

# INTERNATIONAL WORKING GROUP ON SOILLESS CULTURE

SUSTRATOS Y SUS PROPIEDADES

A. Luque Escalona y G. Pérez Melián, España

Reprint from

PROCEEDINGS

FOURTH INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE

Las Palmas, 1976

pp 303 - 312



SECRETARIAT: P.O. BOX 52, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS

## SUSTRATOS Y SUS PROPIEDADES

A. Luque Escalona y G. Pérez Melián, España

## INTRODUCCION

Desde los comienzos de las investigaciones sobre nutrición, por parte de los fisiólogos vegetales, uno de los principales temas de trabajo ha sido el estudio de los sustratos adecuados para permitir el desarrollo de las plantas. Se han realizado gran cantidad de estudios tanto sobre medios naturales como artificiales e incluso encontramos en la literatura resultados contradictorios respecto a los mismos materiales.

Debido a que nuestro interés en el presente trabajo, está dirigido hacia la hidroponía comercial, hemos centrado nuestra atención que trata específicamente de sustratos y en especial de su utilización comercial.

Podemos definir un sustrato hidropónico como un material sólido y estable que permita el normal desarrollo del vegetal durante todo su ciclo de cultivo. Además desde el punto de vista comercial debe ser de bajo coste de obtención y transporte, de fácil manejo y permitir el desarrollo de la planta encaminado hacia la mayor producción.

A partir de esta definición, vamos a hacer una exposición de las propiedades físicas y químicas que presentan los materiales que se utilizan como sustratos en hidroponía comercial.

## PROPIEDADES FISICAS

1. Densidad aparente y densidad real

Ambos valores, de fácil determinación en el laboratorio, son necesarios para establecer las cantidades de sustrato necesarias en peso y volumen para la puesta en marcha de una instalación. También la relación entre ambas nos va a dar datos de porosidad total y el volumen de líquido necesario para regar las camas, permitiendo obtener el volumen mínimo del tanque de solución de acuerdo con la frecuencia de riegos.

2. Porosidad total

Viene dada por las relaciones entre las densidades absolutas y relativas. Se divide en tres porosidades diferentes:

- a. macroporosidad; poros que después de una inundación quedan ocupados por aire (tamaño superior a  $8 \mu$ );
- b. microporosidad; poros que después de una inundación quedan ocupados por agua (tamaño inferior a  $8 \mu$ );
- c. porosidad oclusiva; poros completamente cerrados al agua y al aire.

Desde el punto de vista de la hidroponía los conceptos tienen que sufrir una ligera modificación:

- a. la porosidad total menos la porosidad oclusiva se conoce como capacidad hídrica máxima y en este caso en lugar de hablar de volumen de poros hablamos de volumen de agua;
- b. la microporosidad es un concepto similar al de capacidad de retención de agua con la diferencia de que en el caso de la microporosidad hablamos de volumen de poros y aquí de volumen de agua.

Penningsfeld y Kurzmann (1966) dan la relación de estas propiedades entre si, considerando que un sustrato reúne las condiciones óptimas, cuando tiene una capacidad hídrica máxima del 70 % y esta está repartida a partes iguales entre la cantidad de agua retenida y los poros ocupados por aire. No obstante el obtener un sustrato con estas características es muy difícil. El punto más importante es el regular los riegos de acuerdo con las propiedades físicas del material, de esta forme se consigue un suministro optima de agua, oxígeno y nutrientes a las plantas.

### 3. Porosidad oclusiva

Tabla 1 Propiedades físicas de los materiales volcánicos

Años de utiliza- da	Densidad relativa (g/ml)	Densidad absoluta (g/ml)	Porosidad total (% vol.)	Capacidad hídrica máxima (% vol.)	Porosidad occlusiva (% vol.)	Agua rete- nida (% v.)
6	0.909	2.97	69.4	65.4	4.0	18.0
5	0.799	2.91	72.6	67.4	5.2	20.9
4	0.884	3.00	70.5	60.8	9.7	16.6
4	0.886	2.94	69.9	61.4	8.5	17.5
1	0.768	2.90	73.5	63.8	9.7	19.6
sin usar	0.764	2.88	73.5	60.2	13.3	18.9

Desde el punto de vista físico se puede afirmar que todos los sustratos van a presentar cierta disgregación con el tiempo de uso. Al estudiar los materiales volcánicos utilizados en Canarias en hidroponía, de acuerdo con los años de antigüedad de su uso, encontramos que la propiedad que nos indicaba de forma más clara la disgregación sufrida era la porosidad oclusiva, como se puede ver en la tabla 1 en la que indicamos además el resto de las propiedades. Conjuntamente con la porosidad oclusiva también nos daba un índice de alteración,

la densidad relativa, aunque este era menos acentuado.

#### 4. Estabilidad

Es la resistencia física del sustrato frente a la alteración producida en él por la solución nutritiva, considerando esta última como agente erosivo. El uso de sustratos poco estables da lugar a que sea necesario el cambio periódico de los mismos, ya que lo que si se produce es una disgregación traerá como consecuencia la acumulación de los materiales finos en el fondo de las camas impidiendo el drenaje de la solución nutritiva lo que producirá una asfixia radical más o menos acentuada. Lo mismo ocurre en el caso de que el sustrato esté sometido a procesos de compactación o inchamiento.

#### 5. Granulometría

Es un factor que oscilando dentro de unos límites normales de 10 a 5 mm de  $\emptyset$  para los sustratos porosos y de 5 a 3 mm de  $\emptyset$  para los compactos no presenta ningún problema. No obstante resulta peligroso el uso de sustratos no homogéneos, en especial, cuando existen cantidades considerables de materiales finos. Hanan (1969) pone como sustrato cualquier medio inerte que presente una granulometría de 20 a 0.3 mm de  $\emptyset$  con unos valores superiores a un 70 % de partículas de diámetro superior a 3 mm, un 90 % superior a 1 mm y no más del 2 % inferiores a 0.3 mm.

### PROPIEDADES QUIMICAS

Son las derivadas de la composición y la naturaleza del sustrato. Debido a que la actividad que puede tener un sustrato se va a producir sobre la solución nutritiva hablamos de propiedades químicas y no de propiedades físico-químicas. Vamos a enfocar estas propiedades desde el punto de vista de la solución nutritiva con lo que podemos hacer dos apartados principales.

#### 1. Cesión de iones a la solución nutritiva

Podemos considerar que prácticamente todos los sustratos ceden iones a la solución nutritiva, ya sea por tratarse de materiales con unas propiedades acusadas de intercambio catiónico, como por disolución o alteración de los minerales componentes del sustrato al entrar en contacto con la solución nutritiva.

Normalmente la cesión de iones que tiene un mayor efecto sobre la rentabilidad de los cultivos es la referida a los micronutrientes, ya que son los que presentan unos límites más estrechos entre toxicidades y deficiencias, siendo pequeña la diferencia entre ambos puntos. Cuando la capacidad de cesión de un sustrato supere el valor considerado como óptimo para un determinado micronutriente podemos considerar que se está en un punto peligroso, ya que a esta cesión hay que sumarle las impurezas de los abonos empleados en la fabricación de la solución nutritiva y si bien puede ser que el valor no sea lo suficientemente alto para presentar síntomas visuales, si puede estar causando un efecto depresivo sobre la producción.

Respecto a los macronutrientes los límites de toxicidad son considerablemente más amplios y normalmente puede lograrse un balance de la solución nutritiva de acuerdo con la cesión de undeterminado ion. En nuestro caso al trabajar con materiales volcánicos hemos encontrado una cesión bastante intensa de magnesio.

También hay materiales que pueden presentar cesiones de otros iones que sin ser nutrientes van a resultar tóxicos para las plantas. En los materiales volcánicos hemos encontrado una cesión bastante intensa de sodio en los primeros momentos del cultivo. Cuetkova et al. (1969) han encontrado una cesión de aluminio al utilizar ciertas arcillas expandidas, que producía una toxicidad manifiesta. Schwarz (1967) al usar espuma de plástico encontró que durante las primeras semanas cedía formaldehído a la solución nutritiva.

Existen también referencias con respecto a la utilización de resinas cambiadoras de iones que se han utilizado ampliamente en hidroponía.

## 2. Retención de iones de la solución nutritiva

Al igual que en el apartado anterior podemos decir que todos los materiales usados como sustratos en hidroponía presentan alguna retención de iones.

En primer lugar vamos a referirnos a los micronutrientes. En este caso el problema es menos acentuado que en el caso de la cesión, ya que además de poder aumentar el contenido de los mismos en la solución nutritiva, es posible la aplicación periódica de pulverizaciones foliares asociándolos a los tratamientos fungicidas y con los adherentes necesarios. La deficiencia más frecuente es la de hierro, debida más que al sustrato a la precipitación con los fosfatos al elevarse el pH de la solución. Se usan varios métodos para eliminar esta deficiencia, desde la utilización de quelatos que admiten pH elevados, hasta la aplicación al sustrato de limaduras de hierro, puesto que van cediendo cantidades considerables del mismo. Sobre los materiales volcánicos que utilizamos en Canarias no es frecuente la deficiencia de hierro ya que tienen cantidades elevadas. Sin embargo si aparece con frecuencia la deficiencia de manganeso que corregimos mediante la utilización de "sprays" foliares.

Respecto a los macronutrientes la retención está causada por diferentes factores:

- a. capacidad de cambio catiónico; se presenta en los materiales de naturaleza arcillosa, afecta principalmente a los cationes K, Ca y Mg en las primeras fases del cultivo, hasta llegar al equilibrio entre la solución y el complejo de cambio y aunque los cationes quedan retenidos pueden ser utilizados por las plantas;
- b. contenido en materia orgánica; a medida que se va utilizando un sustrato se va produciendo una acumulación de materia orgánica en las camas de cultivo, resultante de los restos de raíces; los efectos de esta acumulación se manifiestan sobre la solución nutritiva con la formación de complejos órgano-minerales insolubles con los iones Fe, Al y fosfatos principalmente que pueden

causar estados deficitarios a las plantas; posteriormente al disociarse estos complejos por descomposición de la materia orgánica los iones vuelven a quedar en libertad, pudiendo producir efectos tóxicos;

- c. contenido en cálcio; el contenido en cálcio del sustrato va a afectar directamente a la concentración de fosfatos en la solución nutritiva, ya que se puede producir una precipitación en forma de fosfato cálcico insoluble que evoluciona a la formación de un fosfato tricálcico que se sitúa alrededor de las partículas; Penningsfeld y Kurzmann (1966) consideran como inutilizables aquellos sustratos que contengan más de un 20 % de carbonato cálcico; no obstante Schwarz y Vaadia (1969) han obtenido resultados satisfactorios con grava caliza, al añadir diariamente a la solución nutritiva cantidades suficientes de fosfatos para evitar la deficiencia.

Como vemos pues en cada caso particular es necesario el conocer las propiedades físicas del sustrato y su actividad sobre la solución nutritiva de esta manera se acoplan al suministro de agua oxígeno e iones a las plantas, así como se controla la solución nutritiva. Esto permite la utilización del sustrato autóctono de cada región, que va a ser, por lo general, el de más bajo coste de obtención y transporte y por lo tanto el más económico.

## CLASIFICACION DE LOS SUSTRATOS

Debido a la amplitud de la literatura sobre sustratos utilizados en hidroponía hemos hecho un intento de clasificación basado en el origen y las propiedades físicas y químicas estudiadas anteriormente. Para hacerlo hemos seguido los siguientes criterios.

### 1. Origen

Referido únicamente a que el material es natural o artificial. Consideramos como sustratos naturales aquellos que se utilizan como se encuentran en la naturaleza o que por lo menos no son el resultado de un proceso de fabricación. Consideramos como artificiales a los resultantes de un proceso de fabricación industrial más o menos complejo y que presenta una composición básica diferente de la materia prima empleada.

### 2. Propiedades físicas

En particular nos vamos a referir únicamente a los materiales porosos o compactos. Consideramos como materiales porosos aquellos cuya capacidad de retención de agua depende de la microporosidad interna del material. Consideramos como materiales compactos los que su capacidad de retención de agua está causada por la microporosidad interparticular únicamente.

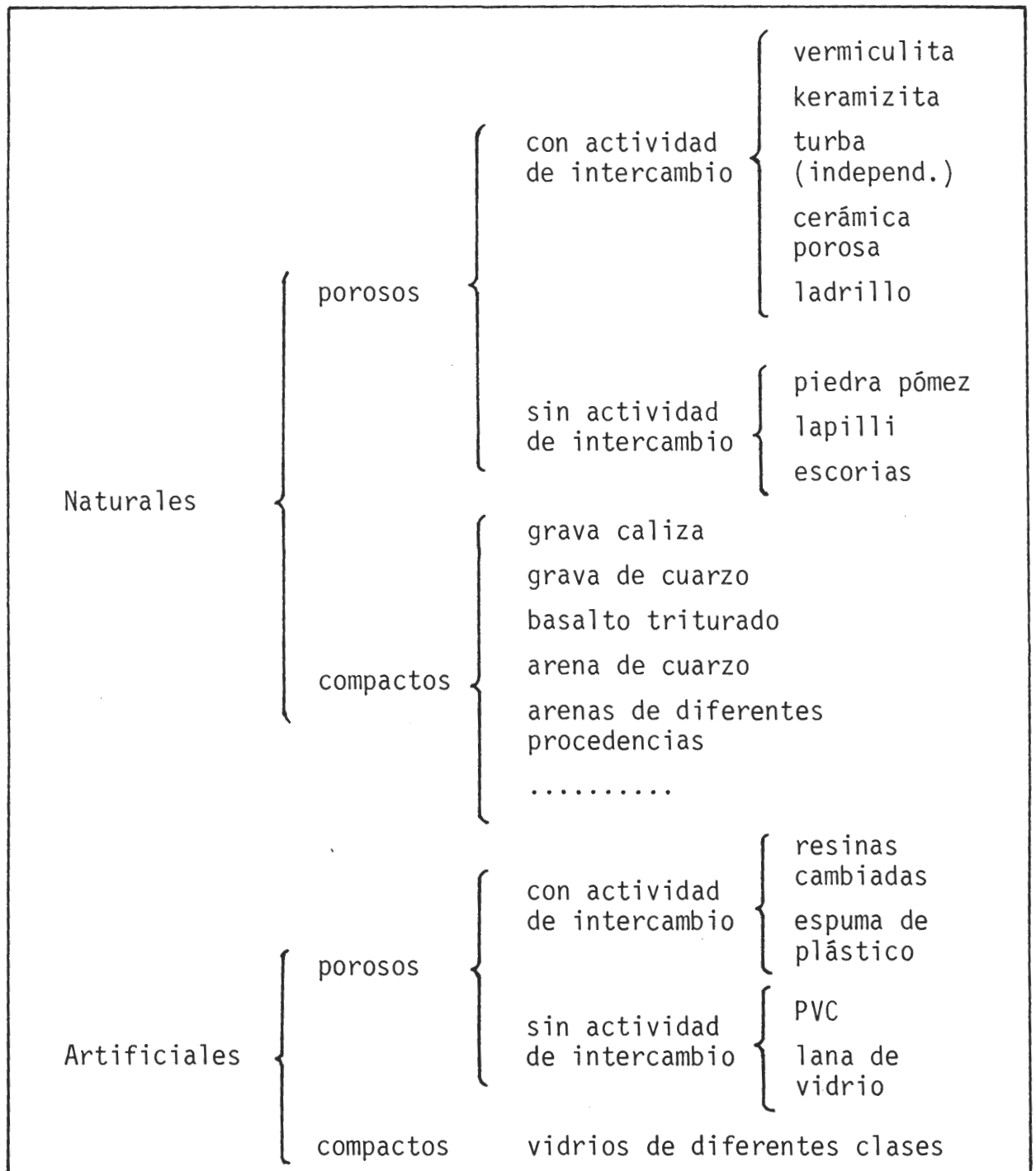
### 3. Actividad sobre la solución nutritiva

Con respecto a este punto, nos vamos a fijar únicamente en la capaci-

dad de intercambio, ya sea aniónico o catiónico. Consideramos sin capacidad de intercambio, los que actúan sobre un determinado ión únicamente y con capacidad de intercambio los que actúan sobre un grupo de iones ya sean aniones, cationes o ambos.

En el siguiente cuadro damos la clasificación con varios ejemplos de cada tipo.

Clasificación de los sustratos usados en hidroponía



## LITERATURA CITADA

- Cuetkova, I.V. et al. (1969)  
On the problems of the long-term use of keramizit for the hydroponic culture of plants  
Fizil. Rast. 16, 946 - 950 (Hort. Abstr. 40, 6027)
- Hanan, J.J. (1969)  
The use of inert media in greenhouses  
Proc. Intern. Congr. Soilless Culture, Las Palmas 1969
- Penningsfeld, P., Kurzmann, P. (1966)  
Culture sans sol au hydroponique et sur tourbe  
La Maison Rustique, Paris
- Schwarz, M. (1967)  
Foam plastic, a commercial plant growth medium  
Plant & Soil 27, 289 -291
- Schwarz, M., Vaadia, Y. (1969)  
Limestone gravel as growth medium in hydroponics  
Plant & Soil 31, 122 - 128

## BIBLIOGRAFIA

- Allison, F.E., Boller, E.M., Doetsch, J. H. (1953)  
Ammonium fixation and availability in vermiculite  
Soil Sci. 75, 173 - 180
- Arnon, D.I., Grossenbacher, K.A. (1947)  
Nutrient culture of crops with the use of synthetic ion exchange materials  
.....
- Arnon, D.I., Meagher, W.R. (1947)  
Factors influencing availability of plant nutrients from synthetic ion exchange material  
Soil Sci. 64, 213 - 221
- Blesa, C. (1969)  
Desarrollo de los cultivos sin tierra en Canarias  
Proc. Intern. Congr. Soilless Culture, Las Palmas 1969
- Blesa, C., Luque Escalona, A. (1972)  
Contribución al estudio de los lapilli volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en hidroponía I. Estudio de las propiedades físicas y químicas  
Ann. Edaf. y Agrobiol. 31, 583 - 599
- Blesa, C., Luque Escalona, A. (1976)  
Contribución al estudio de los lapilli volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en hidroponía II. Tratamiento con soluciones nutritivas  
Ann. Edaf. y Agrobiol. (en prensa)



- Ermakov, E.I. (1962)  
Porous ceramic materials for protected ground  
Vestu. sel'sk Nanki 6, 39 - 45 (Soil & Fert. 24, 2130)
- Ermakov, E.I. (1964)  
Growing plants in kermazite  
Vestu. sel'sk Nanki 9, 15 - 24 (Hort. Abstr. 35, 2372)
- Hewitt, E.J. (1965)  
Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition  
Techn. Commun. 22 (rev. 2nd Ed.) Commonw. Agric. Bur. United Kingdom
- Favilli, R. (1966)  
Una voce del l'Enciclopedia idroponica  
L'Italia Agricola 103, 259 - 279
- Favilli, R., Massantini, F. (1969)  
Le coltivazioni idroponiche in Italia, situazione attuale e prospettive de sviluppo  
Proc. Intern. Congr. Soilless Culture, Las Palmas 1969
- Hanan, J.J. (1969)  
Inert media and irrigation frequency  
Bull. Col. Flower Grower's Assoc. 216. 1 - 2
- Holley, W.D. (1967)  
Inert media to replace soil  
Bull. Col. Flower Grower's Assoc. 205, 4 - 5
- Holley, W.D., Hanan, J.J. (1968)  
Estimating watering frequency for an inert medium  
Bull. Col. Flower Grower's Assoc. 215, 3 - 4
- Holley, W.D., Parker, J. (1968)  
Inert media compared for carnation growing  
Bull. Col. Flower Grower's Assoc. 215
- Jung, J. (1962)  
Feinteiliger Polystyrol als inert Substrat für Gefäßversuche  
Hort. Abstr. 32, 514
- Klein, W.H., Warren, G.F. (1951)  
Iron containing frit as a nutriculture medium  
Plant Physiol. 27, 204 - 205
- Luque Escalona, A. (1973)  
Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en cultivos hidropónicos  
Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias, Univ. La Laguna, España
- Luque Escalona, A., Pérez Melián, G. (1975)  
Alteración de los materiales volcánicos por los años de utilización en hidroponía

- Centro Intern. para la Hidroponía, Serv. Agric. Publ. 2, 19 - 34
- Mausell, R.L., Rose, G.W., Richardson, B. (1968)  
Comparative growth rates of turnip seedlings (*Brassica rapa* L.)  
in vermiculite-perlite mixtures  
Am. Soc. Hort. Sci. 92, 572 - 577
- Mc'Ilrath, W.J. (1950)  
Growth responses of tomato to nutrient ions adsorbed on a pumice  
substrate  
Plant Physiol. 16, 521 - 533
- Rivoira, G. (1969)  
Le resine a scambio ionico in coltura idroponica  
Proc. Intern. Congr. Soilless Culture, Las Palmas 1969
- Rivoira, G. (1966)  
Il pomodoro in coltura idroponica  
L'Italia Agricola 103, 1055 - 1079
- Sachs, M. (1969)  
Growing flowers on volcanic tuff  
Proc. Intern. Congr. Soilless Culture, Las Palmas 1969
- Steiner, A.A. (1968)  
Soilless culture  
Proc. 6th Coll. Intern. Potash Inst. Florence 324 - 341
- Tisseau, R. (1971)  
Realisation de cultures hydroponiques experimentales d'ananas  
sur milieu artificiel  
Fruits 26, 219 - 224
- Ulcek, F., Polach, J. (....)  
A contribution to the use of substrates in hydroponic gravel  
culture  
Rostl. Vyroba 12, 309 - 316 (Hort. Abstr. 37, 45
- Wynd, F.L., Wildon, C.F. (1955)  
Glass frit as medium for hydroponic cultures of tomatoes  
Lloydia 18, 109 - 128
- Zeid, B., Sachs, M.H., Halevy, A.H., Feigin, A. (1972)  
Growing flowers on inert media  
The Volcanic Centre, Bet Dagan, Spec. Publ. 17

#### *SUBSTRATES AND THEIR PROPERTIES*

#### *SUMMARY*

*This communication offers an attempt to classify the different substrates used for hydroponics. This classification is based on diffe-*

rent criterions according to the properties of the materials:

- a. origin of the material;
- b. physical properties;
- c. reaction on the nutrient solution (chemical and physico-chemical properties of the substrate).

The different types of substrate are discussed in accordance with their classification and the data mentioned in the literature. Special reference will be made to the volcanic materials used in the Canary Islands and to the effect of being used as substrate for hydroponics during many years.