

ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES VOLCANICOS POR LOS AÑOS DE UTILIZACION EN HIDROPONIA

Angel Luque Escalona
Gonzalo Pérez Melián

RESUMEN

En el presente trabajo estudiamos las principales propiedades físicas y químicas de los materiales volcánicos de las Islas Canarias, que se están utilizando en la actualidad como sustratos en hidroponía. Estudiamos seis materiales con diferentes años de antigüedad y encontramos que existe una disgregación de las partículas con el tiempo de uso. También estudiamos la actividad que pueden presentar éstos sustratos frente a la solución nutritiva respecto al potasio, fosfato, amonio, nitrato, sodio, calcio y magnesio. Damos en gráficas los resultados de éstos tratamientos.

INTRODUCCION

La introducción en las Islas Canarias de los cultivos hidropónicos ha sido necesaria debido a los tres factores limitantes de su agricultura: a) Escasez de agua, b) Topografía accidentada con erosión intensa del suelo de cultivo, c) Falta de mano de obra. Como sustrato de cultivo, para mantenimiento del desarrollo vegetal, se utilizan los materiales volcánicos granulados "picón" (lapilli) que, debido a la naturaleza volcánica de las Islas, constituyen un material abundante y de bajo coste.

Dentro de estos materiales volcánicos existen diferentes tipos según su color: Blanco (fonolítico), negro y rojo (basálticos). Los tres materiales ya han

sido estudiados como sustratos, Blesa y Luque. (1972). El blanco es un material similar a la piedra pómez pero con una estabilidad física menor y también con bastante actividad sobre la solución nutritiva. Los materiales negro y rojo son de composición química similar y la diferencia de color radica en el estado de oxidación del hierro estructural. Estos materiales presentan características parecidas a los estudiados por Favilly y Massantini (1969), Sachs (1969) y Zeid et als (1972).

En el presente trabajo hemos estudiado las propiedades fisicoquímicas y la alteración que se produce en la solución nutritiva al estar en contacto con estos materiales.

MATERIAL Y METODOS

Los materiales estudiados proceden de distintas explotaciones comerciales, con distintos años de utilización en hidroponía comparativamente con uno sin usar. Los materiales fueron los siguientes:

nº 1	6 años
nº 2	5 años
nº 3	4 años
nº 4	4 años
nº 5	1 año
nº 6	sin usar

Propiedades físicas: Se determinaron las siguientes. Densidad aparente, densidad real (método del picnómetro), capacidad hídrica máxima y capacidad de retención de agua (Blesa y Luque, 1972).

Propiedades físicas y fisico-químicas: pH (1:2.5 agua), conductividad (1:5 agua), cationes de cambio (AcNH_4 1N pH 7), fósforo asimilable (extracción con CO_3HNa a pH 8.5. Método Olsen).

Los tratamientos con soluciones nutritivas se llevaron a cabo en cubos provistos de un sistema de drenaje en su parte inferior que desemboca en una cubeta colectora de solución. Se introdujeron 2 l de substrato en cada cubo. Se hizo un primer tratamiento con agua destilada con objeto de lavar los restos de solución nutritiva que quedaran acumulados en las partículas de substrato. En éste lavado se midió diariamente la conductividad y se dió por terminado cuando llegó a valores constantes (aprox. siete días en todos los cubos). Se fijó la duración de los tratamientos con solución nutritiva en siete días. La solución utilizada fue similar a la solución "standard" de Steiner (1961), y contenía las siguientes sales:

Macronutrientes

$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	488.3 mg/l
$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$	1200.4 mg/l
KNO_3	384.2 mg/l
$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	251.0 mg/l
KPO_4H_2	517.1 mg/l

Micronutrientes

Fe	2.0 ppm
Mn	0.7 ppm
B	0.5 ppm
Mo	0.04 ppm
Cu	0.02 ppm

La presión osmótica de ésta solución es de 1 at. y el pH lo hicimos variar según los tratamientos (ver fig.8) La conductividad era de 2,400 micromhos cm. Esta solución es ligeramente más concentrada que la de Steiner y además contiene amonio y cantidades más elevadas de fosfatos.

Los tratamientos con solución fueron seis y se cambiaba la solución a los siete días. Los cubos permanecían inundados durante el día. Al final de cada tratamiento se analizaban todas las soluciones. En los tratamientos 4 y 5 se tomaron muestras a los 3 y 4 días respectivamente para observar el ritmo de alteración. Las cantidades de nutrientes contenidas en el agua de retención las consideramos iguales a las encontradas en la solución drenada. Durante toda la experiencia los cubos se mantuvieron tapados con plástico para evitar la evaporación.

Las determinaciones analíticas llevadas a cabo en cada tratamiento fueron las siguientes: NO_3^- , PO_4H_2^- , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , pH y conductividad. Las técnicas seguidas en estas determinaciones han sido las normales de nuestro laboratorio para soluciones nutritivas.

A partir del último tratamiento con soluciones nutritivas, comenzamos los lavados con agua destilada, cambiando el agua semanalmente considerandoles terminados cuando la conductividad llegó a valores inferiores a 70 micromhos/cm. Las determinaciones hechas en el agua de lavado fueron las mismas que las llevadas a cabo en las soluciones nutritivas.

Para la expresión de los resultados, partiendo de los datos analíticos, utilizamos la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_n \times Au \pm Ra - 1 \times Ar - Ra \times At}{P}$$

- C_n = Concentración del ión en la solución inicial (meq/l).
 Au = Cantidad de agua utilizada en el tratamiento (l).
 $Ra-1$ = Resultado del análisis en el tratamiento anterior (meq/l).
 Ar = Agua retenida por el sustrato.
 Ra = Resultado del análisis (meq/l).
 At = Agua total utilizada (l) = $Au \pm Au_r$.
 P = Peso de sustrato (kg).
 C = Cantidad total cedida o retenida por el sustrato (meq/kg) de sustrato.
 Cuando C es positivo indica retención.

Cuando C es cero no ha habido actividad.
 Cuando C es negativo indica cesión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades físicas:

La diferencia entre la porosidad teórica (dato obtenido por la relación entre las densidades aparente y real) y la capacidad hídrica máxima (CHM), está en que la 1ª mide volumen de poros, mientras que la 2ª mide cantidad de agua que inunda completamente el sustrato. Por lo tanto la diferencia entre las dos cantidades de poros que están cerrados al agua y al aire (porosidad oclusiva).

TABLA 1

Nº	Densidad aparente (g/ml)	Densidad real (g/ml)	Porosidad teórica (% Vol.)	C. H. M. (% Vol.)	Porosidad oclusiva (% Vol.)	Retenc. de agua (% Vol.)
1	0.909	2.97	69.4	65.4	4.0	18.0
2	0.799	2.91	72.6	67.4	5.2	20.9
3	0.884	3.00	70.5	60.8	9.7	16.6
4	0.886	2.94	69.4	61.4	8.5	17.5
5	0.768	2.90	73.5	63.8	9.7	19.6
6	0.764	2.88	73.5	60.2	13.3	18.9

Podemos observar en la tabla 1 como hay un aumento de la densidad aparente con los años de uso del material como sustrato. Este aumento va acompañado de una disminución de la porosidad teórica (% Vol), y de una disminución de la porosidad oclusiva. Esto nos indica que

con los años de uso el material se va desintegrando.

La retención de agua oscila entre valores de 16 al 20% en volumen lo que permite mantener el cultivo con uno o dos riegos diarios

2. Propiedades químicas:

T A B L A 2

Propiedades químicas y físico-químicas.

(Valores obtenidos antes de empezar los tratamientos).

Picón	Na	K	Ca	Mg	P	pH	Cond.
1 LT	0.54	0.31	2.51	0.79	12.79	7.77	43.5
1 LM	0.46	0.27	2.90	0.73	12.25	8.58	56
1 M	0.61	0.44	4.67	1.18	13.64	8.38	123.5
2 LT	0.29	0.22	2.96	0.38	12.44	8.10	36.8
2 LM	0.43	0.20	2.82	0.44	12.67	8.96	69.7
2 M	0.57	0.23	2.84	0.31	13.31	8.62	56.6
3 LT	0.69	0.73	5.33	1.64	15.45	7.91	123
3 LM	0.96	1.02	6.92	2.54	16.22	8.49	153
3 M	0.92	1.27	8.57	2.55	22.19	8.23	267
4 LT	0.28	0.25	2.24	0.36	14.62	8.02	71
4 LM	0.51	0.18	1.62	0.35	11.43	8.97	77
4 M	0.54	0.35	3.87	0.54	14.33	8.32	171
5 LT	0.25	0.12	2.10	0.34	12.47	7.31	71
5 LM	0.35	0.12	2.34	0.28	11.86	8.55	71
5 M	0.45	0.26	2.64	0.49	12.33	8.43	84
6 LT	0.16	0.06	1.18	0.00	9.37	7.69	19
6 LM	0.23	0.06	1.21	0.08	10.40	8.00	51
6 M	0.24	0.10	1.28	0.08	11.38	8.00	56

Cationes de cambio en meq./100 g.

Fósforo en ppm. Conductividad en micromhos.

LT = Lavado y tamizado. LM = Lavado y molido. M = Molido.

Podemos observar en la tabla 2 que los valores más bajos pertenecen a los materiales lavados y tamizados, lo que

nos indica que existen propiedades de intercambio en el interior de las partículas porosas, no obstante esta retención

no es intensa. Después de los tratamientos con soluciones nutritivas y posteriores

lavados, los valores de los cationes de cambio son menores (tabla 3) en lo que

T A B L A 3

Propiedades químicas y físico-químicas.

(Valores obtenidos al terminar los tratamientos).

Picón	Na	K	Ca	Mg	P	pH	Cond.
1 LTa	0.16	0.34	2.53	0.16	22.66	6.77	43
1 LMa	0.23	0.25	2.66	0.22	26.81	8.36	46
2 LTa	0.22	0.19	1.70	0.00	26.41	7.00	22
2 LMa	0.34	0.23	2.93	0.13	30.11	8.24	78
3 LTa	0.20	0.88	5.30	1.00	29.88	7.35	82
3 LMa	0.33	1.01	9.97	1.57	40.86	8.53	109
4 LTa	0.13	0.17	1.26	0.15	20.26	6.86	35
4 LMa	0.22	0.12	1.34	0.19	20.00	8.82	43
5 LTa	0.19	0.16	2.02	0.12	23.31	7.14	24
5 LMa	0.28	0.12	1.50	0.14	20.78	8.83	39
6 LTa	0.10	0.15	1.15	0.00	20.61	6.95	31
6 LMa	0.23	0.13	1.05	0.00	23.23	8.45	49

Cationes de cambio en meq./100 g. Fósforo en ppm.

Conductividad en micromhos.

LT = Lavado y tamizado.

LM = Lavado y molido.

respecta al sodio y al magnesio, e iguales en lo que respecta al calcio y al potasio. Los análisis correspondientes a la fracción molida (M) acusan la existencia de restos de solución nutritiva. Los valores de fósforo son más elevados después de los tratamientos, esto nos indica que una parte del fósforo retenido por los materiales queda contenido en forma asimilable para las plantas. Se observa en general una disminución de los valores de pH después de los tratamientos. Los valores de conductividad son muy bajos tanto antes como después de los tratamientos y lavados.

3. Tratamientos con soluciones nutritivas y lavados con agua destilada.

3.1. Actividad frente al potasio (fig. 1).

En el primer tratamiento de lavado se observa una cesión de éste ión en todos los materiales excepto en el material nº 6 (sin usar), lo que nos indica que éste potasio procede de los restos de solución nutritiva contenidos.

En todos los tratamientos con solución se observa una retención de potasio que tiene tendencia a disminuir. En el tratamiento 9 se observa una elevación de la retención.

Al comenzar los lavados con agua destilada (tratamientos 10, 11, ...) se observa que la cesión de potasio, intensa en los primeros lavados, va disminuyendo, hasta alcanzar valores muy bajos.

3.2.- Actividad frente al fosfato (fig. 2)

En el tratamiento 1 de lavado con agua destilada, la cesión de fosfatos es muy pequeña en todos los substratos y es nula en el material sin usar.

Los materiales nº 2, 3, 4, 5 y 6 presentan una retención de fosfatos que va siendo cada vez más pequeña, en los tratamientos con solución nutritiva. En el nº 3 ésta retención es muy intensa. El material nº 1 a partir del tratamiento 6 comienza a ceder fosfatos. Este material es el más antiguo y ha estado sometido a intensos tratamientos con ácido fosforico.

Puesto que en los lavados con agua destilada la cesión fué muy debil comparada con la retención, los análisis de P-asimilable nos indican que una parte

del fosfato retenido ha quedado debilmente fijado y en forma asimilable para las plantas.

3.3.- Actividad frente al amonio (fig. 3)

Todos los materiales presentan retención de amonio variando la intensidad de ésta según el tipo de substrato. En el primer tratamiento de lavado con agua destilada no hay cesión en ningún material. La retención empieza en el primer tratamiento con solución nutritiva y se mantiene en valores casi constantes en todos los demás tratamientos. Al comenzar los lavados con agua destilada, a partir del 2º (tratamiento 11) ya no aparece amonio en el líquido de drenaje. Una parte del amonio quedó retenido fuertemente, y hay otra porción que como veremos a continuación ha pasado a forma nítrica (NO_3).

3.4.- Actividad frente al nitrato (fig. 4)

En el primer tratamiento de lavado con agua destilada, las cantidades cedidas por los materiales son bastante elevadas, excepto en el nº 6 que es el substrato sin usar en hidroponía. Esto nos indica que éste nitrato procede de los restos de soluciones nutritivas anteriores. En el primer tratamiento con solución nutritiva (2), aparece una ligera retención y a partir de éste punto comienza la cesión con pequeñas inflexiones. Este nitrato creemos que proviene del amonio que fue retenido ya que los materiales que menor y mayor cesión presentan, el nº 6 y el nº 3 resp., son los que menor y mayor retención de amonio presentan.

Al comenzar los lavados con agua destilada hay una ligera retención, y a partir del tratamiento tercero (12) practicamente desaparece éste ión de las aguas de drenaje.

3.5.- Actividad frente al sodio (fig. 5)

La actividad de todos los materiales frente al sodio es similar y podemos decir que independientemente de la solución nutritiva. Existe una cesión que va siendo cada vez menor y en los tratamientos de lavado con agua destilada llega a ser casi nula.

3.6.- Actividad frente al calcio (fig.6)

En el primer tratamiento de lavado existe una cesión bastante intensa. Al comenzar los tratamientos con soluciones nutritivas, la actividad de unos materiales y otros es muy diferente. Los nº 1, 3 y 5 presentan retención de calcio, siendo muy intensa la del nº 3. El resto de los materiales presenta cesión en todos los tratamientos. Creemos que ésta retención de calcio puede estar relacionada con la retención de fosfatos. Al comenzar los lavados, la cesión se mantiene bastante uniforme, pero con ligera tendencia a disminuir.

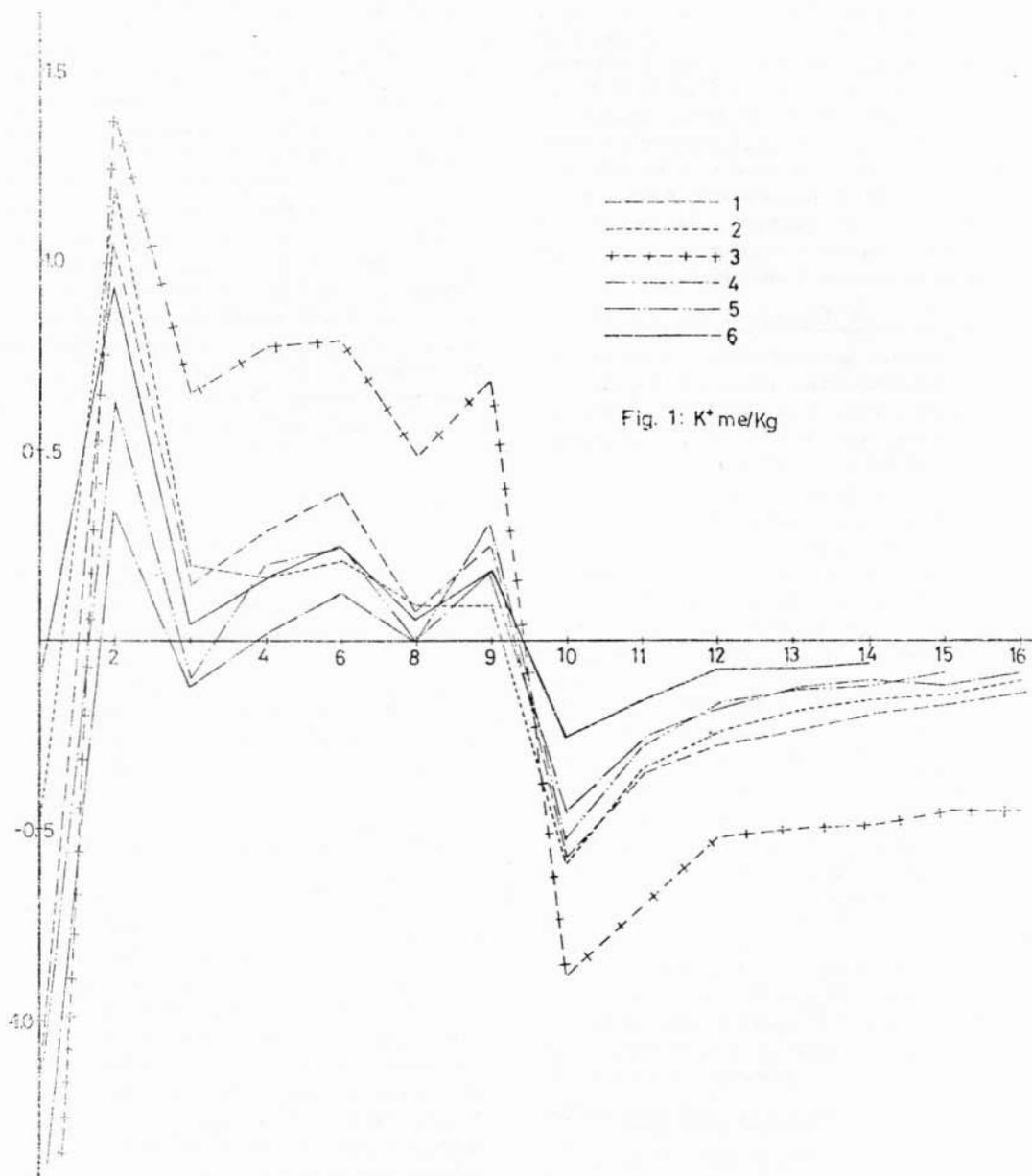
3.7.- Actividad frente al magnesio (fig.7)

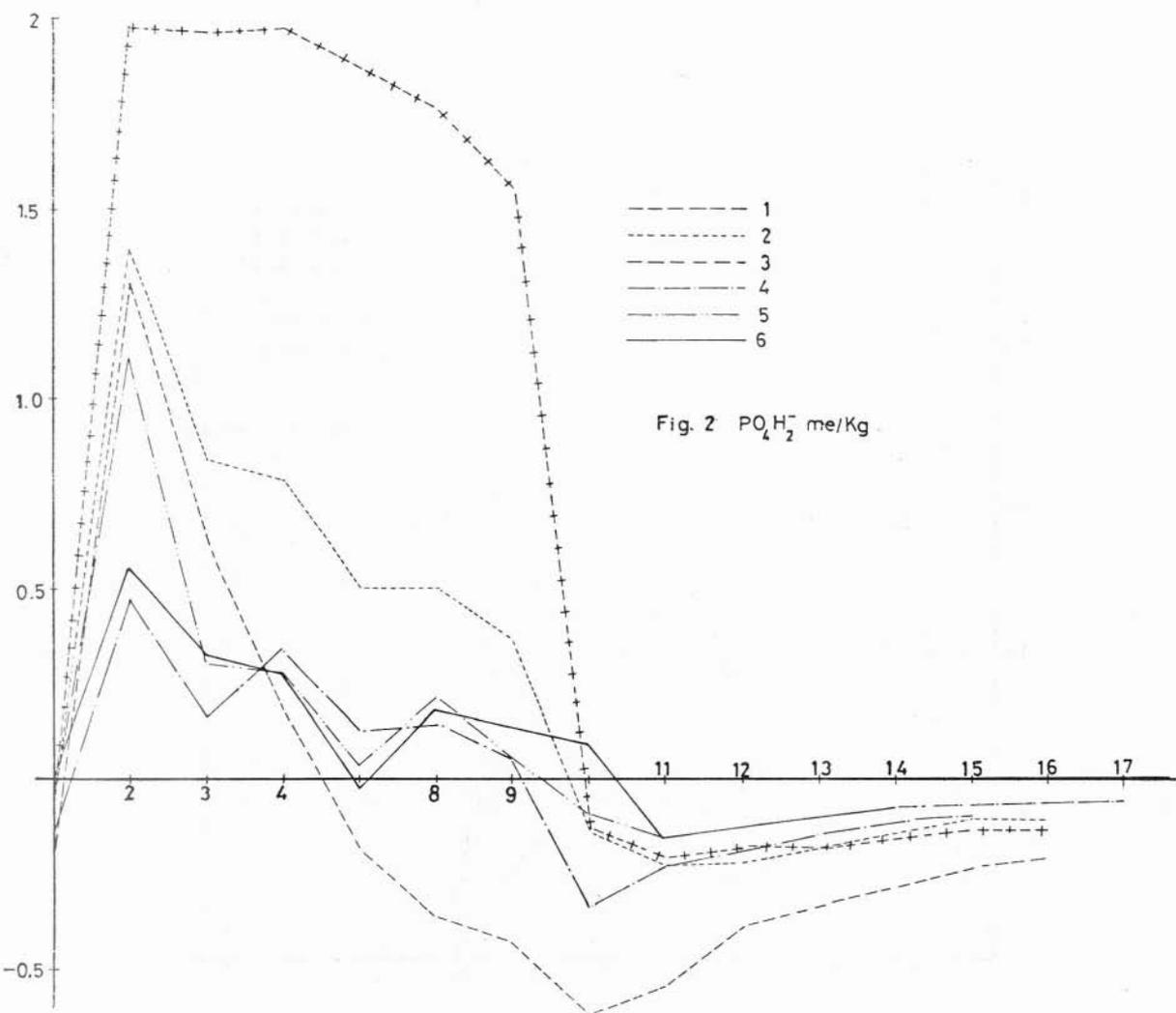
En todos los materiales la cesión de magnesio va disminuyendo a medida que avanzan los tratamientos. Únicamente se mantienen sus valores altos en los ma-

teriales nº 1 y 3. Al comenzar los tratamientos de lavado con agua destilada la cesión va disminuyendo pero muy lentamente.

3.8.- Valores de pH (fig. 8)

El valor del pH de la solución nutritiva inicial se fijó en 4.0. Fue aumentando en 0.5 unidades en cada tratamiento hasta pH=6.0, con objeto de poder encontrar alguna relación entre la actividad de los materiales y los valores de pH. No observamos nada de esto. Podemos ver en los tratamientos una alcalinización de la solución nutritiva, hasta que al llegar al tratamiento 8 se produce ya una acidificación de la solución. Al comenzar los lavados con agua destilada podemos observar como el pH se estabilizaba en valores próximos a los medidos para el agua (pH=6.5).





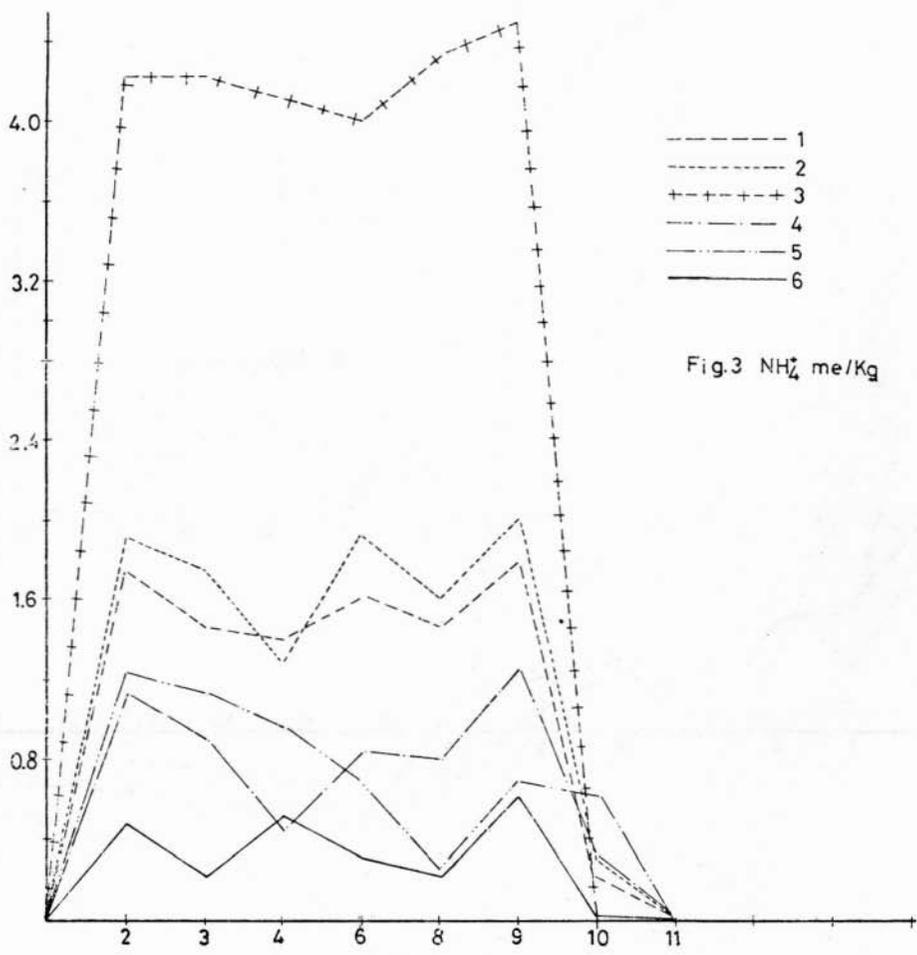
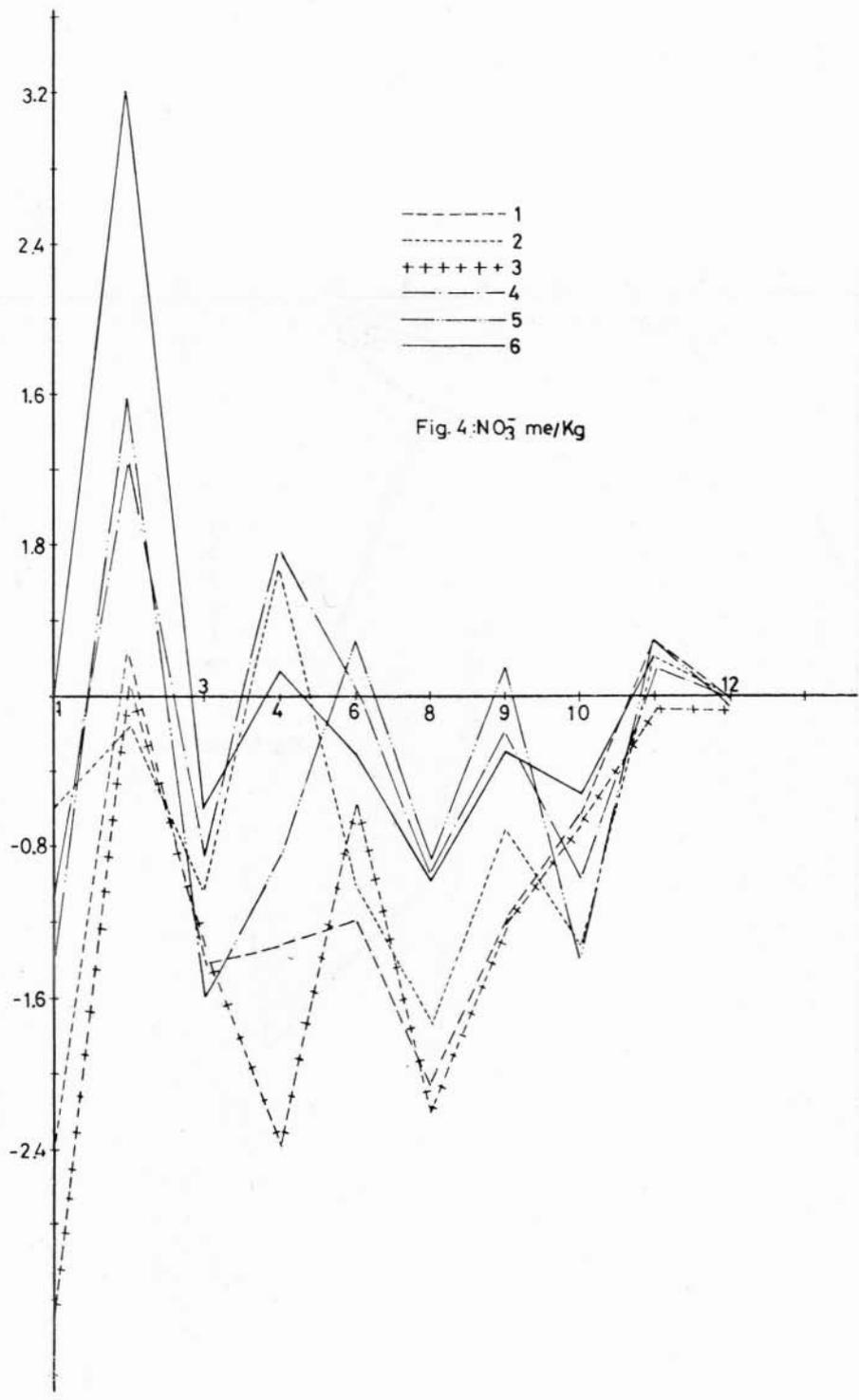


Fig.3 NH_4 me/Kg



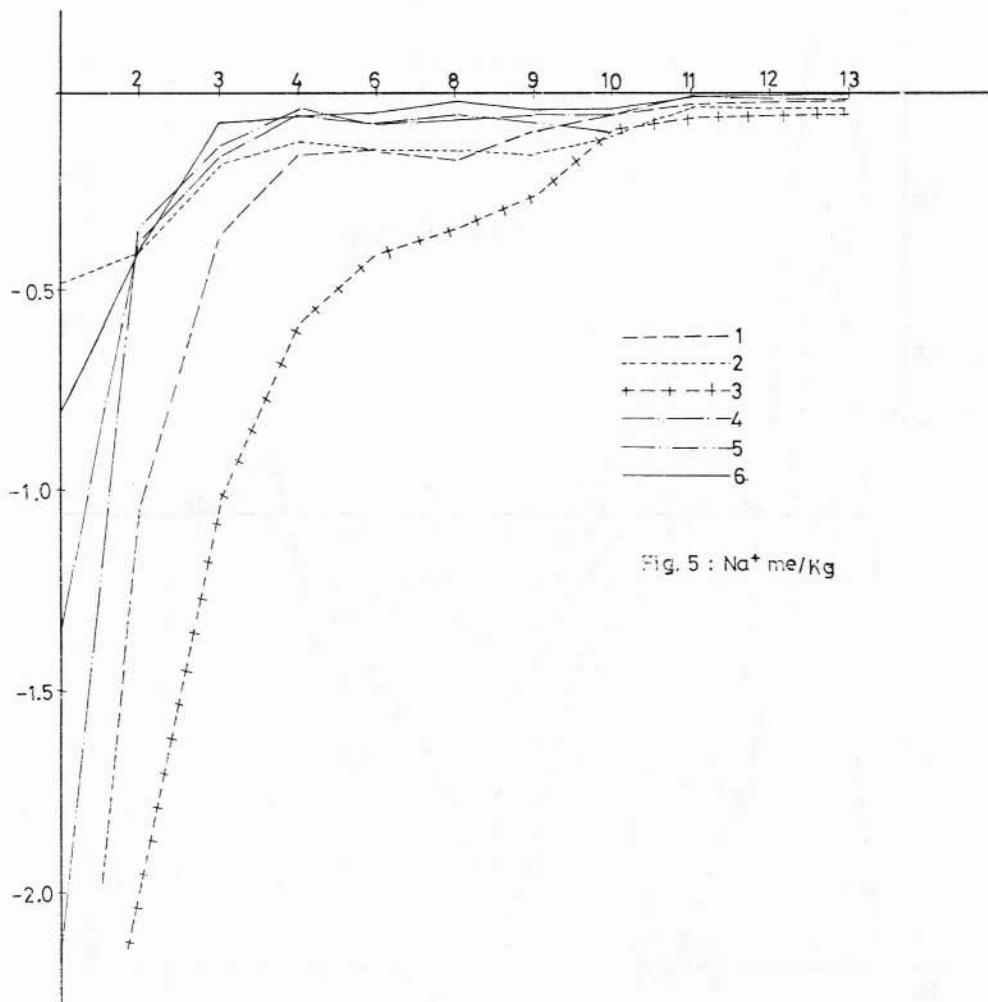


Fig. 5 : Na⁺ me/Kg

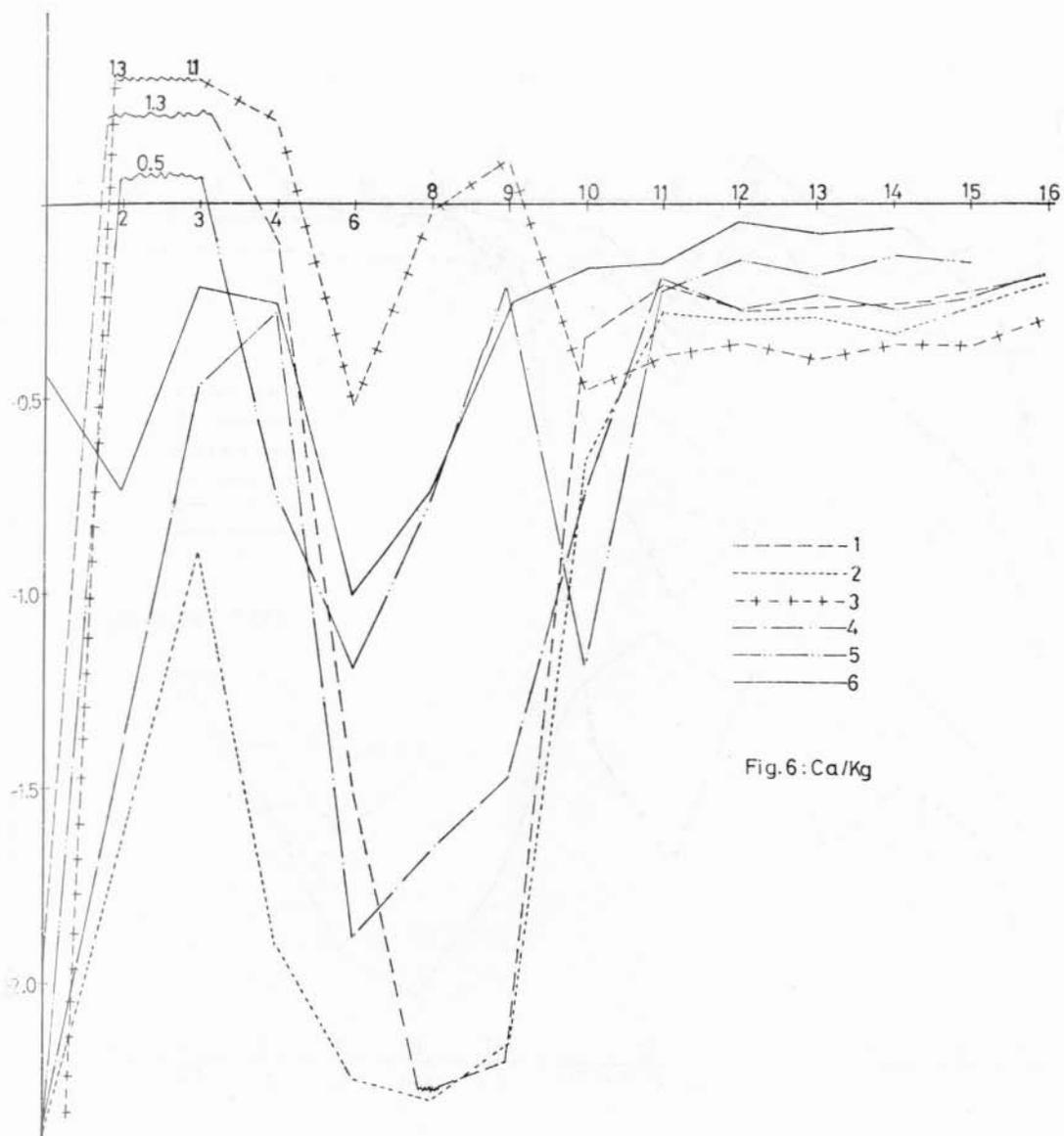


Fig.6: Ca/Kg

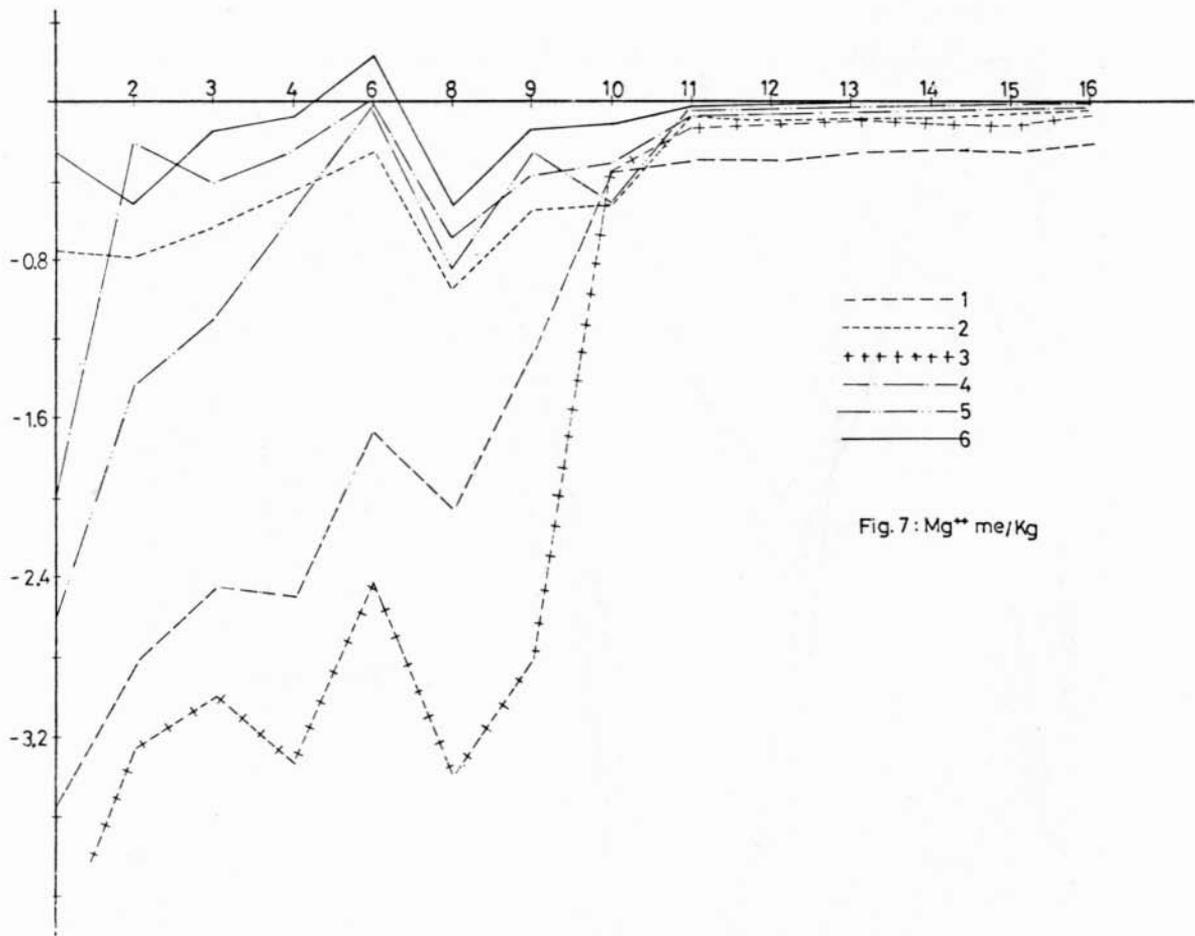
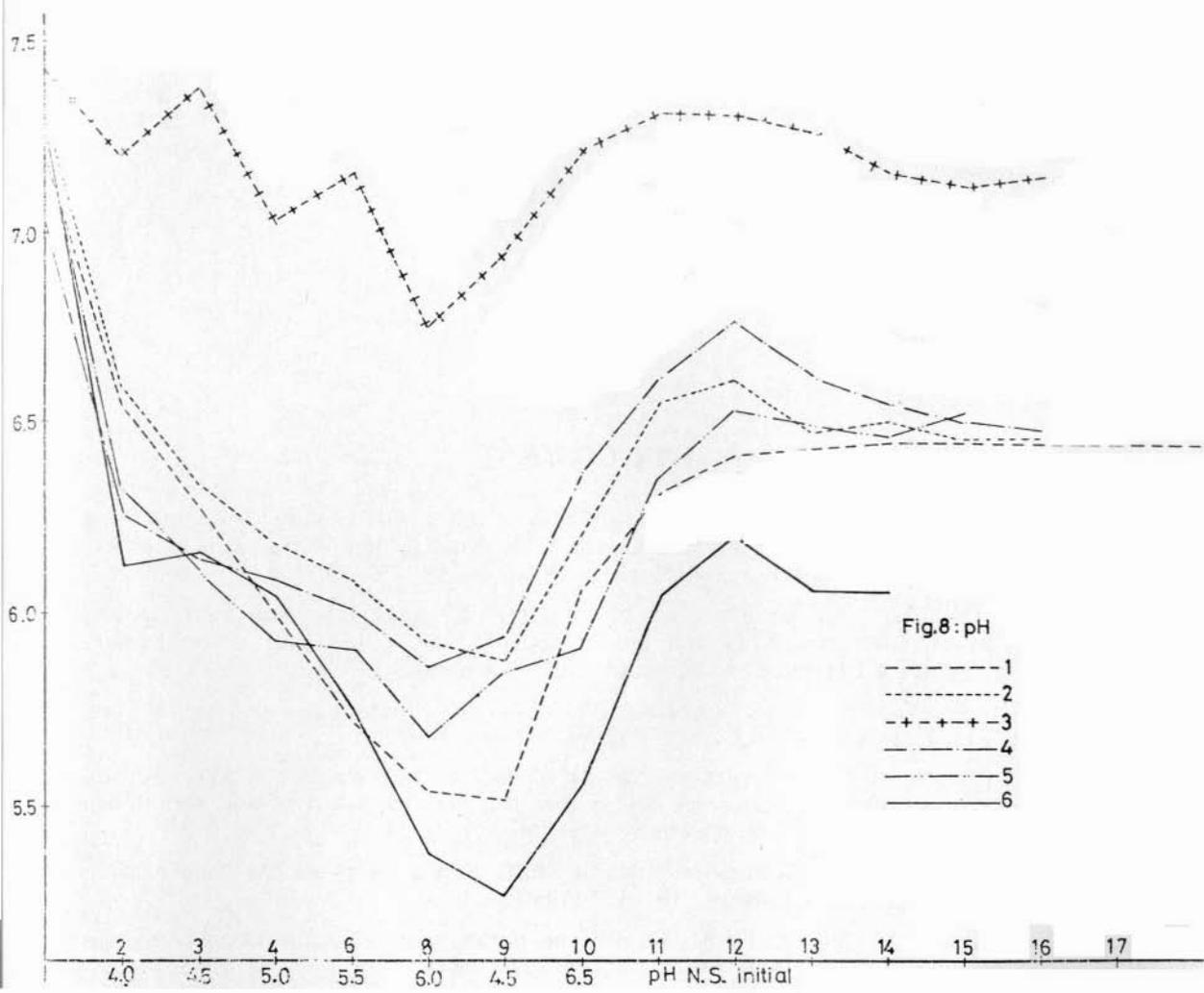


Fig. 7: Mg⁺⁺ me/Kg



CONCLUSIONES

1. Desde el punto de vista de las propiedades físicas se va produciendo una disgregación de los materiales de acuerdo con su tiempo de uso en hidroponía.
2. Los análisis de los cationes de cambio no nos indican de forma clara cual va a ser la actividad de éstos materiales frente a la solución nutritiva.
3. La actividad frente a los cationes sodio y magnesio es similar, produciendo únicamente un lavado de los mismos.
4. La actividad frente al ion amonio es muy fuerte, produciéndose una retención bastante intensa y posteriormente una nitrificación de parte del amonio retenido.
5. Practicamente no hay actividad sobre el ion nitrato.
6. Respecto al fosfato se presenta una retención, probablemente con el calcio, quedando una parte del fosfato retenido en forma asimilable para las plantas. Los valores de calcio creemos que van unidos a los fosfatos.
7. Respecto a los valores de pH no observamos relación entre éstos y la actividad de los materiales frente a la solución nutritiva.

BIBLIOGRAFIA

1. Blesa, C. y Luque, A. Contribución al estudio de los lapilli volcánicos en las Islas Canarias para su utilización en Hidroponía. I. Estudio de las propiedades físicas y químicas. Ann. Edafología y Agrobiología XXXI, 7-8, 583-599 (1972).
2. Blesa, C y Luque, A. Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en Hidroponía. II. Tratamiento con soluciones nutritivas. Ann. de Edafología y Agrobiología. (En prensa). 1975.
3. Favilli, R. y Massantini, F. Le coltivazioni idroponiche in Italia, situazione attuale e prospettive de sviluppo. Proc. Las Palmas, 91-99. 1969.
4. Manshard, E. Über das Sorptionsvermögen von Quarzkies, Bimkies und Vermiculite für Phosphat-Kalium un Ammonium-Ionen und die Aufnahme der sorbierten Ionen durch Pflanzen. Gartenbauwissenschaft, 23, 308-326, (1958).
5. Sachs, M. - Growing flowers on volcanic stuff. Proc. International Congress on Hydroponic. IWOSC. Las Palmas. 154-157 (1969).
6. Steiner, AA. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil. 15, 134-154 (1961).
7. Zeid, B; Sachs, M.H.; Malevy, A.H. and Feigin, A. Growing flowers on inert media. The Volcanic Center. Bet Dagan. Special Publ. Nr. 17. Israel (1972).