



CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONOMICOS MEDITERRANEOS

INSTITUTO AGRONOMICO MEDITERRANEO DE ZARAGOZA

**EFFECTO DE LA APLICACION DE LODOS RESIDUALES
SOBRE PARAMETROS QUIMICOS, FISICOS Y DE CULTIVO
EN TRES SUELOS REPRESENTATIVOS DEL CENTRO
DEL VALLE DEL EBRO**

Fernando Gerardo BERMUDEZ

**TESIS PRESENTADA Y PUBLICAMENTE
DEFENDIDA EN EL I.A.M.Z. PARA
LA OBTENCION DEL DIPLOMA DE
ALTOS ESTUDIOS DEL C.I.H.E.A.M.**

MASTER OF SCIENCE



95-4

Zaragoza, Junio 1995



000 5042 000 000

W-3-191
TC-1995-4

0775117
CB-775117000001

**EFFECTO DE LA APLICACION DE LODOS RESIDUALES
SOBRE PARAMETROS QUIMICOS, FISICOS Y DE CULTIVO
EN TRES SUELOS REPRESENTATIVOS DEL CENTRO
DEL VALLE DEL EBRO**

Fernando Gerardo BERMUDEZ

Zaragoza, Junio 1995



R-9504

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONOMICOS MEDITERRANEOS

INSTITUTO AGRONOMICO MEDITERRANEO DE ZARAGOZA

**EFFECTO DE LA APLICACION DE LODOS RESIDUALES
SOBRE PARAMETROS QUIMICOS, FISICOS Y DE CULTIVO
EN TRES SUELOS REPRESENTATIVOS DEL CENTRO DEL VALLE DEL EBRO**

Fernando Gerardo BERMUDEZ

Trabajo realizado en la Unidad de Edafología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Zaragoza, bajo la dirección de la Dra. Ana NAVAS IZQUIERDO,

y presentado en lectura pública el día 30 de Junio de 1995 ante el siguiente tribunal :

- Pedro GARCIA BACAICOA, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Zaragoza,
- Juan ALBADALEJO MONTORO, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia,
- Javier CELMA CELMA, Dirección General del Agua, Departamento de Ordenación Territorial, Diputación General de Aragón, Zaragoza,
- José María GARCIA RUIZ, Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investsigaciones Científicas, Zaragoza,
- Dunixi GABIÑA ITURRIAGA, Director Adjunto del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.

A mi Madre,
a mi Esposa Lucy,
y a mi hijo Pedrito Fernando.

¡ Experimenta !

Haz de ello tu consigna día y noche.

Experimenta,

y ello te llevará a la luz.

La manzana en la copa del árbol

nunca está demasiado alta para alcanzarla.

Así que sigue el ejemplo de Eva...

¡ Experimenta !

Se curioso,

aunque los amigos con quien te cruces se puedan molestar.

Enójate

cada vez que quieran retenerte.

Si solo sigues este consejo,

el futuro puede ofrecerte infinita felicidad

y alegría...

Experimenta

¡ Y ya verás !

Cole Porter

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento y gratitud a todas las personas que me han guiado en la investigación científica, a las personas que me han brindado su apoyo humano y su confianza y me han hecho sentir en España como en mi propia tierra Ecuador.

El presente trabajo se ha realizado en el Departamento de Edafología de la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD) del C.S.I.C. a quien quiero agradecer la hospitalidad y los medios prestados.

Mi agradecimiento y gratitud en forma especial: a la Dra. Ana Navas Colaboradora Científica de la EEAD del C.S.I.C. y Directora de este trabajo. Al Dr. Javier Machín Jefe del Departamento de Edafología de la EEAD del C.S.I.C.

A M^a Isabel Poc, M^a Teresa López y M^a José Salvador, por su valiosa colaboración tanto en la toma de muestras como en el análisis de las mismas, como por su apoyo y su amistad.

A Teresa Guillamón, Ricardo Gracia y Luis Basso por su apoyo y ánimo desinteresado y sobre todo por su amistad.

Al Dr. José Luis Arrúe y Dra. M^a Victoria López por sus sugerencias en el análisis de datos físicos de suelos.

A M^a Isabel de Santiago por su colaboración en la realización de los gráficos.

A M^a Carmen Lope y Conchita Fustero del Departamento de Nutrición Vegetal de la EEAD del C.S.I.C. por su colaboración en la preparación de las muestras vegetales.

Al Dr. Ernesto Igartua, del Departamento de Genética Vegetal de la EEAD del C.S.I.C. por sus sugerencias en el planteamiento estadístico y en otros aspectos de la investigación.

A Blanca Medina y sus colaboradoras de campo del Departamento de Genética Vegetal de la EEAD del C.S.I.C. por su apoyo y su experiencia en el desarrollo del cultivo.

A los compañeros de la casa de labor y de los invernaderos de la EEAD del C.S.I.C. por su apoyo en las labores de campo en las distintas fases del ensayo.

A los compañeros de la Biblioteca y a todo el personal administrativo de la EEAD del C.S.I.C. que siempre me han apoyado.

A los investigadores y compañeros del Servicio de Investigación Agraria de la Unidad de Suelos y Riegos en especial a Dolores Quilez, Dr. Enrique Playán, Dr. Antonio Martínez-Cob, Imma Farré, Daniel Isidoro y Ramón Isla.

Al Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (C.I.H.E.A.M), Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (I.A.M.Z.), en la persona de su Director Dr. Miguel Valls por haberme permitido realizar esta Tesis de Master of Science.

A los Drs. Carlos Gracia y Ramón Vallejo de la Universidad Barcelona, Dr. J.V. Giráldez de la Universidad de Córdoba por sus comentarios y sugerencias para el desarrollo de la investigación.

Mi agradecimiento y gratitud a Maite Aguinaco, por su apoyo humano y logístico, presto en todo momento.

A Rosa y Clara, funcionarias de la Biblioteca y a todo el personal administrativo del I.A.M.Z.

A las familias Moroto Guerra, Recio Gil y Camón Cala, amigos que me han brindado su apoyo moral y humano y me han hecho sentir como en casa.

A Jorge Iván Alvarez por su apoyo desinteresado.

A las personas que me apoyaron y me ayudaron a venir a España en especial al Ing. Patricio Cevallos. A mi compañero de Universidad y amigo Ing. Pedro Quito. A mis socios Galo y Claudio.

A todos mis familiares, en especial a mi esposa, a mi madre y a mi suegra.

Si me he olvidado de alguien ha sido un error involuntario.

Gracias de todo corazón.

SUMMARY

Results of the research on the behaviour of some physico-chemical characteristics of three semiarid soils (Cambisol, Gypsisol and Solonchak) as well as the response of a barley crop after application of sewage sludge is presented here.

Trials were carried out at the Experimental Station of Aula Dei (CSIC, Zaragoza). A statistical design of divided plot was applied. The variables studied were: the way of sludge application to the soil, on the surface or mixed and the amounts applied (0, 40, 80, 160 and 320 tons per hectare). On the plots *Hordeum vulgare* L. var. holine was cultivated.

The following parameters were measured:

Chemical parameters: pH, electrical conductivity, organic matter, nitrogen, total carbonate, and heavy metals (cadmium, plumb, chrome, nickel and zinc).

Physical parameters: soil moisture, maximum moisture retention, bulk density, real density, total porosity, soil penetrability.

Crop parameters: seed germination, plant height, biomass, grain weight, number of ear, weight of thousand grains and harvest index.

From the statistical analysis of the data it can be said that the

soil and the different sludge amounts applied are the main factors of variability, while the way of sludge application is irrelevant for most of the studied parameters.

Sludge application improves most of the physical characteristics of these soils, increasing the porosity and the moisture retention and decreasing the bulk density. Referred to the chemical characteristics, a decreasing in the pH value is produced and the electrical conductivity increases. Soil fertility substantially improves, increasing the contents of organic matter, carbon and nitrogen.

When applying 320 t/ha of sludge an increase in the content of heavy metals (apart from cadmium) in the soil is produced. In the grain of barley neither cadmium or plumb are registered, while chrome, nickel and zinc contents are sometimes lower in the treated barley than in the control. Nevertheless metal content does not exceed the amounts permitted by the European Union and the Royal decree-law 1310/1990.

Yield obtained per square meter after sludge application is higher than in the control plots. The great volume of sewage sludge produced can convert this material in a good fertiliser of important economical value, but when using sludge special care must be taken, in order to avoid environmental hazard, such as soil and water contamination by heavy metals.

RÉSUMÉ

Nous présentons les résultats de la recherche de la conduite des caractéristiques physiques et chimiques de trois sols de régime semiaride (Cambisol, Gypsisol et Solonchak), de même que la réponse de la culture de l'orge à l'application de boues procédentes de la depuratrice d'eaux vannes de Saragosse.

L'essai a été réalisé aux pépinières de la ferme expérimentale de la Station Expérimentale de Aula Dei del C.S.I.C.. Il a été appliqué un dessein statistique de parcelle divisée. Les variables étudiées ont été: la forme d'application de la boue résiduaire au sol (mélange et surface) et les prises appliquées (40, 80, 160 et 320 t/ha) avec un contrôle (0t/ha). De l'orge a été semé sur ces parcelles (Hordeum vulgare. var. holine).

Ils ont été contrôlés les paramètres suivants:

Chimiques: pH, de la conductivité électrique, de la matière organique, carbone, nitrogène, carbonate total, cadmium, plomb, chrome, nickel et zinc.

Physiques: le pourcentage d'humidité mensuelle au sol, densité apparente, densité réelle, porosité totale, rétention de l'humidité máxima et résistance à la pénétration au sol.

Culture: le pourcentage de la germination dans les 7 et 14 jours, l'hauteur de la plante, la biomasse le poids du grain, le nombre d'épis, le poids de mille grains et l'index de récolte.

Esto

L' analyse statistique des données nous permet de conclure que, statistiquement pour la plupart des paramètres étudiés il n' existe pas de différences significatives quant à la manière d' application de la boue au sol, ce soit en mélange ou en surface qu' a des occasions déterminées. Tandis que sur cela qui a rapport à la variable dose d' application, des différences significatives ont été estimées dans la plupart des paramètres contrôlés.

L' apport des boues de dépuratrice au sol, améliore en général les caractéristiques physiques des sols. Concernant aux chimiques un accroissement s' est produit quant contenu de métaux lourds cadmium, plomb, chrome, nickel et zinc au sol pareil à celui du grain d' orge, mais jamais ce contenu a dépassé les niveaux permis par la U.E. de juin de 1986 et le Décret Royal 1310/1990.

Le rendement obtenu par mètre carré aux unités expérimentales avec l' application de boues de la biomasse et du grain d' orge, surpassent évidemment dans une grande mesure au revenu obtenu aux parcelles contrôle.

Le grand volume de boues résiduaires qui sont eu train de se produire et se sont produites comme subproduit de la dépuración d' eaux vannes au monde entier et leur possible utilisation dans l' agriculture à grande échelle transforment ce matériel à un engrais potentiel, d' une valeur économique considérable, mais pour son usage on devra prendre les précautions nécessaires, afin d' amoindrir les possibles risques de l' environnement, fondamentalement les dérivés de la contamination des sols et des eaux provoquée par de métaux lourds.

RESUMEN

Se presentan los resultados de la investigación del comportamiento de las características físicas y químicas de tres suelos de régimen semiárido (Cambisol, Gypsisol y Solonchak), así como la respuesta del cultivo de cebada a la aplicación de lodos procedentes de la depuradora de aguas residuales de Zaragoza.

El ensayo se llevó a cabo en los semilleros de la finca experimental de la Estación Experimental de Aula Dei del C.S.I.C. Se aplicó un diseño estadístico de parcela dividida. Las variables estudiadas fueron: el modo de aplicación del lodo residual en el suelo (mezcla y superficie) y las dosis aplicadas (40, 80, 160 y 320 t/ha) con un control (0 t/ha). Sobre estas parcelas se sembró cebada (Hordeum vulgare L. var. holine).

Se controlaron los siguientes parámetros:

Químicos: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono, nitrógeno, carbonato total, cadmio, plomo, cromo, níquel y zinc.

Físicos: Porcentaje de humedad mensual en el suelo, densidad aparente, densidad real, porosidad total, retención de humedad máxima y resistencia a la penetración del suelo.

Cultivo: Porcentaje de germinación a los 7 y 14 días, altura de planta, biomasa, peso del grano, número de espigas, peso de mil granos e índice de cosecha.

El análisis de los datos permite concluir que, estadísticamente para la mayoría de los parámetros estudiados el suelo es el principal factor de variación así como las distintas dosis de lodos aplicadas, mientras que no existen diferencias significativas en función del modo de aplicación del lodo al suelo ya sea en mezcla o en superficie, más que en contadas ocasiones.

El aporte de los lodos residuales mejora en general las características físicas de los suelos, aumentando la porosidad y la capacidad de retención de humedad y disminuyendo la densidad aparente. En cuanto a las químicas se produce un leve descenso en el pH, un aumento en la conductividad eléctrica y una ligera disminución en el contenido de carbonatos totales solo para dosis altas de lodos. La fertilidad del suelo se mejora considerablemente aumentando los contenidos en materia orgánica, carbono y nitrógeno.

Al aplicar 320 t/ha de lodos se produce un incremento en el contenido de plomo, cromo, níquel y zinc en todos los suelos. En el grano de cebada no están presentes ni cadmio ni plomo, mientras que los contenidos de cromo, níquel y zinc son a veces más bajos que en el grano de cebada del blanco, aunque existen variaciones entre suelos.

El contenido de metales pesados en el suelo no supera en ningún caso los niveles permitidos por la U.E. de junio de 1986 y el Real decreto 1310/1990.

El rendimiento por metro cuadrado obtenido en las unidades experimentales con aplicación de lodos, de la biomasa y del grano de cebada, superan en gran medida al rendimiento obtenido en las parcelas control.

El gran volumen de lodos residuales que se producen como subproducto de la depuración de aguas residuales, y su posible utilización en la agricultura convierten a este material en un abono potencial, de un valor económico considerable, pero para su utilización se deberán tomar las necesarias precauciones con objeto de minimizar los posible riesgos medioambientales, fundamentalmente los derivados de la contaminación de suelos y aguas por metales pesados.