



PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERIA DE MEDIO RURAL
Y PESCA

4 / 92

INFORMACIÓN TÉCNICA

***UTILIZACIÓN DE LOS ESTERILES
DEL CARBÓN EN HORTICULTURA.
RESULTADOS PRELIMINARES***

UTILIZACION DE LOS ESTERILES DE CARBON EN HORTICULTURA. RESULTADOS PRELIMINARES.

Fueyo Olmo, M.A.
Baranda Alvarez, A.
Instituto de Experimentación y Promoción Agraria¹.

García González de Lena, G.
González Cañibano, J.L.
Zabaleta Mendizábal, I.
HUNOSA. División Industrial y de iversificación².

RESUMEN

Se vienen estudiando desde 1990 las aptitudes de los estériles de carbón en Horticultura, en convenio entre la Consejería de Medio Rural y Pesca y la empresa HUNOSA, participando en la financiación OCICARBON y el INI.

De los trabajos que se vienen desarrollando, en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (Villaviciosa), cabe realizar las siguientes consideraciones:

- Los estériles de carbón presentan, en general, características físicas y químicas con valores aceptables para la mayoría de los cultivos hortícolas.

- La aplicación de estos materiales a los suelos arcillosos puede alcanzar mejoras en la producción de hortalizas de hasta el 25%. La técnica de aplicación deberá ir precedida de la correspondiente recomendación técnica.

- El empleo de los estériles de carbón como sustratos de cultivos sin suelo de tomate o de plantas ornamentales en contenedor puede suponer una importante aportación a la horticultura intensiva. Los resultados preliminares obtenidos abren expectativas para el desarrollo tecnológico de su aplicación en el campo de los sustratos.

Palabras clave: estériles de carbón, suelos arcillosos, cultivo sin suelo, ornamentales en contenedor, tomate en hidroponía.

INTRODUCCION

Los estériles de carbón están formados por las rocas y desechos procedentes del avance de las galerías, y del arranque del carbón y su preparación. La producción anual de estériles de carbón en España rondó, durante la década de los 80, los 5 millones de toneladas, correspondiendo la mayor parte a la extraída en Asturias y León (69 y 24%, respectivamente, según datos de 1986). Aunque una parte de estos materiales son utilizados en el relleno de minas y en diversas actividades industriales, la mayor parte se viene almacenando en escombreras lo que plantea importantes problemas, tanto desde el punto de vista económico (costes de almacenamiento y ocupación de terrenos) como desde el medioambiental (alteración del paisaje y contaminación).

La utilización de los residuos generados por la industria del carbón, comienza a desarrollarse en los países del Este de Europa, principalmente en Polonia y la extinta U.R.S.S., a partir de los años setenta. De las investigaciones llevadas a cabo en estos países caben considerar las referencias que señalan efectos beneficiosos en la aplicación de estériles de carbón a los suelos agrícolas, debidos principalmente a los ácidos húmicos presentes en los residuos carbonosos de los estériles.

¹, Apd. 13, 33300 VILLAVICIOSA, Asturias.

², Avda de Galicia, 44. 33005 OVIEDO, Asturias.

Estas referencias motivaron que la empresa HUNOSA iniciara en 1984 el análisis de diversos estériles, mostrándose en el correspondiente informe elaborado por el Instituto de Edafología, ciertas capacidades de los estériles factibles de aprovechamiento en agricultura. De esta manera, se decide estudiar a fondo las posibilidades de utilización de los estériles de carbón, bajo un convenio de colaboración entre HUNOSA y la Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias, para desarrollar un programa de investigación a partir de 1990, en cuya financiación también participan OCICARBON y el INI.

La investigación se ha orientado al campo de la Horticultura, ejecutándose los estudios en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (Villaviciosa), sobre las siguientes líneas de actuación.

- 1.- Caracterización agronómica.
- 2.- Como mejorantes de las propiedades físicas de los suelos arcillosos.
- 3.- Para su empleo como sustratos en cultivos sin suelo.

En esta publicación se pretende presentar y divulgar los resultados y las conclusiones obtenidas en algunos de los trabajos experimentales realizados.

MATERIAL Y METODOS

1.- CARACTERIZACION AGRONOMICA

Previo reconocimiento visual de los estériles producidos en las zonas mineras de Asturias, León, Palencia, Ciudad Real y Córdoba, se seleccionaron 17 muestras en función de su aspecto y del tamaño de partícula. Las muestras seleccionadas incluían materiales como granos, menudos y finos de lavadero, y estériles negros y rojos de escombrera, según la clasificación descrita por GONZALEZ CAÑIBANO (1985).

La preparación de las muestras y las determinaciones realizadas, se efectuaron en todos los casos (a excepción del pH de oxidación) conforme a los métodos oficiales de Análisis de Suelos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1988). La determinación del pH de oxidación se hizo de acuerdo al concepto y procedimiento propuesto por BARNISHEL y HARRISON (1976).

Para el desarrollo de los ensayos agronómicos se seleccionaron los siguientes materiales de hulla: Finos, menudos y finos mezclados con menudos procedentes de los lavaderos de M.S.P. (León), Modesta (Asturias), y la Camocha (Asturias), respectivamente, todo uno de las escombreras asturianas de Morgao, Lláscaras y Figaredo (estériles rojos) y menudos de la escombrera de Reicastro (Asturias).

Para la evaluación de los datos se emplearon los niveles de referencia propuestos por YAÑEZ (1989).

2.- COMO MEJORANTES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS

En esta línea de investigación se trata de evaluar la aptitud de los estériles del carbón como mejorantes de algunas propiedades físicas de los suelos arcillosos. El interés se extiende también a la utilización de estos materiales como relleno o sustituto de los suelos, lo que permitiría recuperar terrenos no aptos para el cultivo por carecer de suelo o, incluso, convertir las escombreras en terrenos de cultivo.

En 1990 se partió de un suelo arcilloso (17% de arcilla), utilizando como materiales mejorantes menudos mezclados con finos procedentes de lavadero y menudos de la escombrera de Reicastro (Mieres).

Los tratamientos estudiados fueron: suelo (control), 1/3 de estéril con 2/3 de suelo, 2/3 de estéril con 1/3 de suelo (cantidades referidas al volumen de una capa arable de 30 cm de espesor) y 100% de estéril. Al control se le añadió estiércol de vacuno a razón de 80 t/ha como material mejorante. La alternativa de cultivo estudiada fue patata-tomate.

Como consecuencia del diferente comportamiento de los estériles observado en el experimento anterior, según sea su procedencia de lavadero o de escombrera, en 1991 y 1992 se estudiaron separadamente bajo las siguientes condiciones:

a).-Material procedente de lavadero (finos más menudos): Aplicaciones en volumen de estéril en dosis crecientes desde el 5 hasta el 100%, incluyendo el suelo sólo como control. En 1992, además de este experimento se efectuó otro en finca (invernadero) con la aplicación de dosis de estériles del 25 y del 50% de la capa arable. Como cultivo indicador se utilizó el tomate.

b).-Material procedente de escombrera (Todo-uno): Aplicaciones en volumen de 25, 50 y 75% (1% equivale a 5 Kg/m²). El dispositivo experimental se completó con tratamiento referido al suelo (control). Como cultivo se utilizó patata y repollo.

En todos los casos se aplicaron las operaciones y técnicas de manejo habituales en cultivos intensivos (FUEYO, 1986-1991).

3.- COMO SUSTRATOS EN CULTIVO SIN SUELO

En esta línea de actuación se pretende determinar la aptitud de los estériles de carbón como sustratos en los cultivos hidropónicos y en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor.

a).- Cultivo hidropónico de tomate.

Los materiales estudiados fueron: perlita (control) y estériles: menudos del lavadero de Modesta, todo-uno de la escombrera de Morgao, finos del lavadero de la M.S. de Ponferrada, y estéril rojo de la escombrera de Figaredo. Los cultivos se desarrollaron sobre bolsas de polietileno rellenas del estéril correspondiente, sobre los que se plantaron 2 plantas de tomate por bolsa, a una densidad de 2.7 plantas/m². El cultivo se condujo bajo la técnica de hidroponía aplicando una solución nutritiva según se recomienda para el cultivo sobre perlita.

En el segundo año de investigación (1992) se incluyó la variante referida al número de campañas de utilización de los estériles, comparando los de segundo cultivo de tomate con materiales de primera campaña.

b).- Componente básico del sustrato para plantas ornamentales en contenedor.

Los materiales estudiados fueron: todo uno de la escombrera de Morgao (Asturias), finos de lavadero de la M.S. de Ponferrada (León). Como sustratos convencionales se utilizaron corteza de pino y turba (BUNT, 1988, JIMENEZ, 1990).

El dispositivo experimental se apoyaba en la sustitución porcentual de un sustrato convencional, integrado por una mezcla del 30% de turba y del 70% de corteza de pino, por los estériles indicados. Se realizó un abonado con abono de liberación lenta y con humus de lombriz. La especie vegetal utilizada como referencia fue la conífera *Thuja plicata* var. *zebrina* procedente de un plantel de un año de enraizamiento, trasplantada en contenedores de 5 l, siendo el sustrato los tratamientos de referencia.

Todos los tratamientos efectuados bajo las líneas 2 y 3 estuvieron diseñados según los métodos habituales, tanto en lo referente al planteamiento de las parcelas elementales, como a su distribución en el campo, empleando para ello diseños de bloques al azar o completamente aleatorizados con un mínimo de tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados por el método de análisis factorial de la varianza, aplicando el test de DUNCAN para la comparación de las medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

1.- CARACTERIZACION AGRONOMICA

La textura de la tierra fina es, para todos los materiales, de arenosa a franco arenosa, con porcentajes de arena superiores al 73% y contenidos bajos en arcilla (inferiores al 10%).

La capacidad de retención de agua y la porosidad (que oscila entre el 35-50%), presentan valores normales si los comparamos con suelos naturales de textura semejante. La densidad aparente es moderada (1.2 a 1.5 g/cm³) manteniendo unos límites factibles para el desarrollo radicular de los cultivos.

En el Cuadro 1 se pueden observar los niveles alcanzados por algunos de los parámetros químicos, sobre ellos cabe comentar que la acidez, referida a los valores del pH en agua y de oxidación, es aceptable para la mayoría de los cultivos (5.7 a 7.1).

Cuadro 1.- Resultados de algunos parámetros químicos obtenidos en el análisis de estériles de carbón (Asturias, 1990).

MUESTRA DE MATERIAL	pH		Conductividad eléctrica (1) (mS/cm)	Materia Orgánica (%)	C.I.C. (2) meq/l
	Agua 1:25	Oxidación			
Lavadero de La Camocha(3)	6.4	6.7	1.32	1.2	10.4
Menudos del lavadero de Modesta	6.8	6.1	1.52	5.9	10.4
Escombrera de Lláscaras	6.6	6.6	-	2.6	8.2
Escombrera de Morgao	6.7	6	2.26	5.5	5
Escombrera de Reicastro	-	-	1.85	4.3	7.5
Escombrera de Figaredo(4)	7.1	-	5.16	0	23.6
Finos del lavadero de M.S.P.(5)	6.6	5.7	3.54	9.2	7.8

1, Pasta Saturada.

2, Capacidad de Intercambio Catiónico.

3, Menudos mezclados con finos.

4, Estériles rojos.

5, Minero Siderúrgica de Ponferrada (León).

La conductividad eléctrica se sitúa en niveles bajos a moderados en los estériles negros (1.32 a 3.54 mS/cm), sin embargo alcanzan valores de 5.16 mS/cm en el caso de los estériles rojos (escombrera calcinada) de la escombrera de Figaredo.

A excepción de los estériles rojos en los que la materia orgánica ha sido totalmente calcinada, este parámetro alcanzó valores que variaron entre 1.2% (material del lavadero de La Camocha) y 9.2% finos del lavadero de M.S.P., oscilando el contenido de materia orgánica en los restantes materiales entre 2.6 y 5.5%.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) alcanza valores bajos en los estériles negros (5 a 10.4 meq/100g) y es sorprendentemente favorable en los estériles rojos (23.6 meq/100 g).

Otras referencias de interés cabe resumirlas en el sentido de que el calcio es el catión más abundante en todas las muestras, ocupando el segundo lugar el magnesio o el sodio, según la procedencia del material.

2.- COMO MEJORANTE DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS

En los experimentos efectuados en contenedores, se ha podido comprobar por una parte que el comportamiento de los materiales procedentes de lavadero es bien diferente al que procede de escombreras, por lo que están siendo estudiados separadamente para desarrollar más convenientemente su tecnología de aplicación.

Entre los resultados que se vienen obteniendo, cabe destacar los referentes a la producción de tomate en suelo arcilloso mejorado con aplicación de estériles procedentes de lavadero (finos más menudos). En la Figura 1 se puede observar que la producción de tomate experimentó mejoras de hasta el 25% con aplicaciones de estériles que suponían el 50% del volumen de la capa arable (en torno a las 250 t/1000 m²). A partir de estas dosis las producciones decrecieron, sin que ello se pueda achacar a efectos negativos de los estériles, sino que la tecnología de cultivo (fertirrigación) aplicada no era la más propicia para suelos constituidos mayoritaria o totalmente por estériles, técnica por otra parte estudiada en la línea de investigación referente a cultivos hidropónicos.

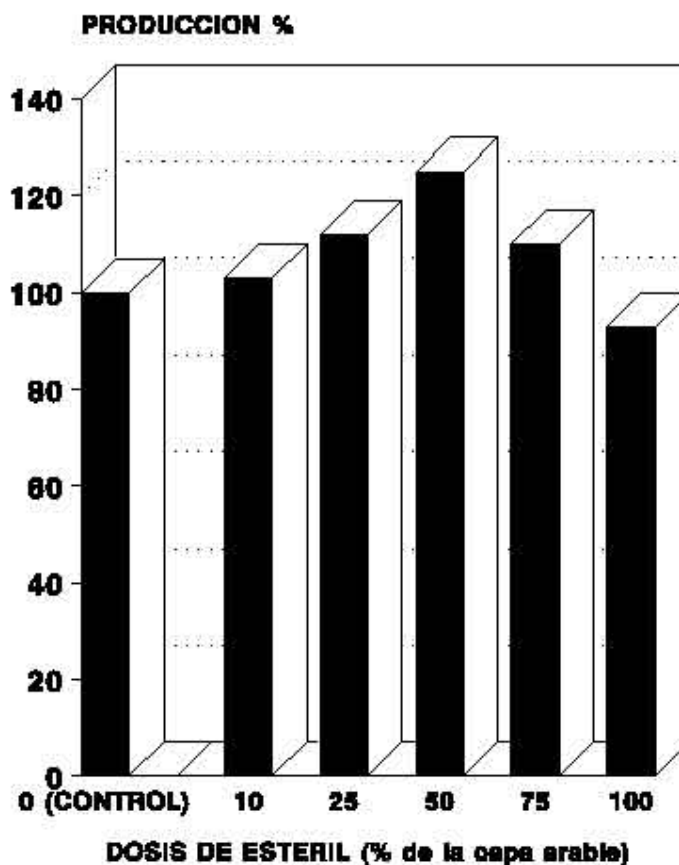


Figura 1: Rendimientos (producciones relativas) de tomate obtenidos en experimento de suelo arcilloso (control) mejorado con aplicación de estériles de carbón.(Asturias 1991)

Finalmente, hay que señalar que la calidad comercial (coloración y dureza de los frutos) producidos sobre suelos mejorados con estériles de carbón ha sido satisfactoria.

En cuanto a los estudios que se vienen efectuando a nivel de finca, en los que se aplicaron estériles procedentes de las escombreras de Morgao y de Lláscaras (Asturias), cabe señalar que comienzan a manifestarse mejoras en la producción de patata (de hasta el 18%, para aplicaciones del 75% del volumen de la capa arable) con respecto al suelo arcilloso (Figura II).

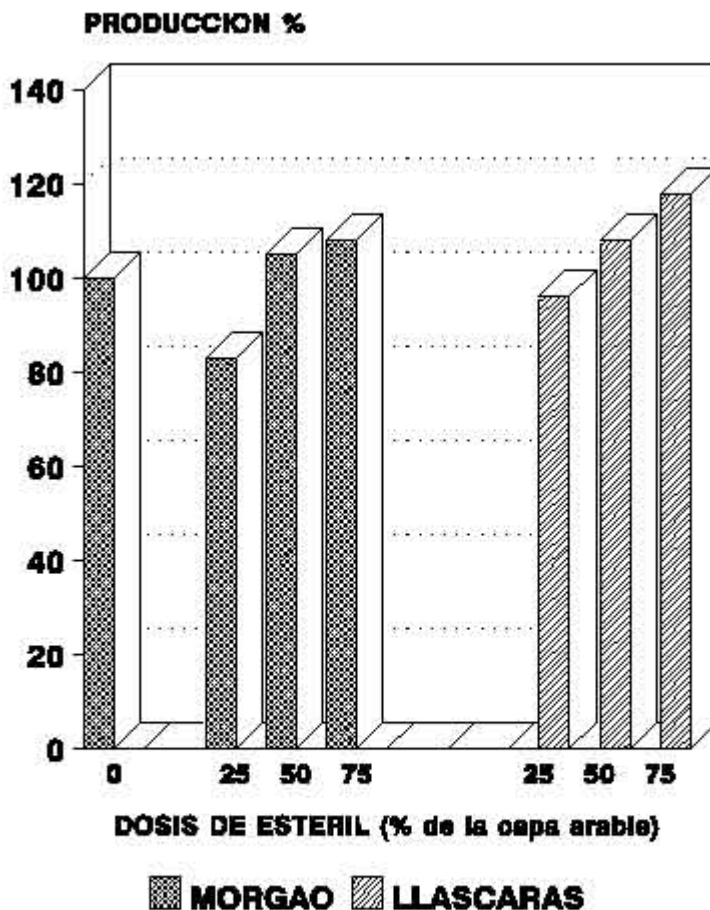


Figura II: Rendimientos (producciones relativas) de patata en experimento efectuado sobre suelo arcilloso (control) mejorado con estériles de escombrera. (Asturias 1992)

Es de esperar que estas diferencias a favor de los estériles se vayan incrementando a medida de que las labores efectuadas en el suelo, logren una mezcla más convenientemente del suelo con los materiales mejorantes.

3.- COMO SUSTRATO EN CULTIVO SIN SUELO

a).- Cultivo hidropónico de tomate.

Los resultados obtenidos en el segundo año de investigación muestran perspectivas altamente favorables para la utilización de los estériles en la técnica de cultivo sin suelo. En la Figura III se puede apreciar que el rendimiento del tomate sobre estériles fue similar al alcanzado sobre un sustrato de perlita, habitualmente utilizado como sustrato convencional. Asimismo, se puede observar que tanto el estéril procedente de la escombrera de Morgao (Asturias) como los menudos del lavadero de Modesta (Asturias) mejoraron ostensiblemente su aptitud cuando se les suplementó con un 5% (en volumen) de corteza de pino (mejoras de un 20 % en la producción de tomate), lo que probablemente esté relacionado con un incremento de la capacidad de retención de agua del sustrato.

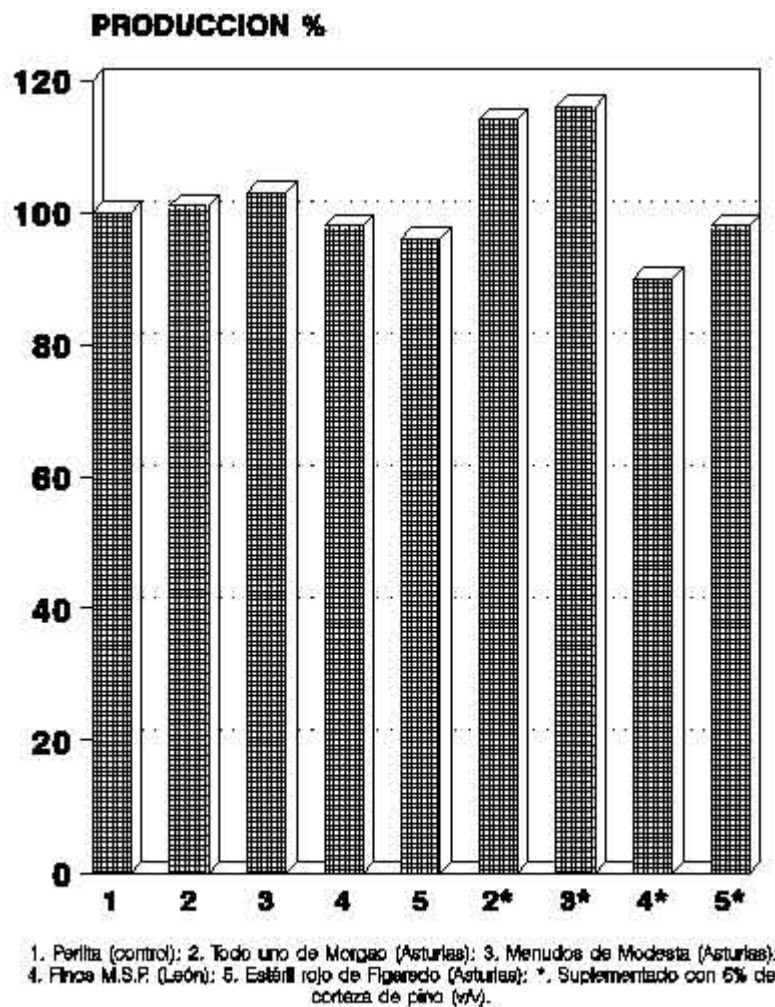


Figura III: Rendimientos (producción relativa) del tomate en cultivo hidropónico sobre estériles de carbón. (Asturias, 1992)

Por otra parte, también hay que señalar que la producción de tomate sobre materiales de segunda campaña no sufrió mermas en comparación a sus homónimas de primer cultivo.

b).- Componente básico del sustrato para plantas ornamentales en contenedor.

El arraigo y crecimiento inicial de las plantas de Thuja plicata (var. zebrina) sobre sustratos elaborados con estériles de carbón fue satisfactorio.

En el Cuadro 2, donde se expresan los crecimientos referentes al primer año de cultivo, se puede apreciar que la sustitución del 50% del volumen del sustrato convencional por estériles del carbón (finos de lavadero ó todo uno de escombrera) alcanzó mejoras en torno al 30%, tanto en lo referente al crecimiento en altura como en grosor del tallo. Además hay que destacar que las plantas cultivadas sobre un sustrato integrado totalmente por estéril de carbón, en el peor de los casos tuvo un comportamiento similar al control o sustrato convencional.

Cuadro 2.- Crecimientos (medidas relativas, %) de plantas de Thuja plicata (var. zebrina) del primer año de cultivo sobre sustratos de estériles de carbón (Asturias, 1991).

TRATAMIENTOS(1)	ALTURA	DIAMETRO
Sustrato convencional (control)(2)	100	100
Finos de M.S.P.(3) 100%	133	133
Finos de M.S.P. 50% + Sustrato convencional 50%	132	138
Todo uno de Morgao(4) 100%	96	99
Todo uno de Morgao 50% + Sustrato convencional 50%	129	137

1, Suplementados con abono de liberación lenta y humus de lombriz.

2, Turba 30% (v/v) + Corteza de pino 70% (v/v).

3, M.S.P.: Minero Siderúrgica de Ponferrada (León).

4, Morgao: Escombrera en Mieres (Asturias)

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos hasta el momento sobre la utilización de los estériles del carbón en horticultura, cabe efectuar las siguientes consideraciones:

Los estériles del carbón ofrecen interesantes posibilidades para su aprovechamiento como acondicionadores de suelos arcillosos. Sobre su tecnología de aplicación hay que indicar que en caso de utilizar materiales procedentes de lavadero no conviene sobrepasar la dosis de aplicación correspondiente a una capa de 5 - 8 cm de espesor sobre el terreno. En el caso de que las condiciones del suelo exijan mayores dosis, parece recomendable afrontar la mejora en varias fases.

Los materiales procedentes de escombrera son factibles de manejar en mayores cantidades por aplicación. En cualquier caso, la época más favorable para la incorporación de los estériles de carbón es el otoño-invierno, mediante labor profunda para favorecer la mezcla con el suelo.

Cuando la mejora precede a un cultivo de patata, lechuga o judía (en general cultivos sensibles a la salinidad), se recomienda preferentemente el material de escombrera o la incorporación con suficiente anticipación de los estériles en el caso de proceder directamente de lavadero.

El comportamiento de los estériles de carbón como sustratos en cultivos hidropónicos o en cultivo de plantas ornamentales en contenedor ha sido plenamente sorprendente, mostrándose como una alternativa importante a otros materiales usados actualmente como sustratos convencionales.

Las mejoras productivas, la calidad de los productos obtenidos y el bajo coste de los estériles de carbón, ofrecen perspectivas altamente favorables para su aplicación en la horticultura intensiva, apoyándose en una conveniente tecnología de aplicación.

BIBLIOGRAFIA

-BARNISHELL, R.I.; MASSEY, H.F.(1969). Chemical, physical and mineralogical properties of eastern Kentucky acid-forming coal spoil materials. *Soil Science* 108 (5):367-372.

-BARNISHELL R.I.; HARRISON, J. (1976). Estimating lime requirement by a modified hydrogen peroxide total potential acidity method. Unpublished method for Ky. Agric. Exp. Sta. Sore Testing Lab.

-BUNT, A.C. (1989). Media and mixes for container grown plants. (2ª ed.). Ac. Div. of Unwin Hyman Ltd. London.

-CHADWICK, M.J. (1973). Methods of assessment of acid colliery spoil as a medium for plant growth. *Ecology and Reclamation of Devasted Land*. R.J. Hutnik y G. Davis, (eds.), pp 81-91. New York: Gordon and Breach.

-COSTIGAN, P.A.; BRADSHAW, A.D.; GEMMEL, R.P. (1981). The reclamation of acidic colliery spoil. Acid production potential. *Journal of Applied Ecology*, 18:865-878.

-FUEYO, M.A.; COQUE, M. (1987). Estudios del comportamiento y productividad de variedades de col repollo en Asturias. ITE 6/87. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

-FUEYO, M.A.; COQUE, M. (1988). Estudio de variedades y de control de mildiu de patata en Asturias. ITE 1/88. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

-FUEYO, M.A.; ARRIETA ILLUMBE, A. (1987). Estudios sobre variedades y técnicas de cultivo de tomate en invernadero en Asturias. ITE 2/89. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

-FUEYO, M.A.; COQUE, M. (1988). Comportamiento de variedades de lechuga *Lactuca sativa* var. capitata. El cultivo bajo invernadero en Asturias. ITE 9/88. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

-GONZALEZ CAÑIBANO, J. (1985). Los estériles del carbón. Definición y clasificación. *Industria Minera*. Octubre, 45-53.

-JIMENEZ MEJIAS, R. CABALLERO RUANO, M. (1990). El cultivo industrial de plantas en maceta. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).

-KENT, M. (1982). Plant growth problems in colliery spoil reclamation - a review. *Applied Geography* 2, 83-107.

-M.A.P.A.; 1986. Métodos Oficiales de Análisis. Volumen III: Suelos y aguas. Servicio de Publicaciones del M.A.P.A. Paseo Santa Isabel, 1. Madrid.

-MANCHO, M.; SOLCHAGA, A. (1977). Normas para la interpretación de análisis químicos del suelo y recomendaciones de abonado. Tolosa.

-RENTON, J.J.; STILLER, A.H.; RYMER, T.E. (1989). The acid-producing potential of the various rock units associated with the mining of coal. *Minig Science and Technology*, 9:137-147.

-YAÑEZ, J. (1989). Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura*, 49:75-89.

-ZABALETA MENDIZABAL, I.; GARCIA GONZALEZ DE LENA, G.; GONZALEZ CAÑIBANO, J.L.; FUEYO OLMO, M.A. (1991). Estado actual de las investigaciones sobre aplicaciones agrícolas de los estériles de carbón. *Agrícola Vergel* (Enero): 44-48.

