

DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA
FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD DE GRANADA

INFLUENCIA DEL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES URBANAS
EN LAS CARACTERÍSTICAS DE UN SUELO
DE LA VEGA DE GRANADA

Saura, I.; Roca, A.; Asensio, C.; Sierra, C. y Ortega, E.

RESUMEN

Se estudian las modificaciones analíticas que se producen en un Fluvisol gley calcárico FAO (1988) (1); que según Soil Taxonomy se clasifica como un: Xerofluvent áquico, limoso, fino, calcáreo, térmico. Soil Survey Staff (1990) (2).

El suelo empleado, se ubica en la Vega de Granada, y se somete a un riego por inundación con aguas residuales procedentes de uno de los cuatro colectores existentes en la ciudad de Granada.

Se hace una descripción morfológica y analítica del suelo utilizado, de las características del agua residual empleada en la irrigación; así como un seguimiento analítico en función de la profundidad del suelo en cuatro zonas de la parcela seleccionada, antes y después de haber sido sometida al riego por inundación.

SUMMARY

We study the analytical modifications that take place on a gley-calcaric Fluvisol, FAO (1988) (1), which is classified, following Soil Taxonomy, as aquic, silty, fine, calcaric, thermic Xerofluvent, Soil Survey Staff (1990) (2).

The used soil is located at the Vega de Granada, and is submitted to an inundation risk with residuary water proceeding from one of the four water conduit which are present in the city of Granada.

A morphologic and analytical description of the studied soil is doing, as well the characteristics of the residuary water used for the irrigation; either an analytical pursuit related to the soil depth in the four zones form the selected piece of ground, before and after submitting to the inundation risk.

INTRODUCCIÓN

La mayor y constante demanda de fertilización de los suelos de cultivo, ha impulsado a muchos agricultores a utilizar las aguas residuales urbanas como un medio de fertilización, e irrigación de los campos, así como una vía de depuración de estas aguas. Bustamante (1988) (3).

Numerosos autores utilizan en su experimentación lodos procedentes de la depuración de las aguas residuales como fuente de fertilización de los campos. De acuerdo con Bolarín et al. (1984) (4), las aguas residuales no son depuradas de forma correcta y se vierten a sistemas acuáticos produciendo contaminaciones perjudiciales. Según Macías (1993) (5), la utilización del suelo como un sistema depurador de las aguas residuales, se debe hacer con una mayor información de los mecanismos que regulan estos procesos. Moreno et al. (1993) (6) estudian las proporciones de metales pesados en diferentes fracciones granulométricas del suelo, en la zona suroccidental de Madrid.

Adarbe y Rebollo (1993) (7), estudian la contaminación de las aguas subterráneas próximas a un vertedero sellado en Alcalá de Henares (Madrid) y demuestran las modificaciones de los veintidós parámetros analíticos estudiados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Como una continuación al estudio de las aguas residuales de la ciudad de Granada, Ortega et al. (1990) (8), se ha ensayado el efecto que sobre los suelos de la Vega de Granada tienen las aguas residuales procedentes de colectores de la ciudad de Granada.

El suelo utilizado es un Fluvisol gley calcárico. FAO (1988) (1); Xerofluvent álico, limoso, fino, calcáreo, térmico USDA (1990) (2); las aguas residuales proceden del colector de Canto Grande. Castillo (1986) (9), que es el que utilizan mayoritariamente los agricultores donde se encuentra situada la parcela de experimentación. La parcela tiene unas dimensiones de 100 x 50 m, y se inundó en su totalidad durante 15 horas (tiempo de riego que se emplea en la zona). Fig. nº 1.

Los suelos se han descrito de acuerdo con FAO (1977) (10), y se han clasificado según FAO (1988) (1) y USDA (1990) (2).

Para las determinaciones analíticas, se ha seguido:

Análisis granulométrico: la fracción arena se determinó por tamizado en húmedo y posterior separación en subfracciones por tamizado en seco.

La arcilla y limo se separaron por sedimentación y se siguió el método de la pipa de Robinson, al como se describe en el Soil Survey Report, núm. 1 (Soil Conservation Service, 1972) (11).

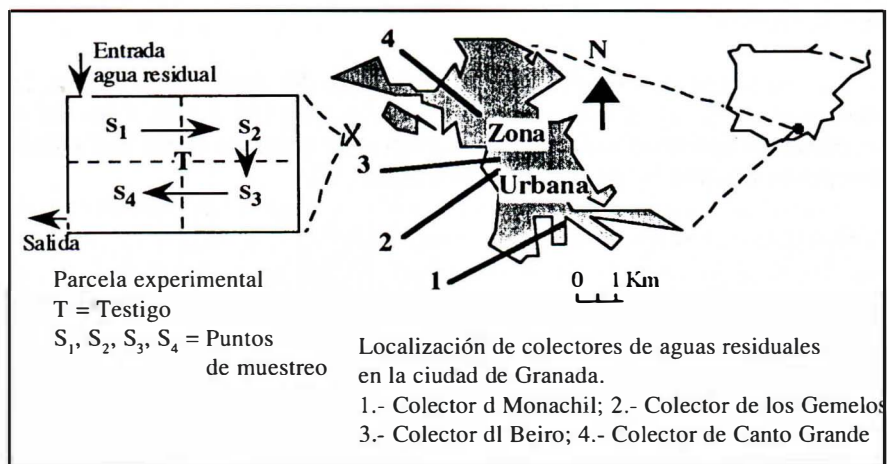


Figura 1. Localización general de la zona de experimentación y distribución de las muestras en la parcela seleccionada

El pH se determinó sobre una suspensión de tierra fina con agua en relación 1:1, Hayward et al (1973) (12). Carbono orgánico por oxidación de la materia orgánica con dicromato potásico en medio ácido, valorándose el exceso con sulfato ferroso amónico, según método de Tyurin. (1951) (13), Nitrógeno total (orgánico + nitrato), con el método de Bouat y Crouzet (1965) (14). Fósforo asimilable por extracción con una solución de bicarbonato sódico, para muestras carbonatadas, según Olsen y Dean (1965) (15) y valoración del complejo fosfomolibdico formado, con espectrofotómetro a una longitud de onda de 820 nm. El potasio asimilable se extrajo con una solución de acetato amónico (pH = 7) y posterior valoración por fotometría de llama. Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura (1982) (16). Carbonatos por volumetría de gases, utilizándose un calcímetro manométrico (Barahona et al. 1984) (17), expresándose el CO_2 desprendido como carbonato cálcico equivalente.

Capacidad y bases de cambio, por el método del Acetato Amónico del Soil Conservation Service USDA (1972) (11). La capacidad de cambio se determinó con la valoración de sodio por fotometría de llama, Richards (1954) (18).

Retención de agua a 1/3 y 15 atmósferas por el método de la membrana de Richards. (1947) (19), empleado para la determinación tierra fina. El agua utilizable por las plantas se calcula a partir de los pF a 1/3 y 15 atmósferas la densidad aparente y la profundidad del horizonte en cuestión. Para ello se emplea la fórmula de Henin et al (1972) (20). Conductividad del extracto de saturación. Allison (1973) (21).

Los análisis realizados a las muestras de aguas, corresponden a los parámetros indicativos más frecuentes de contaminación y además se han determinado aquellos encaminados a cuantificar su aptitud para el riego; siendo los métodos utilizados los descritos en A.P.H.A. (1971) (22).

RESULTADOS

Las características morfológicas y analíticas del suelo empleado en la experimentación, se encuentran recogidas en las tablas nº 1 y 2, y los datos analíticos del agua empleada en al inicio del riego (Tiempo)) y a la finalización del mismo (15 h.) se recogen en la tabla nº 3.

Características macromorfológicas

Localización.- Vega de Granada a 400 m de la antigua carretera d Málaga.

Coordenadas.- U.T.M. 30SVG441156

Altitud.- 640 m.

Posición fisiográfica.- Valle abierto

Topografía circundante.- Plano (< 2%)

Microtopografía.- No se aprecia

Pendiente.- Llano o casi llano. Clase 1. (0-2%)

Vegetación o uso.- Cultivo de maíz

Material original.- Materiales aluviales de edad Cuaternaria

Drenaje.- Imperfectamente drenado. Clase 2

Condiciones de humedad.- Húmedo a los 5 cm.

Profundidad d la capa freática.- > de 2 m.

Pedregosidad.- Muy pocas. Clase 0 (< 0,01%)

Afloramientos recosos.- Ninguna o muy pocas. Clase 0 (< 2%)

Erosión.- Hídrica laminar muy débil

Influencia humana.- Antropización por cultivo

Clasificación.- Xerofluvent aquico limoso fino calcáreo termico. (USDA 1990) (2) Fluvisol gley calcárico (FAO 1988) (1)

Hor.	Prof. cm	Descripción
Ap1	0-21	Pardo a pardo oscuro grisáceo (10YR 5/3) en húmedo y pardo claro (10YR 7/2) en seco. Textura franca. Estructura granular moderada; adherente, plástico, friable en húmedo y duro en seco; frecuentes poros medianos y finos, continuos, caóticos, expd; pocos muy finos, inped; muy pocos fragmentos rocosos tamaño grava, redondeadas y planares. Fuertemente calcáreo. Abundantes raíces medianas y finas pocas muy finas; límite brusco y plano con el horizonte subyacente.
Ap2	21-40	Pardo a pardo oscuro (10YR 5/3) en húmedo y pardo claro (10YR 4/3) en seco. Textura franco limosa. Estructura en bloques subangulares, finos, moderada; adherente, plástico, friable en húmedo y duro en seco;

Hor.	Prof. cm	Descripción
		comunes poros medianos, finos y muy finos inped; pocos fragmentos rocosos de tamaño grava, redondeados y planares; comunes raíces finas; límite brusco y plano con el horizonte inferior.
C1	40-85	Pardo amarillento (10YR 4/6) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10YR 5/6) en seco. Textura franco arcillo limosa. Estructura en bloques subangulares medianos, fuerte; adherente, plástico, friable en húmedo y duro en seco; pocos poros finos inped; muy pocos fragmentos de tamaño grava, redondeados y planares. Límite gradual y ondulado con el horizonte inferior.
C2g	> 85	Pardo amarillo oscuro (10YR 4/6) en húmedo y pardo amarillento (10 YR 5/6) en seco. Textura arcillo limosa. Estructura en bloques angulares medianos a gruesos; muy adherente, muy plástico, muy friable en húmedo y muy duro en seco. Manchas grises (10YR 5/1) y otras amarillo parduscas (10YR 6/6); muy pocos fragmentos de tamaño grava, redondeados y planares.

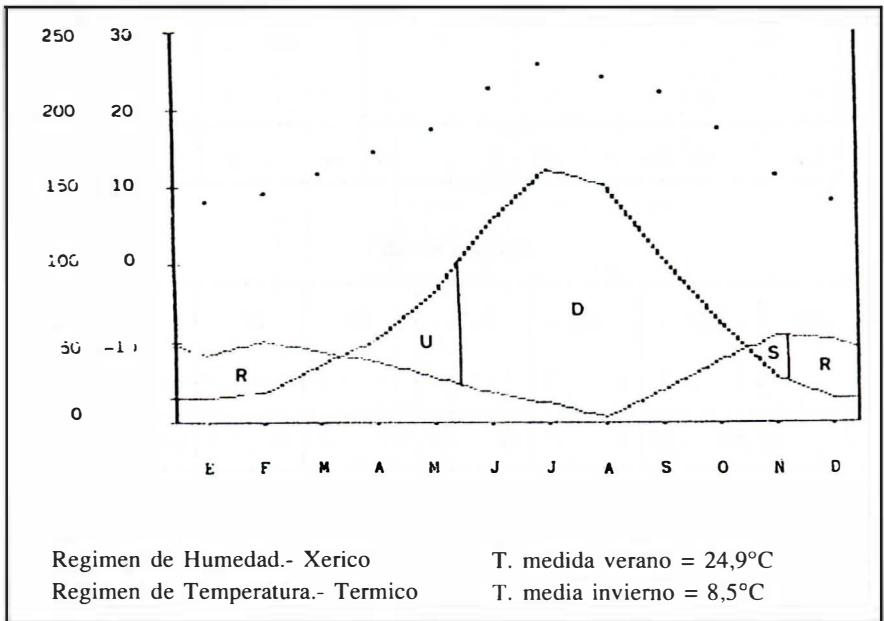


Figura 2. Balance hídrico del suelo muestreado

El balance hídrico del suelo empleado de acuerdo con las características climáticas, se puede calificar de Xérico y Térmico, según Soil Taxonomy (1975) (23), pero que cuando consideramos las características del suelo, lo podemos calificar de Aquico. fig. nº 2.

Las características analíticas de las aguas d inundación al inicio del riego (I), y después de 15 horas a su salida (F), se encuentran recogidas en la tabla nº 1.

TABLA 1

Resultados analíticos de las aguas de inundación al inicio del riego (I) y después de 15 h. a la salida (F)

pH		C.E. μnigs/cn		M.O. mg/IO ₂		Residuo seco mg/l a 100°	
I	F	I	F	I	F	I	F
7,8	7,6	805	788	55	46	835	795

Cationes en mg/1

NH ₄ ⁺		Na ⁺		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
25	18	90	82	13	14	44	50	17	14

Aniones en mg/1

CO ₃ ⁼		CO ₃ ^{H-}		OH ⁻		SO ₄ ⁼		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		PO ₄ ³⁻	
I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
0	0	562	500	0	0	82	95	107	121	10	4	0,25	0,56	107	121

S.A.R.		U.S.L.S.		I. Scott	
I	F	I	F	I	F
2,90	2,60	C3S1	C3S1	17,98	16,69

Perfil nº 1 (antes de la irrigación)

Localización.- Vega de Granada a 400 m de la antigua carretera de Málaga

Tipo de suelo.- Xerofluvent aquico limoso fino calcáreo térmico

TABLA 2
Características analíticas del suelo antes del riego por encharcamiento

Prof. cm.	Hor.	% de tipo y tamaño de partícula en mm							
		Arenas					Limos		
		Muy gruesa (2-1)	Gruesa (1-0,5)	Mediana (0,5-0,25)	Fina (0,1-0,05)	Muy fina (2-1)	Grueso y Fino (0,05-0,02) (0,02-0,002)	Muy fina (2-1)	Muy fina (2-1)
0-21	Ap1	2,8	13,3	3,0	1,8	2,2	49,5	27,5	5
21,40	Ap2	3,2	8,4	9,2	2,2	1,1	49,9	26,0	10
40-85	C1	1,1	3,2	4,7	2,8	2,9	51,6	33,7	5
> 85	C2g	1,0	0,8	1,0	0,2	0,1	48,8	48,1	7

Prof. cm.	Hor.	% C.O.	% N	C/N	mg / 100 g		% C ₂ CO ₃	% de humedad 33 KPa 1500 KPa		- mm		
					P ₂ O ₅	K ₂ O						
0-21	Ap1	4,420	0,259	17	44,03	19,60	18,96	21,3	6,1	147,6		
21-40	Ap2	3,520	0,152	23	38,12	3,80	19,69	18,4	4,8			
40-85	C1	3,590	0,076	21	52,70	2,90	23,35	15,0	5,2			
> 85	C2g	3,680	0,071	—	40,33	3,70	25,39	—	—			

Prof. cm.	Hor.	pH		- Bases extraíbles (cmol/kg)				S	(cmol / kg) C.E.C.	% V		
		H ₂ O*	KCl**	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺					
0-21	Ap1	7,4		30,80	18,70	0,10	0,41	50,01	15,04	100		
21-40	Ap2	7,6		28,80	17,40	0,19	0,26	46,65	14,04	100		
40-85	C1	7,8		30,00	17,30	0,16	0,20	47,66	12,13	100		
> 85	C2g	7,9		30,80	20,70	0,13	0,25	51,88	12,82	100		

* En H₂O 1:2 ** En KCl 1:1 *** En cmol/kg

TABLA 3

Características analíticas del suelo después del riego por encharcamiento

Perfil nº 1 (después de la irrigación)

Localización.- Vega de Granada a 400 m de la antigua carretera de Málaga

Tipo de suelo.- Xerofluvent aquico limoso fino calcáreo termico.

Prof. cm.	Hor.	% de tipo y tamaño de partícula en mm								
		Arenas					Limos			
		Muy gruesa (2-1)	Gruesa (1-0,5)	Mediana (0,5-0,25)	Fina (0,1-0,05)	Muy fina (2-1)	Grueso y Fino (0,05-0,02) (0,02-0,002)		Arcilla (> 0,002)	Gravas > 2
0-21	Ap1	2,3	13,5	3,3	2,1	2,9	50,4		25,5	5
21-40	Ap2	3,4	8,8	9,3	1,1	1,2	49,7		26,5	10
40-85	C1	1,2	3,2	4,5	2,9	2,7	51,7		33,8	5
> 85	C2g	0,5	0,8	0,6	0,2	0,2	48,9		48,8	7

Prof. cm.	Hor.	% C.O.	% N	C/N	mg / 100 g		% C _a CO ₃	% de humedad		- mm		
					P ₂ O ₅	K ₂ O		33 KPa	1500 KPa			
0-21	Ap1	1,901	0,147	7	34,00	22,36	11,58	35,09	21,62	89,9		
21-40	Ap2	1,451	0,141	10	2,38	15,10	15,62	34,89	22,70			
40-85	C1	1,190	0,072	17	9,29	9,72	21,59	28,13	24,99			
> 85	C2g	1,370	0,062	—	11,37	14,09	22,43	—	—			

Prof. cm.	Hor.	pH		- Bases extraíbles (cmol/kg)				S	(cmol / kg) C.E.C.	% V		
		H ₂ O*	KCl**	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺					
0-21	Ap1	7,7	7,5	23,6	8,50	0,16	0,48	32,74	14,00	100		
21-40	Ap2	7,8	7,6	27,6	8,50	0,07	0,32	36,49	14,08	100		
40-85	C1	7,9	7,7	26,0	8,90	0,09	0,21	35,20	13,47	100		
> 85	C2g	7,9		28,4	12,0	0,09	0,30	40,79	14,26	100		

* En H₂O 1:2 ** En KCl 1:1 *** En cmol/kg

Las características analíticas del suelo antes del riego, están en la Tabla nº 2, para establecer una comparación con las que aparecen después del riego y que han sido analizadas cuando el suelo se ha desecado parcialmente y ha permitido obtener muestras del mismo.

Las desviaciones analíticas que se producen en los diferentes horizontes del suelo muestreado de acuerdo con la profundidad y su localización en la parcela muestreada, se encuentran recogidas en la Tabla nº 4, en la que se reflejan estos parámetros en comparación con los iniciales existentes en la localización considerada, estos han sido denominados como testigo (T), mientras que los restantes, se denominan S1, S2, S3 y S4, de acuerdo con la localización descrita en la Fig. nº 1.

TABLA 4

Evolución de las características analíticas de los diferentes horizontes del suelo en los puntos de muestreo de la parcela de experimentación

Horz. Ap1 (0-21 cm)

Profundidad de muestreo = 10,5 cm

M	% C.O.	% N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	T	S	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	% CaCO ₃
s1	17,28	1,425	12,12	31,2	18,2	0,30	1,49	15,12	51,71	7,44	22	66	13
s2	15,19	1,214	12,51	32,8	26,0	0,30	1,4	16,02	60,5	7,59	22	68	14
s3	14,01	1,113	12,60	30,6	21,0	0,30	1,26	16,37	53,16	7,51	24	60	14
T1	1,90	0,147	7,00	23,60	8,5	0,16	0,48	14,00	32,74	7,7	44	22	12

Horz. Ap2 (21-40cm)

Profundidad de muestreo = 30,5 cm.

s1	4,38	0,360	11,52	22,8	14,6	0,39	0,38	15,03	36,17	7,44	22	66	13
s2	3,01	0,320	9,29	20,0	17,3	0,17	0,35	14,30	37,82	7,59	22	66	14
s3	4,19	0,308	13,60	22,4	15,9	0,26	0,31	10,26	38,87	7,55	19	61	16
s4	4,36	0,356	12,24	27,2	18,9	0,36	0,41	15,47	46,34	7,51	24	60	14
T2	1,45	0,141	10,00	27,6	8,5	0,07	0,32	14,08	36,49	7,80	38	15	16

Horz. Ap1 (40-85 cm)

Profundidad de muestreo = 62,5 cm.

s1	2,57	0,175	14,66	18,0	8,5	0,30	0,38	14,96	27,18	7,65	34	17	19
s2	3,02	0,162	18,64	22,4	8,5	0,27	0,42	13,56	31,59	7,77	52	20	20
s3	2,85	0,157	18,02	22,4	9,5	0,07	0,37	13,70	32,34	7,76	29	17	18
s4	3,48	0,165	21,09	25,2	6,9	0,16	0,40	13,40	32,66	7,75	32	19	19
T3	1,45	0,141	10,28	27,6	8,1	0,07	0,32	14,06	36,49	7,82	38	15	16

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Del análisis de las aguas empleadas en la irrigación de las parcelas, se deduce, que todos los parámetros analíticos sufren disminución cuando se comparan los datos iniciales (I) y finales (F), salvo en el caso del Ca^{2+} , que aumenta como consecuencia de la cantidad de calcio presente en este tipo de suelo; asimismo también aumentan sulfatos, cloruros, nitritos y fosfatos.

Texturalmente, se evidencia un aumento de las fracciones más finas (Limo y Arcilla), en los horizontes más superficiales, siendo las fracciones arenosas las menos afectadas, hecho lógico si se considera el intenso encharcamiento que el suelo sufre.

Los contenidos de carbono orgánico (C.O.), nitrógeno (N) y en consecuencia la razón C/N, se encuentran extraordinariamente aumentados, cuando comparamos los contenidos después y antes de la irrigación, hecho que es explicable debido a la extraordinaria carga de materiales orgánicos que estas aguas llevan en suspensión.

También se detectan aumentos en los contenidos de P_2O_5 y K_2 y O. El pH aumenta ligeramente después del riego, aunque el efecto se es cada vez menor conforme aumenta la profundidad, hecho que pensamos obedece a la carta salina que las mismas portan y que se confirma por el aumento de cloruros detectado en el agua empleada.

El complejo de cambio, nos muestra un incremento después de realizada la experimentación, aunque los más significativos sean Ca^{2+} y Mg^{2+} y la conductividad del extracto de saturación solo se ve afectada en superficie con el incremento de una unidad en su valor.

Si analizamos las variaciones en distintos puntos de la parcela (s1, s2..) en comparación con los testigos (T), a las distintas profundidades medidas, dentro de los horizontes muestreados, podemos decir que: la cantidad de materia orgánica, que se puede poner de manifiesto por los contenidos en carbono orgánico y nitrógeno, presentan disminuciones generalizadas de acuerdo con la profundidad y con la distancia a que se encuentra la muestra de la zona de entrada del agua de irrigación. Los cationes del complejo de cambio sufren disminuciones con idéntico comportamiento al caso de la materia orgánica antes expresado, salvo el caso del calcio del complejo de cambio, que tiene un comportamiento errático, y que pensamos que esta relacionado con los contenidos de Ca CO_3 total del suelo. La capacidad de cambio de cationes presenta valores parecidos en todos los casos, aunque siempre se ve influenciada por la distancia al punto de entrada y por la profundidad. Los restantes parámetros analíticos presentan comportamientos parecidos a los observados en los casos anteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) F.A.O. 1988. Soil Map of the wHorld 1:5.000.000. Food and Agriculture Organization the United Nations. Report 60. Roma. Italia.
- (2) SOIL SURVEY STAFF 1990. Keys to Soil Taxonomy. 4th Ed. SMSS Technical Monograph n^o 19. Blackburg, Virginia. pp. 422. USA.
- (3) BUSTAMANTE, I. 1988. El Subsuelo como agente depurador de vertidos líquidos contaminantes. Informaciones y estudios. MOPU. n^o 49. p. 71.
- (4) BOLARÍN, M.C.; MUÑOZ, F.; RÓMERO, M.; GUILLEN, M.G. 1984. Aplicación del análisis en componentes principales al estudio de las aguas de riego de la Vega Alta del Segura. An. Edaf. y Agrobiol. Tomo XLII. n^o 3-4. p. 570-586.
- (5) MACÍAS, F. 1993. Contaminación de suelos: algunos hechos y perspectivas. Problemática geoambiental y desarrollo. R. Ortiz ed. Murcia. Tomo I. p. 53-74.
- (6) MORENO, A.M.; PÉREZ, L.; GONZÁLEZ, J. 1993. Metales pesados en suelos y su relación con las distintas fracciones minerales. Problemática geoambiental y desarrollo. R. Ortiz ed. Murcia. Tomo II. pp. 461-468.
- (7) ADARVE, M.J.; REBOLLO, L.F. 1993. Análisis preliminar de la contaminación de las aguas subterráneas en el entorno de un vertedero sellado de residuos sólidos urbanos en Alcalá de Henares (Madrid). Problemática geoambiental y desarrollo. R. Ortiz ed. Murcia. Tomo I. p. 205-214.
- (8) ORTEGA, E.; SIERRA, C. MARTINEZ, J. Y LOZANO, J. 1990. Characterization of soil moisture and temperature regimes in southern Spain. 14 th. International Congress of Soil Science. Vol. V. pp. 353-354. Kyoto. Japan.
- (9) CASTILLO, M.A. 1986. Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Serv. Public. Univ. Granada. p. 658.
- (10) F.A.O. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. pp. 70. Roma. Italia.
- (11) SOIL CONSERVATION SERVICE 1972. Soil Survey Laboratory. Methods and procedures for collecting soil samples. U.S. Dpto. Agric. Washington U.S.A.
- (12) HAYWARD, E.W.; PIPER, C.S., JACKSON, R.K. 1973. Soils and plant analysis. Interscience Publish. Inc. New York. U.S.A.
- (13) TYURIN, I.V. 1951. analytical Procedure for a comparative study of soil humus. Trudy. Pochr. Insti. Dokuchaeva. 38,5.
- (14) BOUAT, A. Y CROUZET, C. 1965. Notes techniques sur un appareil semi-automatique de dosage de l'azote (et des certains composes volatils). Ann. Agron. 16, (1): 107-118.
- (15) OLSEN, S.R. Y DEAN, L.A. 1965. Phosphorus. En C.a. Black, Ed. Methods of Soil Analysis, part. II": 1.034-1.045. Amer. Soc. Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- (16) MINISTERIO DE AGRICULTURA 1982. Métodos Oficiales de Análisis de Suelos y Aguas. Servicio de Publicaciones del M.A.P.A. p. 182. Madrid.
- (17) BARAHONA, E. et. als 1984. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. IV. Determinación de carbonatos totales y caliza activa. Actas del Congreso Normalización de la Ciencia del Suelo I. 53-67. Madrid.
- (18) RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Salinity. Laboratory. U.S. Dept. Agric. Handbook n^o 60.
- (19) RICHARDS, L.A. 1947. Pressure- membrana apparattus construction and use. Agric. Engin 28: 451-454.
- (20) HENIN, S.; GRAS, S. Y MONNIER, G. 1972. El perfil cultural. Ed. Mundi-Prensa. 341 pp. Madrid.
- (21) ALLISON, L. 1973. Oversaturation. Method for preparing saturation extract for salinity appraisol. Soil Sci. 116. p. 65-69.

- (22) A.P.H.A. 1971. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 13rd Ed. Washington. D.C. USA.
- (23) SOIL SURVEY STAFF 1990. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. U.S. Dpto. Agric. Handbook nº 436. Washington. U.S.A.