



PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERIA DE MEDIO RURAL  
Y PESCA

3 / 92

## INFORMACIÓN TÉCNICA

***UTILIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES  
DEL CARBÓN EN AGRICULTURA.  
RESULTADOS PRELIMINARES***

# UTILIZACION DE LOS ESTERILES DEL CARBON EN AGRICULTURA. RESULTADOS PRELIMINARES.

Miguel Angel Fueyo Olmo.  
Alberto Baranda Alvarez.  
CONSEJERIA DE MEDIO RURAL y PESCA.  
Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (1).

Guillermo García González de Lena.  
José González Cañibano.  
Ion Zabaleta Mendizabal.  
Manuel García Prieto.  
HUNOSA (2).

## RESUMEN

La producción de unos dos millones de toneladas de estériles de carbón (rocas y desechos procedentes del arranque y preparación del carbón) que se vienen generando en los últimos años en Asturias (69% de la producida en España) y la disponibilidad de varias decenas de millones de toneladas almacenadas en escombreras, a parte de los problemas ecológicos y de costes que ocasionan, representan un campo de investigación para su posible aprovechamiento.

La utilización de estos materiales en agricultura y más concretamente en la rama de horticultura abre expectativas importantes a tener en cuenta. Por ello, con el fin de contrastar y ampliar la información disponible, procedente de los países del Este de Europa, se inició bajo las condiciones de España en 1990 un programa de investigación, cuyos estudios se vienen desarrollando en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria de Villaviciosa (Asturias), sobre diversos estériles (menudos y finos), en convenio entre la Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias y HUNOSA. En la financiación del programa también participan OCICARBON y el INI.

De los resultados obtenidos cabe avanzar las consideraciones siguientes:

### a) Evaluación agronómica:

Los estériles negros de escombrera y los finos de lavadero son los que parecen mostrar las características agronómicas más favorables, con niveles adecuados de materia orgánica y en general de los cationes fundamentales. No obstante, presentan relaciones de equilibrio entre ellos extremadamente variables.

### b) Mejora de suelos arcillosos:

El comportamiento de los estériles de lavadero y de escombrera es diferente, debido a una alta concentración salina en los primeros, la cual afecta a los cultivos sensibles a la salinidad. En tomate se pueden obtener mejoras de producción (hasta el 18%) aplicando estéril de 50 a 75% del volumen de capa arable.

### c) Mejora de la fertilidad:

No se ha encontrado una respuesta significativa a la aportación de estériles a un suelo de baja fertilidad. El hecho de que el comportamiento haya sido similar a otros materiales convencionales (humus, abono mineral), hace pensar en la implicación de la poca capacidad de cambio del suelo.

### d) Sustratos de cultivo sin suelo y en contenedor:

Las pruebas preliminares pusieron de relieve que tanto la producción de tomate en cultivo sin suelo, como el engorde de ornamentales (*Thuja plicata*) en contenedor, presentan una alternativa importante para su utilización.

**Palabras clave:** Estériles de carbón, menudos, finos, escombrera, lavadero, suelos arcillosos, suelos pobres y sustratos.

## 1. INTRODUCCION

Los estériles del carbón están formados por las rocas y desechos procedentes del avance de las galerías, el arranque del carbón y de su preparación. La producción anual de estériles de carbón en España rondó, durante la década de los 80, alrededor de 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 para el relleno de minas y diversas actividades industriales, el gran volumen de producción anual y su acumulación en escombreras durante decenios plantean importantes problemas (costes de almacenamiento, medio ambiente, etc) en las regiones productoras de carbón. (13)

Los estériles se clasifican según su origen y tamaño en:

- Estériles de mina. Proceden del avance y mantenimiento de las galerías.
- Estériles de lavadero. Producidos en el proceso de preparación del carbón. (Gruesos, partículas con diámetro superior a 150 mm; Granos, de 10 a 150 mm; Menudos, de 1 a 10 mm y Finos, partículas con diámetro inferior a 1 mm).
- Estériles de escombrera. Materiales procedentes de lavadero o mina que llevan almacenados cierto tiempo. (Negros, materiales habituales; Rojos, que han sufrido combustión o calcinación en la escombrera.

La utilización de los residuos generados por la industria del carbón (estériles, cenizas, etc...), es una idea que nace y se desarrolla, en los años 70, en los países del Este de Europa, principalmente en Polonia y la extinta U.R.S.S.

De las investigaciones llevadas a cabo en estos países puede afirmarse que los estériles de carbón enriquecen la tierra en macro y microelementos, mejoran la estructura del suelo y favorecen la retención de humedad, lo que produce un efecto beneficioso sobre la nutrición de las plantas y sobre el propio suelo. Este efecto parece ser debido principalmente a los ácidos húmicos presentes en los residuos carbonosos de los estériles, sin despreciar la posible aportación que éstos podrían proporcionar en virtud de su naturaleza. (11, 12, 16).

Estos estudios, han conducido a la fabricación de abonos a partir de los estériles (que aparecen definidos como carboabonos o abonos bio-orgánicos), con cuya aplicación se han conseguido incrementos en las cosechas de hasta un 40% (pepino). (16, 17).

También se ha estudiado su incorporación al suelo, tanto en suelos naturales sin alterar (consiguiéndose buenos resultados en cultivos de cereales y patata en Checoslovaquia) como, sobre todo, en terrenos afectados por la minería del carbón a cielo abierto. Aunque la mayoría de las restauraciones de escombreras y minas de carbón a cielo abierto se abordan mediante la aportación de tierra vegetal, mediante la utilización de estériles de carbón en combinación con otras técnicas y materiales (abono en verde, polvo de lignito, cenizas,...), se ha conseguido recuperar la productividad de estos terrenos y se alcanzaron, en muchos casos, rendimientos superiores (hasta en un 88%) a los conseguidos en los suelos adyacentes sin alterar (21, 23).

En base a estas referencias, se analizaron en 1984 varios estériles españoles en el Instituto de Edafología (dependiente del CSIC), con el fin de evaluar las posibilidades de estos materiales en el campo de la agricultura.

El informe recibido de este organismo, tras realizar algunas pruebas con plantas de trigo y patata, reconoce la capacidad de los estériles para modificar las propiedades físicas del suelo, en

cuanto a textura, temperatura, retención de nutrientes y absorción de agua, así como la de favorecer el desarrollo de la actividad de los microorganismos.

Para concluir, se apunta en este informe, la posibilidad de utilizar los estériles como fertilizante, e incluso la de su empleo como sustituto del estiércol, especialmente en suelos de climas secos y fríos.

Como quiera que estos resultados abren expectativas interesantes para los estériles del carbón en el campo de la agricultura, en febrero de 1990, financiado por OCICARBON, INI, Consejería de Medio Rural Y Pesca del Principado de Asturias y HUNOSA, se pone en marcha el proyecto "Utilización de los estériles del carbón en la agricultura", con las siguientes líneas de actuación:

- Evaluación de las características físicas y químicas de los estériles desde el punto de vista agronómico.
- Estudio de la mejora de suelos arcillosos mediante la incorporación de estériles.
- Estudio de la mejora de la fertilidad de suelos pobres mediante la incorporación de estériles.
- Estudios preliminares sobre comportamiento de los estériles como sustratos.

## **2. MATERIAL Y METODOS**

### **2.1 ANALISIS DE LOS ESTERILES DEL CARBON DESDE EL PUNTO DE VISTA AGRICOLA**

Previo reconocimiento visual de los estériles producidos y almacenados en las zonas mineras de Asturias, León, Palencia, Ciudad Real y Córdoba se analizaron 17 de estos materiales, de cara a seleccionar los que finalmente entrarían en los ensayos.

Las determinaciones de tipo general se realizaron según los Métodos Oficiales de Análisis de Suelos del M.A.P.A.. Los oligoelementos y metales pesados se determinaron mediante la técnica de absorción atómica.

En las tablas 1, 2, 3 y 4, se muestran los resultados obtenidos y los laboratorios donde se realizaron los análisis. La evaluación de los datos se hizo siguiendo los criterios de YAÑEZ (1989), y las indicaciones formuladas por MANCHO y SOLCHAGA (1977).

### **2.2 ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTE DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS ARCILLOSOS.**

En esta línea de investigación se trata de evaluar la aptitud de los estériles de carbón como mejorante de algunas propiedades físicas de los suelos arcillosos, tales como la permeabilidad, aireación, temperatura y otras que pueden actuar negativamente sobre el rendimiento de los cultivos.

Actualmente dichas mejoras se afrontan mediante la aplicación parcial o global de operaciones como drenajes, aportación de arena o sílice y estercoladuras. Si bien los más frecuentes son los referentes a la aportación de estiércol la realidad es que, en general, resultan costosas y gravan en demasía la futura rentabilidad de los cultivos. La posibilidad de utilizar los estériles de carbón, solos o

combinados con estiércol, representa una expectativa interesante y económica para mejorar estos suelos.

Por otra parte, el interés se extiende 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.

A tal efecto se vienen desarrollando desde 1990 varios experimentos en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (Villaviciosa) y en finca colaboradora (Argüelles). A continuación se presenta un avance de los resultados obtenidos.

### **Experimento 1**

En 1990 se partió de un suelo arcilloso (17% de arcilla), utilizando como materiales mejorantes menudos mezclados con finos procedentes del lavadero de La Camocha (Gijón) 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, 1/3 (estéril + estiércol de vacuno) con 2/3 de suelo y 100% de estéril. Al control se le añadió estiércol vacuno a razón de 80 t/ha como material mejorante, asimismo, al objeto de evitar factores limitativos, se aplicó un abonado N-P-K en la misma cuantía a todos los tratamientos.

La alternativa de cultivo estudiada fue de patata-tomate, aplicando las operaciones y técnicas de manejo habituales en cultivos intensivos, (8, 9, 25).

La parcela estuvo formada por bandejas (contenedores) de 1.5 m x 1 m x 0.21 m, alojando 12 plantas de patata o de tomate, según cultivos, a un marco de 0.60 m entre filas y 0.25 m entre tubérculos o plantas. Para la distribución de las parcelas (bajo cubierta de polietileno) se adoptó un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones. La patata se sembró el 16-3-90 y se recogió el 22-6-90 y el tomate se trasplantó el 26-6-90 y la recolección terminó el 26-11-90.

### **Experimento 2**

Como consecuencia del comportamiento de los estériles en la alternativa de cultivo desarrollada en 1990, se consideró oportuno variar el dispositivo experimental, a partir de 1991, de la forma siguiente:

#### **a) Ensayos en contenedores:**

En las condiciones descritas en el experimento 1, con las variables:

- Menudos mezclados con finos procedentes del lavadero de La Camocha
- Aplicaciones, en volumen, de 5, 10, 25, 50, 75 y 100 % de estéril. Los controles incluidos son suelo y suelo con estiércol de vacuno (50 t/ha). Las aplicaciones del 10 y del 100% de estéril se ensayaron paralelamente con esta misma aplicación de estiércol.
- Cultivo de tomate. Trasplante 22-5-91 y recogida hasta 24-10-91.

#### **b) Ensayos en finca colaboradora:**

Finca seleccionada por su elevado contenido en arcilla y por tanto unas aptitudes desfavorables para los cultivos hortícolas.

Los materiales incluidos en este estudio fueron:

- Todo-uno (mezcla de diferentes tamaños de partículas) de las escombreras de Morgao (Mieres) y Lláscaras (Langreo).
- Las dosis de aplicación, en volumen, fueron del 1, 2.5, 5, 10, 25, 50 y 75 % (1% equivale a 5 kg/m<sup>2</sup>). El dispositivo se completó con los tratamientos referidos al suelo (control), suelo con estiércol (50 t/ha), y dosis de estériles del 5, 25, 75 % con 50 t/ha de estiércol.
- La alternativa de cultivo a estudiar será la de patata-repollo, utilizando, en ambos casos las variedades y técnicas de cultivo más convenientes (7, 8). La patata se sembró el 24-4-91 y se recogió 12-8-91. (7, 8, 25).
- La parcela elemental tiene una superficie de 21 m<sup>2</sup> (7 m x 3 m), sobre los que se incorporaron los materiales correspondientes. Posteriormente, los cultivos ocuparon 7 m x 2.8 m en patata y 7 m x 2.1 m en repollo, dejando el terreno restante destinado a pasillos. Para la distribución de las parcelas se adoptó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

### **2.3 ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTE DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.**

Los resultados de los análisis de los estériles de carbón, recogidos en el apartado 2, dieron lugar a considerar ciertas posibilidades para su utilización como mejorantes de suelos pobres.

El suelo sobre el que se efectuó el experimento responde a las características siguientes: C.I.C., 2 meq./100 g.; arena, 93% (textura arenosa); materia orgánica, 0.3%; fósforo asimilable, 8 ppm; potasio asimilable, 31 ppm; calcio, 478 ppm; magnesio, 34 ppm.

Los estériles de carbón seleccionados fueron: menudos de la escombrera de Reicastro (Mieres), finos del lavadero de Modesta (Langreo) y la mezcla de finos y menudos del lavadero de La Camocha. Las dosis aplicadas de cada material fueron 2, 4, 6 y 8% del peso del suelo, que se corresponden con 6, 12, 18 y 24 Kg de estéril por m<sup>2</sup>, respectivamente.

El dispositivo experimental se completó con el control (suelo) y tres tratamientos referentes a aportaciones de 4 % de estéril + 150 g/m<sup>2</sup> de sulfato de potasa, 4 % de estéril + 200 g/m<sup>2</sup> de humus de lombriz y 150 g/m<sup>2</sup> de sulfato de potasa + 200 g/m<sup>2</sup> de humus de lombriz.

Dado el escaso o nulo contenido de los estériles de carbón en nitrógeno y fósforo éstos nutrientes se suplementan anualmente en forma de abonos minerales comerciales a las parcelas, incluidas las que contienen estériles, para cubrir los niveles de extracción de las cosechas. En 1990 la alternativa fue patata-tomate. La patata se sembró el 16-3-90 y se recogió el 28-6-90, el tomate se trasplantó el 28-6-90 y se recogió hasta el 26-11-90. En años siguientes se cultivará patata-lechuga.

La parcela elemental está formada por bandejas (contenedores) de 1 m<sup>2</sup>, bajo cubierta de polietileno. Las parcelas se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

## 2.4 ESTUDIO PRELIMINAR DEL EMPLEO DE LOS ESTÉRILES DE CARBÓN COMO SUSTRATOS.

El desarrollo industrial de la horticultura, debido a diferentes causas (escasez de suelo favorable, infección y cansancio de suelo, mayores producciones y otros), ha despertado el interés de utilizar materiales alternativos llamados sustratos.

Como sustratos más usados se pueden citar: lana de roca, perlita, turbas, corteza de pino compostada y vermiculita entre los sintéticos u orgánicos y arena granítica ó silíceo y grava entre los minerales.

La técnica de cultivo en sustratos conlleva una nueva dimensión en la agricultura moderna que se desarrolla en cultivos hortícolas "sin suelo" y a través de propagación y engorde de plantas ornamentales en contenedores.

La inclusión de los estériles de carbón en la relación de sustratos minerales abre una expectativa para su utilización. Por ello y para evaluar el interés de desarrollar un proyecto de investigación en este campo, se realizaron trabajos preliminares cuyos resultados se exponen a continuación.

### a) Experimento 1. Sustrato en cultivos sin suelo.

Los materiales incluidos en este estudio preliminar fueron: menudos del lavadero de Modesta, todo-uno de la escombrera de Morgao, finos del lavadero de M.S.P. (Ponferrada), todo-uno (molido) de la escombrera quemada de Figaredo y perlita (control). El número de tratamientos que componían el dispositivo experimental era de nueve ya que los estériles se utilizaron solos y complementados con un 5 %, en volumen, de corteza de pino.

El experimento se realizó con técnica de cultivo hidropónico, suministrando a la planta una solución nutritiva ajustada a las necesidades estimadas, mediante una instalación de fertirrigación. El trasplante se efectuó el 22 de mayo y la recolección entre el 26 de julio y el 30 de octubre.

La parcela elemental (de 3.6 m<sup>2</sup>) estuvo formada por seis bolsas de polietileno, rellenas del material correspondiente a cada tratamiento, alojando un total de 12 plantas (2 por bolsa), de la variedad de tomate Royesta bajo cubierta de plástico. La distribución de las parcelas se efectuó según un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones.

### b) Experimento 2. Sustrato para el engorde de ornamentales en contenedor.

Los materiales incluidos en este trabajo preliminar fueron todo-uno de la escombrera de Morgao y finos de lavadero de M.S.P. (Ponferrada). Como sustratos convencionales se utilizaron turba, corteza de pino y perlita.

Los tratamientos estudiados en el dispositivo experimental resultaron de mezclas de los estériles en porcentajes del 25, 50 y 75 % con una mezcla (control) de turba (30%) y corteza de pino compostada (70%). Otros tratamientos incluidos fueron los siguientes: estériles al 100%, turba + corteza de pino (control), perlita + turba (en proporción 1 a 4), turba + tierra vegetal + arena ( a partes iguales) y los resultantes de utilizar arena en lugar de estériles. Estos tratamientos básicos se consideraron en 4 series: sin abono (serie A), suplementados con humus de lombriz (serie B), con abono mineral de liberación lenta (serie C), con humus y abono mineral de liberación lenta (serie D).

La parcela elemental está formada por 5 macetas-contenedores del nº 20 (5 litros de capacidad) conteniendo los sustratos correspondientes, sobre los que se ha trasplantado (diciembre de 1990) la conífera Thuja plicata variedad lobi, procedente de plantel de un año de enraizamiento. Las macetas se instalaron en un recinto (umbráculo) bajo un diseño experimental de bloques al azar con 5 repeticiones.

### 3. RESULTADOS

La evaluación de los datos recogidos fue realizada mediante un análisis estadístico básico, quedando pendiente un análisis estadístico avanzado que se abordará cuando se recoja un mayor número de datos en los nuevos cultivos que se han puesto en marcha.

#### 3.1 ANALISIS DE LOS ESTERILES DEL CARBON DESDE EL PUNTO DE VISTA AGRICOLA

##### 3.1.1. Propiedades físicas

En lo que respecta a la granulometría, destaca la abundante presencia de gravas en todas las muestras, con valores siempre superiores al 49% y más frecuentemente comprendidos del 70 al 80% en peso.

La textura de la tierra fina es en todas los casos de arenosa a franco-arenosa, con porcentajes de arena siempre superiores al 70%. Se trata, pues, de materiales con una elevada conductividad hidráulica y una baja capacidad de retención de agua (estimada a partir del punto de saturación).

##### 3.1.2. Características químicas generales

Los valores de pH están en torno a la neutralidad (6.3-7.1) en todos los casos salvo los estériles rojos de Barruelo, que son muy ácidos (4.74). Los pHs de oxidación, también resultan buenos en general para los materiales de Asturias y Ciudad Real.

**TABLA 1.- Análisis de las características físicas de los estériles del carbón.**

CARACTERIZACION FISICA (\*)

MUESTRA	DISTRIBUCION TAMAÑO PARTICULAS (%) USDA				Clase Textural	PUNTO DE SATURACION %
	Arcilla <0,002 mm	Limo 0,002 - 0,05 mm	Arena 0,05 - 2 mm	Gravas (**) > 2 mm		
La Camocha (L)	2,7	1,3	96	79,8	Arenoso	27,64
Menudos Modesta(L)	9,2	17,5	73,2	80,1	Fr - Ar	27,97
Finos Modesta (L)	6	12,5	81,5	67,5	Ar - Fr	27,92
Lláscaras (E)	6,7	9,8	83,5	72,2	Ar - Fr	-
Morgao (E)	7,1	14,8	78,1	79,7	Ar - Fr	25,85
Reicastro (E)	2,4	5,8	91,8	-	Arenoso	27,63
Figaredo (E)	5,4	17	77,6	94	Ar - Fr	41,12
Menudos M.S.P. (H) (L)	0,6	6,4	93	78,4	Arenoso	-
Finos M.S.P. (H) (L)	3,8	15,4	80,8	49,1	Ar - Fr	34,95
Todo-uno Toralín (L)	2,1	4,4	93,5	-	Arenoso	32,06
Finos Toralín (E)	1,7	2,6	95,7	-	Arenoso	31,64
Menudos M.S.P.(A) (L)	0	2,1	97,9	72,1	Arenoso	41,88
Menudos Fabero (E)	0	1,1	98,9	-	Arenoso	-
Finos Fabero (E)	0	6,6	93,4	-	Arenoso	33
Rojo Fabero (E)	1,8	12,3	85,9	-	Arenoso	52,83
Barruelo (L)	8,7	19,9	71,4	61,7	Fr - Ar	47,83
Puertollano (E)	7	16	77	83,3	Fr - Ar	59,31

(\*) Datos obtenidos en el laboratorio de Antonio Casas (El Ejido - Almería)

(\*\*) Datos de Puentes de García Rodríguez.

E, escombrera. L, lavadero.

H, hulla. A, antracita.

Ar, Arenoso. Fr, Franco.

Los estériles de León y Palencia presentan, sin embargo, valores ácidos (2.76-5.8), destacando la fuerte acidez potencial de los menudos de antracita de la M.S.P. (pH ox.= 2.76) debido probablemente a un alto contenido de pirita.

La conductividad eléctrica (C.E.) es para todos los estériles de muy baja a moderada (1.3-5.1 mS/cm), correspondiendo los valores más altos (en torno a 3 mS/cm) a los materiales de León y a los estériles quemados, que podrían producir daños en cultivos sensibles.

Los materiales estudiados presentan contenidos muy variables de materia orgánica (M.O.). Están, por un lado, los estériles rojos, en los que la M.O. ha sido calcinada, y lógicamente, su contenido es nulo. El resto de los estériles presenta, en general, niveles adecuados de M.O., siendo los más pobres los estériles de menudos (0.65-2.12%), seguidos de los estériles de finos (2.5-3.9%); y los más ricos, los estériles de escombreras (2.65-5.46%). Resultan excepcionalmente altos los contenidos de los menudos del lavadero de Modesta (5.9%) y de los finos de hulla de la M.S.P. (9.19%). En cuanto al contenido en nitrógeno total (N), es en general alto en todos los estériles negros. Los estériles rojos (cuyo contenido en M.O. es nulo) tienen por el contrario niveles bajos de N. Los contenidos de fósforo (P) son prácticamente despreciables en la totalidad de los estériles ( $\leq 0.2$  ppm), y bajos en los estériles quemados (5.3-17.4 ppm).

### Complejo de cambio

Los estériles negros presentan, en general, una débil capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), que es especialmente baja en el caso de los menudos (2.6-3.0 meq/100g). Los estériles quemados, por el contrario, presentan valores muy altos de C.I.C. (15.7-38.8 meq/100g).

**TABLA 2.- Análisis de las características químicas de los estériles del carbón.**

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS GENERALES					
	C.E. (*)	Ph (**)	Oxidación	M.O. (*)	N Total (**)	P (**)
	Ms/cm	Agua 1:2.5		%	%	ppm
La Camocha (L)	1.32	6.38	6.68	1.24	0.23	<0.2
Menudos Modesta(L)	1.53	6.8	6.15	5.9	0.21	<0.2
Finos Modesta (L)	1.55	7.02	6.72	3.66	0.34	<0.2
Lláscaras (E)	-	6.61	6.58	2.65	0.33	<0.2
Morgao (E)	2.26	6.72	6.03	5.46	0.33	<0.2
Reicastro (E)	1.85	-	-	4.29	-	-
Figaredo (E)	5.16	7.06	-	0	0.06	17.4
Menudos M.S.P. (H) (L)	-	7.09	5.82	1.38	0.95	<0.2
Finos M.S.P. (H) (L)	3.54	6.66	5.7	9.19	0.55	<0.2
Todo-uno Toralín (E)	3.43	-	-	4.86	-	-
Finos Toralín (E)	2.21	-	-	2.52	-	-
Menudos M.S.P.(A) (L)	1.43	6.3	2.76	2.12	0.68	0.58
Menudos Fabero (E)	-	-	-	0.65	-	-
Finos Fabero (E)	2.92	-	-	3.97	-	-
Rojo Fabero (E)	2.2	-	-	0	-	-
Barruelo (L)	2.74	4.74	4.72	0	0.08	5.74
Puertollano (E)	3.65	6.3	6.5	0	0.13	5.32

(\*) Datos obtenidos del laboratorio de Antonio Casas (El Ejido - Almería)  
E, escombrera; L, lavadero; H, hulla; A, antracita.

(\*\*) Datos de Puentes de García Rodríguez

El calcio, es el catión más importante en todas las muestras, que presentan niveles normales de este elemento en la mayoría de los casos. Los estériles quemados son los que mayor contenido en calcio presentan, con un porcentaje de saturación por este elemento superior al 70%.

El magnesio, es el segundo catión en importancia de todos los estériles, salvo en los producidos en los lavaderos asturianos (Modesta y La Camocha). Los niveles de este elemento son, en general, de altos a muy altos, si bien el porcentaje de saturación por Mg resulta muy bajo en los estériles rojos.

En los estériles de los lavaderos asturianos, es el sodio el segundo catión en importancia. Los niveles de este elemento son muy altos en estos materiales. En el resto de los estériles, los contenidos de sodio son, generalmente, bajos o normales, si bien el porcentaje de saturación por sodio resulta excesivo en la mayor parte de los estériles de lavadero.

En lo que respecta al potasio, todos los materiales analizados presentan contenidos que van de normales a muy altos, a excepción de los menudos de antracita, que contienen muy poco potasio.

**TABLA 3.- Complejo de cambio de los estériles del carbón.**

MUESTRA	COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g) (*)				
	Ca	Mg	Na	K	C.I.C.
La Camocha (L)	4	1.22	4.17	1.03	10.42
Menudos Modesta (L)	5.85	1.66	2.14	0.71	10.36
Finos Modesta (L)	4.2	1.32	2.78	0.62	8.92
Lláscaras (E)	5.22	4.38	0.17	0.62	8.2
Morgao (E)	3.01	1.5	0.18	0.27	4.96
Reicastro (E)	5.3	1.72	0.08	0.45	7.55
Figaredo (E)	23.19	1.08	0.65	0.45	23.57
Menudos M.S.P. (H) (L)	2.56	1.59	0.33	0.34	3.02
Finos M.S.P. (H) (L)	5.32	1.85	0.2	0.44	7.81
Todo-uno Toralín (E)	5.59	2.15	0.22	0.31	8.27
Finos Toralín (E)	7.49	0.65	0.18	0.45	8.77
Menudos M.S.P.(A) (L)	1.64	1.05	0.02	0.16	2.87
Menudos Fabero (E)	1.74	1.26	0.83	0.08	2.6
Finos Fabero (E)	2.16	1.43	0.33	0.34	4.26
Rojo Fabero (E)	38.14	0.18	0.43	0.04	38.79
Barruelo (L)	13.38	1.09	0.1	1.13	15.7
Puertollano (E)	19.48	2.97	0.17	1.02	23.64

(\*) Datos obtenidos del laboratorio de Antonio Casas (El Ejido - Almería)

E, escombrera.

L, lavadero.

H, hulla.

A, antracita.

### 3.1.4. Oligoelementos y metales pesados.

Todos los estériles analizados presentan contenidos de oligoelementos (exceptuando el boro) que se encuentran dentro del rango considerado normal por LINDSAY para los suelos cultivados. Únicamente los finos de hulla de la M.S.P. presentan contenidos totales de cobalto y arsénico ligeramente por encima de este rango.

En cuanto al boro, todos los materiales presentan niveles muy superiores (176-476 ppm) al límite máximo de 100 ppm. que LINDSAY considera normal para los suelos. Estos contenidos podrían dar lugar a problemas de toxicidad para las plantas en el caso de que la fracción soluble alcanzase niveles del orden de 5 ppm.

Por otro lado, todos los materiales presentan contenidos de metales pesados inferiores (salvo el caso del arsénico) a los niveles máximos permitidos en lodos para uso agrícola por la directiva de la C.E.E. de marzo de 1986. En el caso del arsénico, sólo los finos de la M.S.P. y los menudos del lavadero de Modesta rebasan estos límites. Los límites marcados por la C.E.E. se refieren a la utilización de lodos cuyo proceso de mineralización (con la consiguiente liberación de los metales pesados) resulta más rápido que el de los estériles.

En vista de estos resultados, se considera absolutamente necesario controlar los contenidos de estos elementos en los productos finales cosechados.

**TABLA 4.- Análisis de oligoelementos y metales pesados en los estériles del carbón.**

OLIGOELEMENTOS Y METALES PESADOS (\*)

MUESTRA	Cu (1)	Co (1)	Mn %	Mo (1)	Zn (1)	B (1)	Fe %	Al %	Hg (1)	Pb (1)	Cd (1)	As (1)	V (1)	Ti %
La Camocha (L)	24	20	0.02	<5	86	346	3.1	12.9	<0.1	85	<1	<5	220	0.6
Menudos Modesta (L)	31	38	0.05	<5	96	476	4.1	11.6	0.2	39	<1	19	195	0.5
Lláscaras (E)	32	44	0.04	<5	91	176	3.8	11.8	0.1	40	<1	<5	205	0.5
Morgao (E)	31	20	0.03	<5	90	337	3.4	11.1	0.1	40	<1	<5	180	0.5
Figaredo (E)	28	44	0.09	<5	95	181	4.9	9.43	<0.1	35	<1	<5	145	0.5
Finos M.S.P. (H) (L)	75	64	0.04	<5	160	377	3.1	8.65	0.2	65	<1	57	95	0.4

(\*) Datos de ENADIMSA

1, expresado en p.p.m.

E, escombrera; L, lavadero; H, hulla.

## 3.2. ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTE DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS ARCILLOSOS.

### Experimento 1

Los resultados reseñados en el Cuadro 1 pueden interpretarse en el sentido de que las producciones de patata logradas con todas las dosis de estériles ensayadas son inferiores a las del control (5.53 kg/m<sup>2</sup>) que incluía la incorporación de estiércol a razón de 80 t/ha. No obstante, los resultados conseguidos con los estériles de la escombrera de Reicastro (de 4.25 a 4.45 kg/m<sup>2</sup>), y con las aportaciones más bajas de estériles de La Camocha (33% de volumen de una capa de 21 cm.), se

aproximaron al efecto logrado por el control, si bien la falta de un control sin estiércol no permite avalar esta afirmación.

Se pueden apreciar mejoras en la producción de patata sobre este material cuando se aplicaron los estériles mezclados con estiércol (Cuadro 1).

**CUADRO 1.- Producción de patata (1) en un suelo arcilloso con aplicación de estériles de carbón (Asturias).**

TRATAMIENTOS (2)	PRODUCCION (kg/m <sup>2</sup> )
suelo + 1/3 (estéril + estiércol) E.R.	6.50
suelo + 1/3 (estéril + estiércol) L.C.	5.85
control (3)	5.53
suelo + 1/3 estéril L.C.	4.67
suelo + 2/3 estéril L.C.	4.62
suelo + 1/3 estéril E.R.	4.45
suelo + 2/3 estéril E.R.	4.44
100 % estéril E.R.	4.25
100 % estéril L.C.	2.47

1, Variedad Jaerla. En contenedor bajo cubierta de polietileno.

2, Incorporados al suelo en volumen de una capa global de 21 cm.

E.R., Menudos de la escombrera de Reicastro; L.C., menudos mezclados con finos del lavadero de La Camocha. (Estéril + estiércol), en la proporción, volumen, de 2/3 de estéril y 1/3 de estiércol de vacuno.

3, Control = Suelo + estiércol de vacuno (80 t/ha).

Parece notorio que el incremento del nivel de aplicación de los estériles no se corresponde con la mejora de la producción, sino al contrario, alcanzando efectos limitativos cuando se efectúa el cultivo sobre el material del lavadero de La Camocha (al 100% de estéril). Esta merma en la producción de patata se correspondió con un efecto fitotóxico visiblemente manifestado en hojas y tallos de las plantas, debido a un exceso de concentración salina del estéril de lavadero.

**CUADRO 2.- Producción de tomate (1) en un suelo arcilloso con aplicación de estériles de carbón (Asturias).**

TRATAMIENTOS (2)	PRODUCCION (kg/m <sup>2</sup> )
suelo + 1/3 (estéril + estiércol) L.C.	5.62
100% estéril L.C.	5.38
suelo + 2/3 estéril L.C.	5.12
suelo + 2/3 estéril E.R.	4.65
Control (3)	4.63
suelo + 1/3 estéril E.R.	4.61
100% estéril E.R.	4.26
suelo + 1/3 estéril L.C.	4.03
suelo + 1/3 (estéril + estiércol) E.R.	3.98

1.- Variedad Pakela. En contenedor bajo cubierta de polietileno.

2.- Incorporados al suelo en volumen de una capa global de 21 cm.

E.R., Menudos de la escombrera de Reicastro; L.C., menudos mezclados con finos del lavadero de La Camocha. (Estéril + estiércol), en la proporción, volumen, de 2/3 de estéril y 1/3 de estiércol de vacuno.

3, Control = Suelo + estiércol de vacuno (80 t/ha).

En cuanto al comportamiento de los materiales en el cultivo del tomate, la producción comercial no presenta diferencias de éstos frente al suelo control, observándose una producción media algo más alta para los tratamientos que incluían material de La Camocha. Las dosis aportadas tampoco presentaron una diferencia de producción respecto al control, sin embargo, los tratamientos con dosis del 66% del volumen o superiores presentaron producciones medias más altas que el control, alcanzando rendimientos satisfactorios en cultivo directo sobre el material de La Camocha (5.4 kg/m<sup>2</sup>).

## Experimento 2

### a) Ensayos en contenedores

Como puede apreciarse en el cuadro 3, la incorporación de los estériles de carbón procedentes de lavadero mejora ostensiblemente la producción de tomate en suelos arcillosos. Esta mejora parece optimizarse para las condiciones de suelo y estéril de este ensayo, aportando cantidades elevadas de estériles que suponen el 50% de una capa de 21 cm de profundidad (cerca de 250 t/1000 m<sup>2</sup>). En cualquier caso, no se obtuvo respuesta con aplicaciones iguales o inferiores a 50 kg/m<sup>2</sup> de estéril (10% de estéril).

Conviene destacar, igualmente, que parece producirse un efecto interactivo favorable entre el estéril y el estiércol aportados.

La respuesta obtenida en el suelo con la aportación de estiércol fue negativa, ya que redujo la producción de tomate en un 25 %. Los resultados de este experimento también ponen de relieve las posibilidades de producción de tomate en cultivo directo sobre estéril (5.4 kg/m<sup>2</sup>), mejorando incluso el rendimiento obtenido en el suelo cuando se la complementa con estiércol (4.4 kg/m<sup>2</sup>).

Finalmente, es factible considerar las combinaciones de niveles elevados de estéril (75%) con suelo (tierra vegetal) tanto con estiércol como sin él, ya que pueden representar una perspectiva importante para la reconversión de escombreras o terrenos baldíos en tierras de cultivo.

**Cuadro 3.- Producción de tomate (1) en un suelo arcilloso con aplicación de estéril de carbón procedente del lavadero de La Camocha (Asturias).**

TRATAMIENTO (2)	PRODUCCION kg/m <sup>2</sup>
suelo + 50% estéril (3) + estiércol (4)	7.4
suelo + 75% estéril + estiércol	7.1
suelo + 50 % estéril	6.9
suelo + 25 % estéril + estiércol	6.9
suelo + 25 % estéril	6.4
suelo + 75 % estéril	6.2
100% estéril + estiércol	6.2
suelo + 10 % estéril	5.8
suelo	5.8
suelo + 10 % estéril + estiércol	5.4
100 % estéril	5.4
suelo + 5 % estéril	5.1
suelo + estiércol	4.4

1, Variedad Royesta. En contenedor bajo cubierta de polietileno.

2, Incorporados al suelo en volumen de una capa global de 21 cm de profundidad ( 1% equivale a 5 kg/m<sup>2</sup>).

3, Menudos mezclados con finos del lavadero de La Camocha.

4, Estiércol de vacuno (50 t/ha).

## b) Ensayos "in situ" en finca

De los resultados obtenidos en el primer cultivo después de aportar los materiales en estudio (Cuadro 4), no parece aconsejable plantear su discusión ya que se observa una distribución poco lógica entre los tratamientos referidos a dosis de materiales próximas.

Ello probablemente obedezca, por una parte, al poco tiempo transcurrido entre la distribución de los materiales y la plantación de la patata y, por otra, a las propias dificultades que conlleva la aportación de grandes cantidades de estiércol en un terreno con parcelas colindantes y con diferentes cantidades de material, lo que dificulta una distribución satisfactoria de partida.

En definitiva, se considera que después de 2 ó 3 cultivos (actualmente se desarrolla el segundo con repollo), se logrará una mejor incorporación de los estiércoles, esperando poder evaluar el posible efecto de los tratamientos.

**Cuadro 4.- Producción de patata (1) obtenida en finca con suelo arcilloso al primer año de aplicación de estiércoles de carbón procedentes de escombrera (Asturias).**

TRATAMIENTOS (2)	PRODUCCIÓN t/ha
25 % Escombrera de Morgao + estiércol (3)	24.2
5 % Escombrera de Lláscaras	21.2
25 % Escombrera de Lláscaras + estiércol	21
25 % Escombrera de Lláscaras	20
2.5% Escombrera de Morgao	20
5 % Escombrera de Lláscaras + estiércol	20
1 % Escombrera de Morgao	19.4
75 % Escombrera de Lláscaras + estiércol	19.1
5 % Escombrera de Morgao	18.9
SUELO	18.7
2.5 % Escombrera de Lláscaras	18.4
25 % Escombrera de Morgao	18.1
50 % Escombrera de Lláscaras	18
10 % Escombrera de Morgao	17.6
1 % Escombrera de Lláscaras	17
75 % Escombrera de Lláscaras	17
50 % Escombrera de Morgao	17
10 % Escombrera de Lláscaras	15.4
SUELO + estiércol	15.3
5 % Escombrera de Morgao + estiércol	15
75 % Escombrera de Morgao	13.7
75 % Escombrera de Morgao + estiércol	13

1, Variedad Jaerla.

2, Materiales y dosis aplicados al suelo (control). Incorporados al suelo en volumen de una capa global de 21 cm de profundidad ( 1% equivale a 5 kg/m<sup>2</sup>).

3, Estiércol de vacuno (50 t/ha).

### 3.3 ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTE DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.

El cuadro 5 recoge los resultados obtenidos en patata en 1990 y 1991. Como se puede apreciar, no hay respuestas apreciables para ninguno de los tratamientos estudiados.

Los datos referentes a la producción de tomate (cuadro 6) del segundo cultivo desarrollado en el primer año del experimento reflejan la misma tónica que la comentada anteriormente. No obstante, cabe reseñar lgeras ventajas a favor de los estériles con respecto al control (suelo), incluso, en algunos casos, frente a las parcelas donde se aplicó K<sub>2</sub>O y humus (8.8 Kg/m<sup>2</sup>) que junto al fósforo y nitrógeno aportados a todos los tratamientos, representa un abonado orgánico-mineral aceptable.

**Cuadro 5 .- Producción de patata (1) en suelo de baja fertilidad con aplicación de estériles de carbón (Asturias)**

DOSIS (2)	PRODUCCION (kg/m <sup>2</sup> )							
	SUELO(3)		REICASTRO		LA CAMOCHA		MODESTA	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
CONTROL	5.5	3.3						
6 Kg/m <sup>2</sup> ESTERIL			5.4	3.3	5.8	3.2	5.9	3.4
12 " "			5.6	3	5	3.4	5.6	2.8
18 " "			5.7	3.1	5.5	3.4	5.3	3
24 " "			5.2	3	5.4	3.2	5.4	3.3
CONTROL + K <sub>2</sub> O + HUMUS(4)	5.8	3.6						
12 Kg ESTERIL + HUMUS			5.9	3.2	5.7	3.2	5.2	3.4
12 Kg ESTERIL + K <sub>2</sub> O(5)			5.9	3.5	5.7	3.1	6	4

1, Variedad Jaerla

2, Kg/m<sup>2</sup> (correspondientes a porcentajes de 2,4,6,8 % del peso del suelo).

3, Suelo arenoso.

4, 200 gr/m<sup>2</sup>

5, 75 gr de K<sub>2</sub>O /m<sup>2</sup> y año (sulfato de potasa)

**Cuadro 6.- Producción de tomate (1) en suelo de baja fertilidad con aplicación de estériles de carbón (Asturias).**

DOSIS (2)	PRODUCCION (kg/m <sup>2</sup> )			
	SUELO(3)	REICASTRO	LA CAMOCHA	MODESTA
CONTROL	8			
6 Kg/m <sup>2</sup> ESTERIL		8.9	9	8.5
12 " "		9	8.4	8.4
18 " "		8.6	9.2	8.6
24 " "		9.3	9.1	8.4
CONTROL + K <sub>2</sub> O + HUMUS(4)	8.8			
12 Kg ESTERIL + HUMUS		9	9	9
12 Kg ESTERIL + K <sub>2</sub> O(5)		9	9.9	9.4

1, Variedad Pakela

2, Kg/m<sup>2</sup> (correspondientes a porcentajes de 2,4,6,8 % del peso del suelo).

3, Suelo arenoso.

4, 200 gr/m<sup>2</sup>

5, 75 gr de K<sub>2</sub>O /m<sup>2</sup>\*año (sulfato de potasa)

Si bien el primer año de cultivo podría pensarse en una lenta liberación de los nutrientes, parece evidente que en la segunda campaña deberían estar disponibles para las plantas. No obstante, hay que reseñar que la respuesta de tratamiento 12 kg de estéril (Reicastro y Modesta) + 75 g de K<sub>2</sub>O por m<sup>2</sup>, alcanzó cierta ventaja sobre el resto de los tratamientos.

### 3.4 ESTUDIO PRELIMINAR DEL EMPLEO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO SUSTRATOS.

#### a) Experimento 1. Sustrato en cultivos sin suelo.

Los resultados obtenidos bajo la técnica de hidroponía o cultivo "sin suelo", empleando los estériles de carbón como sustratos (cuadro 7), muestran que las producciones de tomate obtenidas sobre los estériles se aproximan a las del control (perlita) que superó los 12 kg/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 7. Resultados preliminares de producción de tomate (1) en cultivo sobre sustrato de estéril de carbón en Asturias.**

TRATAMIENTOS (2)	PRODUCCION (kg/m <sup>2</sup> )
Perlita (control)	12.4
Escombrera de Morgao(3) + 5% C.P.	12.2
Lavadero de Modesta (4)	12.2
Lavadero de Modesta (4) + 5% C.P.	12.1
Escombrera de Figaredo (5) + 5% C.P.	11.9
Escombrera de Figaredo (5)	11.7
Escombrera de Morgao (3)	11.7
Lavadero de M.S.P. (6)	11.6
Lavadero de M.S.P. (6) + 5% C.P.	11.5

1, Variedad Royesta. En cultivo hidropónico (fertirrigación automatizada) bajo cubierta de polietileno.

2, Sustratos colocados en bolsas de polietileno y sobre un terreno totalmente acolchado.

3, Todo-uno con granulometría < 15 mm.

4, Menudos con granulometría entre 1-10 mm.

5, Todo-uno molido (escombrera quemada) con granulometría < 10 mm.

6, Finos con granulometría < 1 mm.

Control, Europerl tipo A-11, (granulometría 1-3 mm).

C.P. = Corteza de pino

También cabe indicar que resultó satisfactoria la calidad de los frutos (calibre, color y firmeza). No obstante, la aplicación de soluciones nutritivas convencionales planteó incidencias negativas en el desarrollo y rendimiento del cultivo.

#### b) Experimento 2. Sustrato para el engorde de ornamentales en contenedor.

Pendiente de efectuar el primer control de engorde (diámetro del tronco al nivel superior de la maceta y altura de la planta), al año del trasplante, se puede indicar que el arraigo y desarrollo de las plantas fue plenamente satisfactorio.

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1. ANALISIS DE LOS ESTÉRILES DEL CARBÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA AGRÍCOLA

Lo más destacable de los estériles de hulla y antracita analizados, desde el punto de vista agrícola, es la gran variabilidad existente entre todos los materiales, que refleja la heterogeneidad de los mismos y hace muy difícil su clasificación en grupos más o menos homogéneos, definidos según criterios de edad, granulometría, origen, etc.

En términos generales los estériles de carbón constituyen, desde el punto de vista agrícola, un material de una fertilidad potencial baja, debido principalmente a su elevado contenido en elementos gruesos, especialmente los quemados y los menudos de lavadero.

En lo que se refiere a la tierra fina, los resultados obtenidos corresponderían, del mismo modo, a suelos de baja fertilidad (sobre todo los menudos), como consecuencia del bajo contenido en arcilla (y por tanto del bajo valor de la C.I.C.) en los estériles negros, del nulo contenido en materia orgánica en los rojos, y del nulo contenido en fósforo y la baja capacidad de retención de agua en ambos.

Los estériles negros de escombrera y los finos de lavadero son los que, a priori, presentan las condiciones más favorables para el cultivo, con niveles adecuados de materia orgánica y, en general, de los cationes fundamentales; presentan, no obstante, relaciones de equilibrio entre ellos extremadamente variables. Tienen los inconvenientes, ya señalados, de su baja capacidad de retención de agua y su escaso contenido en fósforo.

Los estériles rojos son los que presentan desde el punto de vista físico las características más favorables, con porcentajes de arcilla que, aunque resulten proporcionalmente bajos, proporcionan altos valores de C.I.C., pese a no contener materia orgánica. Estos materiales se encuentran, por otro lado, muy desequilibrados en lo que se refiere a los cationes, debido a su elevadísimo contenido en calcio.

Otro caso particular que merece la pena señalar es el de los estériles de los lavaderos asturianos, cuyos elevados porcentajes de saturación por sodio pueden plantear problemas de fitotoxicidad en algunos cultivos.

Por otro lado, los estériles de antracita son singularmente menos fértiles que los procedentes de yacimientos de hulla, ya que contienen niveles inferiores de calcio, potasio y materia orgánica. Resulta sorprendente el nulo contenido de arcilla de los estériles de antracita, lo que se traduce en una C.I.C. más baja incluso que la de los estériles de menudos.

Puede concluirse que los estériles de carbón presentan serias dificultades para su utilización como suelos de cultivo, aunque en algunos de los materiales (algunas escombreras negras y finos de lavadero) podrían llegar a conseguirse cosechas aceptables utilizando las técnicas apropiadas. No obstante, estos materiales, en virtud de sus características, podrían tener alguna aplicación en agricultura como mejorantes de suelos que presenten condiciones desfavorables ( como suelos arcillosos o degradados), o en el campo de los sustratos.

## **4.2. ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS ARCILLOSOS.**

De los resultados obtenidos hasta el momento respecto a la utilización de los estériles de carbón como mejorante de suelos arcillosos, cabe considerar las siguientes observaciones:

- El comportamiento de los materiales procedentes de lavadero es diferente al que lleva varios años almacenado en escombreras. Los primeros, debido probablemente a una alta concentración salina (sales de sodio), pueden ocasionar fisiopatías en tallos y hojas de cultivos sensibles como la patata, lechuga y otros, cuando se aportan al suelo en cantidades elevadas.
- Para los cultivos sensibles a la concentración salina parece más recomendable la utilización de material de escombrera. En caso de utilizar materiales de lavadero no conviene sobrepasar dosis de aplicación equivalentes a una cantidad que represente 1/3 del volumen de la capa arable (distribución de una capa de 5-8 cm de estéril y posterior enterramiento de ésta).
- En cultivos de tomate es posible alcanzar mejoras importantes de la producción (hasta del 18%) con aplicaciones de estéril que representan del 50% al 75% del volumen de la capa arable (lo cual, obviamente, dependerá de la proporción de arcilla contenida en el suelo a mejorar). También es posible lograr resultados satisfactorios en cultivo directo sobre estéril de carbón procedente de lavadero, alcanzando al mismo tiempo mejoras en la calidad del fruto (color y dureza).
- En cualquier caso, pese a las perspectivas favorables, las recomendaciones para la utilización de estos materiales en horticultura deberán posponerse a la culminación de los trabajos en desarrollo, en cuyo proceso parece factible alcanzar una mayor resolución, tanto en lo que se refiere a su eficacia, como a la propia tecnología de su aplicación y posterior cultivo.

## **4.3 ESTUDIO DE LOS ESTERILES DE CARBON COMO MEJORANTE DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.**

De los resultados obtenidos después de efectuar tres cultivos (patata, tomate y patata), se pueden avanzar las consideraciones siguientes:

- La aportación de estériles de carbón, procedentes de lavaderos y escombreras, a dosis que oscilaron entre 6 y 24 kg/m<sup>2</sup> no dieron respuestas apreciables en el incremento de la producción de patata y de tomate, en un suelo de baja fertilidad.
- La respuesta tampoco fue apreciable para tratamientos que incluían aportaciones de humus de lombriz y abono mineral potásico a niveles teóricamente suficientes para lograr efectos positivos, lo que podría estar relacionado con la poca capacidad de cambio del suelo.
- La culminación de los trabajos pendientes de desarrollar (correspondientes al tercer año de cultivo), probablemente permita evaluar la capacidad de estos materiales como mejorantes de la fertilidad, pues no se descarta que la ligera ventaja actualmente existente en las producciones referidas a los estériles alcance diferencias significativas a más largo plazo.

#### 4.4 ESTUDIO PRELIMINAR DEL EMPLEO DE LOS ESTÉRILES DE CARBÓN COMO SUSTRATOS.

Los resultados obtenidos en esta línea de investigación avalan las consideraciones siguientes:

- Los resultados preliminares, muestran a los estériles como una alternativa importante a otros materiales usados actualmente como sustratos.
- Las perspectivas de incluir a los estériles de carbón entre los sustratos comerciales, exige por una parte, una mayor resolución en cuanto a sus posibilidades reales y por otra el desarrollo de la tecnología adecuada para su manejo (volumen, mezclas, solución nutritiva, duración) en estas nuevas modalidades de cultivo, que sin lugar a dudas podrán alcanzar una mayor rentabilidad en base al aprovechamiento de un recurso abundante y seguramente más económico que la mayor parte de los sustratos convencionales utilizados actualmente.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. BERESNIEWICZ, A.; NOWOSIELSKI, O.; TRZECKI, S.; CHOLNACKA, W. 1989. Influencia de abono con lignito y del encalamiento sobre las cosechas de repollo y de cebolla y sobre las propiedades de la gleba. Anuarios de Ciencias Hortícolas, A, T108 C.2.
2. BERG, W.A. 1973. Evaluation of P and K soil fertility on coal spoils. Ecology and reclamation of devastated land, 1: 93-103.
3. CHAUVIN, R. 1979. Les schistes houillers, source de matériaux pour la construction et la génie civil. Communautés Européens "Nouveaux procédés de valorización du charbon " 2 (105). Luxembourg 26-28 Septiembre.
4. DZHANPEISOV, R.V.; POPOVA, N.S.; AKKULOVA, L.A.; KRICHESKYI, T.M.; SOKOLOVA, A. Ye. MARCHENKO; RAMAZANOVA, A.R. 1984. Study of new polymeric soil conditioners based on the humic acids of coal. Pochvovedeniye, 9: 132-137.
5. ERDMANN, N.; KOMLING, R.; PETRY, R.; SCHIEDER, K. 1983. Recent development in the utilization of preparation refuse. Symposium on the Utilization of Waste from Coal Mining and Preparation. Vol. V, Tatábánya, Hungary, 17-22 October.
6. EVANS, E.J. 1987. Management of opencast restored land for cereal production. Reclamation, treatment and utilization of coal mining wastes. Ed. A.K.M. Rainbow Elsevier Sci. Publishers B. V. Amsterdam, 459 -469.
7. FUEYO, M.A. y 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.
8. FUEYO, M.A. y 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.
9. FUEYO, M.A. y ARRIETA ILLUMBE, A. (1989). Estudio sobre variedades y técnicas de cultivo de tomate en invernadero en Asturias. ITE 2/89. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

10. FUEYO, M.A. y COQUE, M. (1988). Comportamiento de variedades de lechuga *Lactuca sativa* var. capitata. El cultivo bajo invernadero en Asturias (Villaviciosa). ITE 9/88. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.
11. GOBIERNO DE CHECOSLOVAQUIA. Utilización de los estériles procedentes de las extracciones y lavado del carbón. Symposium on the Utilization of Waste from Coal Mining and Preparation. Tatábánya, Hungary, 17-22 October (1983).
12. GOBIERNO DE LA U.R.S.S. Aprovechamiento de los estériles de la industria hullera en la agricultura. Symposium on the Utilization of Waste from Coal Mining and Preparation. Tatábánya, Hungary, 17-22 October (1983).
13. GONZALEZ CAÑIBANO, J. y PEREZ LOPEZ, J. 1986. Producción, propiedades y utilización de los estériles de hulla en Asturias: parte I. Energía:111-118.(Agosto).
14. GORA, E. 1988. Influencia de las cenizas de las centrales térmicas de Kozenice sobre las condiciones de mejora y abono de los suelos pesados. Akademia rolniczo-techniczna w olsztynie, 3.
15. JONAS, F. 1973. Reclamation of areas damaged by mining activity in Czechoslovakia. Ecology and reclamation of devastated land, 2, 369-374.
16. KUZNETSOV, G.I. 1985. Utilización múltiple de los desechos de producción en la industria hullera. Ugol, Julio.
17. LEININGER, M. D. Utilisation des déchets de l'industrie charbonnière dans l'agriculture. Colloque sur l'utilisation des déchets provenant de l'exploitation et de la preparation des charbons. Tatábánya (Hongrie) 17-22 Octobre, 1983.
18. LOPEZ RITAS, J. y LOPEZ MELIDA, J. (1985). El diagnóstico de suelos y de plantas. Ed. Mundi-Prensa, Castelló, 37. Madrid
19. M.A.P.A. (1986). Métodos Oficiales de Análisis: Suelos y Aguas. Servicio de publicaciones del M.A.P.A.. Paseo Infanta Isabel, 1. Madrid.
20. MARTIN MANCHO Y SOLCHAGA, A.(1977). Normas para la interpretación de análisis químicos de suelos y recomendaciones de abonado. Tolosa.
21. OLAH, J. 1981. Land reclamation of strip mine spoil piles in eastern-europe and Hungary. Geological and Engineering Corporation. Gyöngyös-Visonta, Dezember.
22. PENNINGSFIELD, F. y KURZMANN, P. (1975). Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa. Castelló, 37. Madrid.
23. SZEGI, J.; OLAH, J.; FEKETE, G.; HALARZ, T.; VARALLYAY, G.; BARTHA, S. 1988. Recultivation of spoil banks created by open-cut, mining activities in Hungary. Ambio, 17(2).
24. YAÑEZ, J. (1989). Análisis de suelos y su interpretación. Horticultura, 49:75-89.

25. YORDANOV, Y.R. Recultivo de las superficies dañadas por la explotación subterránea y a cielo abierto de yacimientos de carbón en la República Popular de Bulgaria. Ministerio de Energética. Sofía.

26. ZABALETA, I., GARCIA, G., GONZALEZ, J., FUEYO, M.A. (1990). Estado actual de las investigaciones sobre aplicaciones agrícolas de los estériles de carbón. ITE 11/90. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.

