

## **UTILIZACIÓN DE COMPOST DE RESIDUO SÓLIDO URBANO PARA DISMINUIR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS.**

C. FORTUN GARCÍA y A. FORTUN GARCÍA.

Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C) Serrano 115 dpdo. 28006 (Madrid)

**Abstract:** The effect solid urban waste has on soil aggregates was studied. This survey was performed in comparison with manure.

The aggregates were analyzed and were quantified by scanning microscopy. The relation existing between aggregation and element complex forming processes was established.

S.U.W improved the soil's structure because it favoured large aggregates forming from smaller ones, whilst manure reduced large aggregates.

The improvement occurring with S.U.W was influenced by the soil's textural nature, by its argillaceous composition, by the forming of stable complexes with Fe, Al, Pb and Cu and O.M. or by the weakness of the unions formed between O.M and the K, Ca and Mg elements.

Likewise, it was seen that the increase in aggregates as result of S.U.W. application was more intense in the soil showing the least deteriorated structure.

**Key words:** Solid Urban Waste, Degradation, cattle manure, soil aggregates.

**Resumen:** Se ha estudiado el efecto que ejerce, sobre los agregados de los suelos, un residuo sólido urbano. Dicho estudio se ha realizado en comparación con el estiércol.

Se efectuó una determinación analítica de los agregados y una cuantificación de los mismos por microscopía de scanning, y se estableció la relación existente entre los procesos de agregación y de complejación de elementos.

El R.S.U mejoró la estructura de los suelos porque favoreció la formación de agregados grandes a partir de otros más pequeños, mientras que el estiércol disminuyó los agregados grandes.

La mejora producida por R.S.U estaba influenciada por la naturaleza textural del suelo, por su composición arcillosa, por la formación de complejos estables con Fe, Al, Pb y Cu y M.O, ó por la debilidad de las uniones formadas entre la M.O y los elementos K, Ca y Mg.

Así mismo fué comprobado que el incremento de agregados como consecuencia de la aplicación de R.S.U, fué más intenso en aquél suelo que presentaba una estructura menos deteriorada.

**Palabras clave:** Residuo sólido urbano, degradación, estiércol, agregados del suelo.

### **INTRODUCCIÓN**

El problema de degradación de los suelos ha pasado a ser uno de los temas preocupantes dentro del campo del medio ambiente.

Sabido es que, el deterioro de los mismos puede llevar incluso a su desertización. Ello puede ser debido, entre otras razones, a la pérdida paulatina de su contenido en Materia Orgánica. La M.O favorece la estructura, la

aireación y la adecuada actividad biológica del suelo, hechos que, en la práctica, han sido ampliamente comprobados, pero se desconocen aún los mecanismos que tienen lugar. El conocimiento de éstos mecanismos, sobretudo en los procesos de agregación, sería muy útil a la hora de valorar el efecto residual cuando se aplican enmiendas orgánicas. Parece ser, que el proceso se produce mediante puentes catiónicos (Oades 1984, Theng 1979) en los que están implicados Ca, Mg, Al y Fe, y, en pequeñas cantidades Pb, Cu y Zn. La velocidad de formación de éstos puentes catiónicos y de intercambio iónico está relacionada con la saturación de los grupos libres de la M.O (Fortún et al. 1986) y con el tipo de arcilla existente en el suelo (Fortún et al. 1991).

Resulta evidente la necesidad de mantener los adecuados niveles de M.O de los suelos para evitar su degradación pero surge de nuevo el inconveniente de la escasez, cada vez mayor, de productos orgánicos naturales. Por consiguiente, es preciso recurrir a otros materiales orgánicos que, en la mayor parte de los casos, vienen acompañados de otra problemática. En este sentido, los R.S.U. han sido bastante estudiados y, muchos de ellos, se encuentran ya en muy buenas condiciones de reciclaje que minimizan sensiblemente cualquier problema de contaminación.

En el presente trabajo se pretende estudiar el efecto que ejerce el R.S.U. sobre la agregación de un suelo degradado y otro con buenas características estructurales. Para ello se utilizará estiércol vacuno como material comparativo, y se realizará una evaluación de los elementos implicados en los procesos de agregación a fin de establecer su efecto residual. Se complementa éste trabajo con una cuantificación de los agregados, mediante microscopía de scanning.

## MATERIAL Y METODOS

Se seleccionó un luvisol vértico desarrollado sobre arcosa que denominamos suelo no degradado (SND), y un vertisol crómico desa-

rollado sobre material coluvial arcillo-margoso, que denominamos suelo degradado (SD). Este criterio fue elegido en base a los agregados estables al benceno que tenían dichos suelos (57,2% el SND y 9,0% el SD). Los materiales orgánicos fueron: estiércol de vacuno de un año de maduración (E) y residuo sólido urbano (RSU) debidamente compostado, procedente de una planta de reciclaje de Madrid. Las características generales de suelos y materiales figuraron en la tabla 1.

Muestras, por cuadruplicado, de cada uno de los suelos tanto sin tratar (B), como con un tratamiento de 40.000 Kg/ha de cada uno de los materiales, se sometieron a un proceso de incubación bajo condiciones controladas de temperatura (30°C) y humedad (60%), durante 2 y 8 semanas respectivamente. La capacidad de campo de los suelos se mantuvo durante el periodo de tiempo que duró el experimento.

En todas las muestras fue determinado el contenido de agregados estables (Hénin 1972), la M.O de oxidación y los contenidos de Na, K y Ca (por espectroscopía de emisión), Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Al y Pb (por absorción atómica), tanto en forma soluble como asimilable. El contenido de elementos solubles fue determinado agitando 5 g de muestra de suelo con 50 ml de agua desionizada durante dos horas. A continuación se centrifugó a 3000 r.p.m durante 15 minutos y se midieron en el extracto los iones anteriormente mencionados. Los elementos asimilables fueron extraídos según la técnica de Lakanen y Ervio (1971). Estos valores sirvieron para calcular la cantidad de iones intercambiada (Bunzl et al. 1984) y el % de movilidad iónica.

Como complemento a la técnica de Henin, se realizó un estudio mediante microscopía de scanning, cuantificando los agregados, sobre las fotografías realizadas, mediante análisis de imagen con equipo MOP Videoplan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo no degradado (tabla 2) no mejora

TABLA 1.- Características generales de suelos y materiales.

	SND	SD	Estiércol	R.S.U
AgB %	57,2	90		
Isg	1,66	1,59		
limo+arcilla %	12,2	41,1		
Textura	Fr. arenosa	Arcillosa		
Arena Gruesa %	50,1	3,8		
pH (agua)	4,4	6,9		
C.E.C. (mg/100g)	120	1200		
M.O (oxi) %	0,59	1,66	16,6	43,6
C/N	8,2	8,0	10,7	16,9
mg/Kg (asimilables)				
Na	5	40	2800	4250
K	140	540	16000	7000
Ca	300	11900	18000	47500
Mg	18	483	3940	2980
Fe	40	38	5940	3190
Mn	42	155	109	250
Zn	2	3	53	1665
Cu	0	1	9	445
Al	40	100	12520	13825
Pb	0	3	12	216

AgB : Agregados al benceno. Isg : Índice de inestabilidad global

su estructura respecto al blanco (B) por la aplicación de materiales orgánicos, salvo con R.S.U a los quince días de tratamiento. Los agregados nuevamente formados, en éste caso, son más estables que los del suelo sin tratar y proceden de la fracción limo+arcilla. Como quiera que la mejora que se aprecia está relacionada con un importante incremento en el contenido de M.O y que dicha materia orgánica al degradarse con el tiempo repercute en una nueva desestabilización de la estructura, pudiera ser posible, que, contando con esa inevitable degradación del material orgánico, la solución al mantenimiento de los agregados formados, estaría en una utilización más elevada de la cantidad de dichos materiales.

Podría relacionarse dicha mejora estructural con una baja retención de elementos

asimilables (tabla 2), consecuencia de una importante retención de trivalentes pero una liberación de monovalentes y divalentes que, se corresponde a su vez, con una liberación, no muy acusada, de éstos mismos elementos en forma soluble. La corta duración del efecto agregante del R.S.U puede ser como consecuencia de un efecto complejante, por parte de la M.O, con Al y Fe, pero de uniones puramente mecánicas y poco estables con K, Ca y Mg, como puede deducirse al observar los resultados presentados, en el caso de éste material, a las ocho semanas de incubación.

En general puede decirse que la movilidad de elementos asimilables (tabla 3) es menor en estiércol que en R.S.U y muy similar la de elementos solubles. También se aprecia que, con el tiempo, la movilidad de elementos

Tabla 2.- Parámetros determinados en un **Suelo No Degradado** sometido a tratamiento con materiales orgánicos

materiales orgánicos					<u>Cantidades Intercambiadas ( mg/Kg)</u>								
					Elementos Solubles				Elementos Asimilables				
					Q <sub>1</sub>	Q <sup>+</sup>	Q <sup>2+</sup>	Q <sup>3+</sup>	Q <sub>1</sub>	Q <sup>+</sup>	Q <sup>2+</sup>	Q <sup>3+</sup>	
B	2 Semanas	0.64	55.7	11.3	1.10								
	8 Semanas	0.64	55.6	14.9	1.66								
E	2 Semanas	0.97	54.1	11.8	1.18	76	41	50	-15	-202	-30	47	-234
	8 Semanas	0.77	55.2	10.3	1.11	1274	908	340	26	-481	-88	-141	-250
RSU	2 Semanas	1.25	60.4	10.3	0.79	133	81	61	-8	-253	20	9	-278
	8 Semanas	0.95	54.1	14.8	1.65	1061	549	504	8	-750	-70	-357	-324

-AgB: Agregados al benceno; L+M: Limo más Arcilla; Isg: Índice de Inestabilidad global; Q<sub>t</sub>: Cantidad total; Q<sup>+</sup>: Cantidad de Monovalentes; Q<sup>2+</sup>: Cantidad de Divalentes; Q<sup>3+</sup>: Cantidad de trivalentes.

Signo - : Retención. Sin signo: Liberación

TABLA 3.- % de movilidad de los elementos de un **Suelo No Degradado** sometido a tratamiento con materiales orgánicos.

	2 Semanas				8 Semanas			
	E	RSU	E	RSU	E	RSU	E	RSU
Na	85	124	108	169	74	69	235	308
K	93	101	121	141	78	141	188	133
Ca	112	101	318	134	75	62	237	242
Mg	91	76	156	138	142	57	203	177
Fe	42	41	136	121	24	25	116	108
Mn	124	131	-	-	97	114	250	190
Zn	110	78	-	140	73	50	106	78
Cu	-	75	-	-	-	38	-	-
Al	18	25	79	87	10	10	125	105
Pb	133	338	-	-	-	210	-	-
M <sub>t</sub>	808	1080	918	930	573	776	1510	1341
M <sup>+</sup>	178	225	129	310	152	210	423	441
M <sup>2+</sup>	327	308	474	272	314	233	690	609
M <sup>3+</sup>	60	66	215	208	34	35	241	213
M <sup>p</sup>	243	491	-	140	73	298	106	78

M: % Movilidad (t: total; +: monovalentes; 2+: Divalentes; 3+: trivalentes p: Zn+Cu+Pb)

TABLA 4.- Parámetros determinados en un **Suelo Degradado** sometido a tratamiento con materiales orgánicos

<b>Cantidades Intercambiadas (mg/Kg)</b>												
	%M.O	%AgB	% L+A	Isg	Elementos Solubles				Elementos Asimilables			
					Q <sub>i</sub>	Q <sup>+</sup>	Q <sup>2+</sup>	Q <sup>3+</sup>	Q <sub>i</sub>	Q <sup>±</sup>	Q <sup>2±</sup>	Q <sup>3±</sup>
2 Semanas	1.39	12.5	27.4	0.99								
B												
8 Semanas	1.33	21.4	29.6	0.86								
2 Semanas	1.61	8.7	32.4	1.54	-504	-117	-196	-191	121	-65	357	-169
E												
8 Semanas	1.70	19.3	22.2	0.71	268	78	287	-98	-304	-151	94	-205
2 Semanas	2.17	11.5	30.2	1.11	-511	-34	-218	-259	219	120	419	-322
RSU												
8 Semanas	1.85	48.8	16.6	0.35	671	244	508	-80	-774	-65	-357	-347

AgB: Agregados al benceno. L+A: Limo+Arcilla. Isg: Índice de Inestabilidad global. Qt: Cantidad total intercambiada Q<sup>+</sup>: Cantidad de Monovalentes. Q<sup>2+</sup>: Cantidad de divalentes. Q<sup>3+</sup>: Cantidad de trivalentes. Signo - : Retención. Sin signo : Liberación

 TABLA 5.- % de movilidad de los elementos de un **Suelo Degradado** sometido a tratamiento con materiales orgánicos.

	2 Semanas				8 Semanas			
	Asimilables Solubles		Asimilables Solubles		Asimilables Solubles		Asimilables Solubles	
	E	RSU	E	RSU	E	RSU	E	RSU
Na	97	144	92	84	79	82	156	183
K	91	114	38	57	80	92	90	109
Ca	103	104	62	70	101	98	132	143
Mg	96	90	61	32	93	84	61	66
Fe	29	22	54	24	22	12	36	46
Mn	82	75	-	-	105	89	25	-
Zn	95	72	-	-	85	44	-	65
Cu	200	71	-	-	-	55	-	-
Al	36	37	30	14	33	28	34	48
Pb	118	156	-	-	-	-	-	-
M <sub>i</sub>	947	885	337	281	598	584	534	660
M <sup>+</sup>	188	258	130	141	159	174	246	292
M <sup>2+</sup>	281	269	123	102	199	271	218	209
M <sup>3+</sup>	65	59	84	38	55	40	70	94
M <sup>p</sup>	413	299	-	-	85	99	-	65

M: % Movilidad ( t: Total; +: Monovalentes; 2+: Divalentes; 3+: Trivalentes  
P: Zn+Cu+Pb. -: No encontrado.

asimilables desciende con ambos materiales, pero en general la de solubles se incrementa. En todos los casos, Fe y Al son los elementos más difícilmente movilizables tanto en su forma soluble como asimilable. Ahora bien, mientras las primeras se mantienen con el tiempo, las segundas experimentan un considerable descenso. Las formas asimilables de Pb y Cu son altamente movilizables en el caso de R.S.U y descienden con el tiempo.

La explicación expuesta anteriormente que justifica, en parte, la eficacia del R.S.U en la formación de agregados pero únicamente al poco tiempo de contacto, puede estar también apoyada por éstos resultados que intentan poner de manifiesto una formación ficticia de agregados a partir de las uniones en las que intervienen casi todos los elementos pero de modo especial Fe, Cu, Al y Pb, que luego se destruyen con el tiempo.

La cuantificación de agregados mediante microscopía de scanning, realizado a las ocho semanas de tratamiento, (tabla 6) indica un incremento, respecto al control (B) de los

TABLA 6.- Cuantificación de agregados de los suelos tratados con materiales orgánicos.

	<u>SND</u>			<u>SD</u>		
	B	E	RSU	B	E	RSU
Nº Agregados unidades/cm <sup>2</sup> (Total)	43	63	92	113	135	159
Diam. Medio de agregados (u m)	700	730	863	819	686	744
Area Media Agregados ( u m <sup>2</sup> )	332351	317164	401704	411919	308384	353753
Area Total Agregada %	14	20	37	47	42	57

parámetros estudiados, con R.S.U que es debido al incremento que sufren los agregados mayores, (entre 500 y 2000um) lo cual hace variar el diámetro medio, mientras que los agregados menores (entre 200 y 500um) sufren una reducción. Tal vez pueda pensarse que la ineficacia del estiercol y R.S.U en un suelo de ésta naturaleza sea debido a que no ejercen efecto aglutinante en partículas pequeñas pero sí existe un proceso de cementación en aquellos agregados mayores los cuales puede que no sean detectados por el método analítico.

Tampoco el estiercol en un suelo degradado (tabla 4) ejerce mejora estructural, respecto a B. Por su parte el R.S.U produce un incremento en la formación de agregados que supera el 100% si bien a las ocho semanas de tratamiento. Los agregados nuevamente formados son muy estables y proceden de la fracción limo+arcilla. En consecuencia, el R.S.U actúa más eficazmente en un suelo degradado (aunque al cabo de más tiempo) pero ejerce efecto de mejora tanto en uno como en otro, mientras que el estiercol no parece favorecer la estructura de ninguno de los suelos. Podría pensarse que éste efecto fuera como consecuencia del mayor aporte de materia orgánica con R.S.U ( como sucediera en el suelo no degradado) pero no es así, ya que los contenidos de M.O, al cabo de ocho semanas, son muy similares en éste suelo bien tratado con estiercol bien con R.S.U y sin embargo, sólo éste último material ejerce una acción favorable, por consiguiente, otros fenómenos han tenido que suceder.

En el suelo no degradado, se relacionaba la mejora estructural con una moderada retención de elementos asimilables (trivalentes) y una moderada liberación de solubles. En éste suelo, la retención de elementos asimilables es más acusada cuando se produce mejora estructural, y prácticamente igual a como sucediera en el suelo no degradado con R.S.U a las ocho semanas; la diferencia radica en que, en suelo degradado, la participación es tanto de trivalentes como divalentes y además, que la liberación de elementos solubles es menor; en definitiva, en ambos suelos parece que el proceso se rige por la menor liberación de elementos solubles.

Los suelos parecen comportarse de modo diferente frente a los materiales orgánicos en el sentido, de la más ó menos intensificación de los procesos de agregación y de la duración del periodo de tiempo en que ésto sucede , pero ambos coinciden en una mejor respuesta del R.S.U. Es muy probable que el presumible mayor contenido de polisacáridos de éste material orgánico, tenga que ver con lo anteriormente reseñado.

El efecto de mejora estructural está relacionado con un proceso de complejación de metales trivalentes y, en ocasiones, también de divalentes.

Los elementos solubles ( los más fácilmente disponibles) lo son tanto más cuanto mayor ha sido el efecto de agregación pero menos intensos que en el suelo no degradado. Esto parece querer decir que, en éste suelo, también puede haber sido ficticio el proceso de agregación .



En general, la movilidad de elementos asimilables es muy similar con ambos tratamientos a las dos semanas de incubación y desciende de modo sensible con el tiempo. Hay que destacar la alta movilidad del Cu con el tratamiento de estiercol, y de Pb con R.S.U inicialmente, y su completa desaparición a las ocho semanas de contacto.

La movilidad de elementos solubles es muy inferior a la de asimilables, (lo cual no sucedía en suelo no degradado) y aún inferior con el tratamiento R.S.U. Con el tiempo, y al igual que sucediera en suelo no degradado se incrementa considerablemente y especialmente con R.S.U.

En ambos suelos, éste importante incremento de movilidad en las formas solubles se debe a Na, K, Ca y Mg. Lo mismo que en el suelo no degradado, Fe y Al son los más difícilmente movilizables y se mantienen con el tiempo.

La mejora estructural producida por R.S.U en el segundo tiempo, puede estar influenciada por el descenso en la movilidad de los elementos Na, Fe, Zn, Al y Pb (como en el suelo no degradado) en su forma asimilable, a consecuencia de que se hubiera producido una fijación de los elementos para formar el agregado.

La cuantificación mediante microscopía de scanning, realizada al final del experimento, (tabla 6), indica un incremento de la superficie agregada total en el tratamiento R.S.U así como un incremento del número de agregados que es mayor que en el de estiercol. El diámetro medio de partícula y el área media agregada, disminuyen en ambos tratamientos respecto del blanco (B).

Es posible deducir que, con estiercol, se produce una destrucción de los agregados más grandes.

El hecho de que disminuyan las superficies agregadas y el diámetro medio y aumente el número de agregados de las fracciones de partículas más pequeñas (< 500  $\mu$ m), permite indicar que los macroagregados se rompen dando lugar a microagregados. Con R.S.U ocurre lo mismo pero a cambio se produce un aumento en la superficie total agregada, lo que parece indi-

car un proceso de formación de agregados grandes a partir de otros más pequeños y de la fracción limo+arcilla.

## CONCLUSIONES

- La estructura de un suelo no degradado mejora con la aplicación de compost de R.S.U pero su duración se limita a un corto periodo de tiempo. El estiercol no produce ninguna mejora estructural.

- Dada la pronta degradación de la M.O que se produce en un suelo de ésta naturaleza, será preciso aplicarle dosis más elevadas de material orgánico para visualizar beneficios en su estructura.

- Los complejos que se forman entre la M.O y los metales Fe, Al, Pb y Cu, pueden ser los responsables de ésta poco duradera formación de agregados, ó también, que las uniones de dicha M.O con K, Ca y Mg sean puramente mecánicas.

- El incremento de agregados detectados por métodos analíticos puede ser debido al aglutinamiento que se produce entre agregados pequeños ya que, aquél que se produce entre agregados grandes, sólo es apreciado por microscopía de scanning.

- La estructura de un suelo degradado mejora muy acusadamente con la aplicación de compost de R.S.U a las ocho semanas de tratamiento. Tampoco el estiercol ejerce efectos beneficiosos sobre la estructura de este suelo.

- La composición arcillosa del suelo degradado, puede ser la responsable de que el incremento de la formación de agregados sea al cabo de más tiempo y con mayor intensidad.

- El estiercol produce una destrucción de agregados grandes mientras que el compost de R.S.U favorece la formación de agregados grandes a partir de otros más pequeños y de la fracción limo+arcilla.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comunidad

Autónoma de Madrid la financiación del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bunzl, K (1984).- Kinetics of ion exchange in soil organic matter. II. Ion exchange during continuous addition of  $Pb^{2+}$  ions to humic acid and peat. *J. Soil Sc.* 25
- Fortun, C. Ortega, C. Fortun, A. (1986).- Selectividad de las sustancias húmicas por los elementos Na, K, Ca, Mg, Zn y Fe. *Agroquímica* 30 93-103.
- Fortun, C. and Fortun, A. (1991).- Exchange processes in two soils subjected to different organic treatments. *Suelo y Planta* 153-163.
- Hennin, S. Gras, R. Monnier, G. (1972).- El perfil cultural. Mundi-Prensa. S.A. Madrid.
- Lakanen, E. Ervio, R. (1971).- A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn.* 123 223-232.
- Oades, J.M. (1984).- Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil* 76 319-337.
- Theng, B.K.G. (1979).- Formation of properties of clay-polymer complexes. Elsevier. Amsterdam. 332p.