	ETIQUETA AZUL	19	6	20	3	3	1,4	Período vegetativo
11.3	3.7	ETIQUETA BLANCA	15	5	30	3	2	1,3	Período generativo, durante la floración y fructificación
9.8	8.2	ETIQUETA VERDE**	18	18	18	0	0	1,3	Objetivos generales
3	0	MARRON***	3	11	38	4	11	1,3	Fórmulas bajas en nitrógeno para combinar con <i>HYDRO</i> , Nitrato de Calcio
4.5	1.5	NARANJA***	6	12	36	3	8	1,3	*** contienen Fe-DTPA
10.1	1.9	ROJO	12	12	36	1	1	1,2	
7.9	12.1	AZUL CARIBE	20	5	10	2	10	1,5	Fórmulas altas en nitrógeno para ser usadas en plantas de vivero

Micro elementos %	B	Mo	Cu	Fe	Mn	Zn
	0.025	0.004	0.01	0.07	0.04	0.025

Una de las formulaciones interesantes para trabajar en cultivos Hidropónicos de Clavel puede ser la que brinda la alternativa del KRISTALON ROJO en combinación con el Nitrato de Calcio (N-NO₃ : 15% y Ca : 19%) conservando una relación de inyección de 1:200 y con una cantidad a aportar promedio de 100 ppm de Ca con una relación Nitrato Amoniacal de 90/10 aproximadamente y aplicando las ecuaciones de la formulación 1 tenemos: Ver Tabla No 22

Tabla No 22 *Composición mineral*

Composición mineral en solución nutritiva KRISTALON + NITRATO DE CALCIO																
Fórmula	Relación de inyección	Dosis gr./l	ppm de Nitrógeno	ppm N-NO ₃	ppm N-NH ₄	ppm P	ppm K	ppm Ca	Ppm Mg	ppm S	ppm Fe	ppm Mn	ppm Cu	ppm Zn	ppm B	ppm Mo
KRISTALON ROJO																
12-12-36+1MgO+1S	1:200	203	121.8	102.51	19.28	53.59	303		6.09	10.15	0.7	0.4	0.1	0.25	0.25	0.04
NITRATO DE CALCIO																
15-0-0-26,6CaO	1:200	105	78.75	78.75	0			99.75								
Totales			200.55	181.26	19.28	53.59	303	99.75	6.09	10.15	0.7	0.4	0.1	0.25	0.25	0.04

Con la finalidad de bajar el Potasio (K) a la mitad se puede sugerir la mitad de la dosis de **KRISTALON ROJO** + la mitad del NITRATO DE CALCIO complementando el faltante con YESO.

MASTER

A continuación se presenta la formulación nutritiva de VALAGRO con su producto **MASTER** cuya composición nutritiva de sus diferentes presentaciones las podemos observar en la Tabla No 23.

Tabla No 23 *Productos concentrados MASTER*

Composición mineral en concentrados MASTER													
Titulo	Nitrógeno												
	Total	Nitrato	Amoniacal	Ureico	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Fe
13-40-13	13	3.8	9.2	0	40	13	0	0.02	0.03	0.01	0.005	0.001	0.07

