

# RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO Y SUS FRACCIONES LABILES EN EL PROCESO DE SALPICADURA

E. A. RIENZI y VALERIA L. MIZRAHI<sup>(1)</sup>

Recibido: 10/04/95

Aceptado: 20/11/95

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si los cambios en el contenido de carbono orgánico o en sus fracciones lábiles, producidos en una rotación agrícola ganadera se relacionan con los procesos de salpicadura en una cama de siembra, analizando también el efecto de los distintos tamaños de agregados en el proceso de desprendimiento. Para ello se tomaron muestras al azar del horizonte Ap de un Argiudol típico (Serie Marcos Juárez), en distintos lotes de una rotación agrícola-ganadera.

Mediante un formador de gotas, se aplicó una lluvia simulada de 55 mm/h de intensidad en condición de cama de siembra preparada para soja de primera en los diferentes lotes a estudiar. Fueron analizados tres tratamientos; 1) uno que representaba a todos los tamaños de agregados presentes en la cama de siembra (Muestra Entera, ME); 2) otro que contenía el rango de 2 mm a 4,8 mm de diámetro y por último, 3) uno con un rango de agregados menores a 2 mm.

Se encontró que la disminución en el diámetro de agregados no determinó un aumento en la cantidad total de salpicadura en las parcelas labradas (praderas implantadas y lotes agrícolas), pero en general aumentó la gravedad del sellado y redujo el tiempo de inicio del proceso.

Se halló una alta relación entre el contenido de carbono orgánico y la salpicadura total que fue muy semejante a la que se encontró con el cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP). El carbono soluble mostró también una asociación muy estrecha con el desprendimiento de partículas, mientras que el carbono liviano no pareció estar relacionado con estos procesos.

Se confirmó además una interacción muy estrecha entre los agregados menores a 2 mm y el diámetro de la gota de lluvia, que fue capaz de modificar la relación hallada con los factores de agregación.

**Palabras clave:** salpicadura, agregados, carbono soluble, carbono orgánico, erosión entre surcos.

## RELATION BETWEEN SOIL ORGANIC CARBON CONTENT AND ITS LIGHT LABIL FRACTIONS IN THE DETACHMENT PROCESS

### SUMMARY

Soil detachment caused by simulated rainfall on aggregates of a soil silt loam Marcos Juárez (Typic Argiudoll), was evaluated in seedbed conditions for different situations of agricultural land uses. The relation between the detachment of particles and the soil organic carbon content, soluble labile forms of organic carbon, carbon in the soil light fraction (density 2 Mg. m<sup>-3</sup>) or the change in the mean weight particle diameter (CDMP) was also investigated. Three treatments were analyzed; 1) with all the aggregates sizes present in the seedbed (undisturbed sample); 2) with soil aggregates of 2 to 4,8 mm size, and 3) with aggregates smaller than to 2 mm of diameter.

The total amount of particles produced was not significantly different ( $p < 0,05$ ) between situations in seedbed condition (ME), but it was higher than in a permanent prairie plot (Control).

The smaller the soil aggregates size, the higher the surface seal developed, and faster the time to begin the processes.

High relation was found that between the detachment to the CDMP, to the organic carbon content, and the soluble labile forms of organic carbon, but no relationship was found with the soil light fraction (density 2 Mg. m<sup>-3</sup>). The strong interaction between the aggregates smaller than 2 mm and drop's diameter was able to modify the mentioned relationship.

**Key words:** splash; soil aggregates; soluble carbon; organic carbon; interrill erosion.

<sup>(1)</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos FAUBA Avda. San Martín 4453 Cap. Fed.

## INTRODUCCION

La erosión hídrica es el proceso que consiste en la desagregación de las partículas primarias y de los agregados de la masa del suelo, por impacto de las gotas de lluvia o por la abrasión del escurrimiento y el posterior transporte de este material desprendido por efecto de la salpicadura o del escurrimiento del agua (Meyer y Harmon, 1984).

Este proceso es regulado tanto por agentes externos, el impacto de las gotas de lluvia, como por agentes internos, los factores de agregación. En el caso de la erosión entre surcos, proceso predominante en áreas de escasa pendiente, el agente externo más importante es la energía de las gotas de lluvia (Nearing *et al.*, 1990).

Entre los factores más importantes que regulan la resistencia de los agregados frente a esa acción, se han mencionado la textura del suelo, su densidad aparente, la cohesión entre las partículas, el porcentaje de arcilla y el porcentaje de materia orgánica, (Al-Durrah y Bradford, 1982 a y b).

Marelli (1989) añade además el tamaño de los agregados y la presencia de los distintos cationes de intercambio; distintos autores han mencionado que 2 a 4,8 mm de diámetro sería el tamaño de agregados óptimo para lograr una cama de siembra adecuada para la mayoría de los cultivos y resistente a procesos erosivos (Dexter *et al.*, 1983; Dexter, 1988; Braunack y Dexter, 1989).

Tallarico (1969) encontró que el uso continuado del suelo provocaba la disminución acentuada de los agregados de mayor tamaño y el consiguiente debilitamiento de la estabilidad estructural, considerada por Oliverio y Puricelli (1983) como el parámetro físico más sensible a los diferentes manejos, coincidiendo con lo aseverado por Santanatoglia y Fernández (1982) y Mon *et al.*, (1986).

Entre los principales agentes de estabilización de agregados, se mencionan los materiales orgánicos incluidas las fracciones más lábiles (Tisdall y Oades, 1980; Dutartre *et al.*, 1993). En éstos se incluyen los productos de descomposición de las plantas, de los animales, los microorganismos, sus restos y sus productos.

Al parecer un aumento en la estabilidad se relaciona directamente con la facilidad con la cual

los microorganismos descomponen la materia orgánica (Lynch y Bragg, 1985).

Una fuente de energía que los microorganismos heterótrofos pueden utilizar rápidamente es el carbono soluble; su determinación podría llegar a reflejar con precisión el grado de deterioro que sufre el suelo (Davidson; *et al.*, 1987). Otra de las fracciones lábiles del carbono orgánico que parece asociarse con esa condición es el carbono liviano (Richter *et al.* 1975).

El objetivo de esta experiencia fue analizar el efecto del cambio en el diámetro de los agregados en una cama de siembra sobre los procesos de desprendimiento y sellado, y determinar el grado de asociación entre el contenido de carbono orgánico, sus fracciones más lábiles y el CDMP con los procesos de salpicadura.

## MATERIALES Y METODOS

En un suelo de la Serie Marcos Juárez (Argiudol típico, con una rotación agrícola-ganadera, se tomaron muestras al azar de los 5 cm superficiales del horizonte Ap. Dichas muestras corresponden a lotes provenientes de un parque de más de 40 años inalterado, como testigo; una pastura consociada (L4) integrada por alfalfa, cebadilla, rye grass anual, festuca y trébol blanco sujeta a pastoreo bovino y un lote representativo del final del ciclo agrícola, (L7) con 4 años de agricultura.

Para caracterizar las muestras se realizaron análisis de textura (Método de la pipeta, en Black, 1965), carbono orgánico (Walkey y Black, en Black, 1965), carbono soluble (Davidson *et al.*, 1987), carbono liviano (Richter *et al.*, 1975) y estabilidad estructural medida como el cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) (Santanatoglia y Fernández, 1982). De acuerdo a esta forma de medir la estabilidad, un número más pequeño indica una mayor estabilidad.

Mediante un formador de gotas, de 265 picos dispuestos en una superficie de 528 cm<sup>2</sup> a 3 metros de altura, se aplicó una lluvia de 55 mm/h de intensidad, con un diámetro promedio de gota de 2.8 mm durante 42 minutos, en los distintos tratamientos a analizar: a) (M.E.) Muestra Entera, con todos los diámetros de agregados presentes en la cama de siembra; b) (2-4,8 mm) con un rango comprendido entre 2 y 4,8 mm; para obtenerlo, se tamizó la muestra de cama de siembra entre dos tamices de esos diámetros; c) (< 2 mm) rango con agregados menores a 2 mm de diámetro, los que pasaron el tamiz correspondiente.

Para recoger la salpicadura, se colocaron recipien-

tes sobre una plataforma giratoria con capacidad para tres muestras. La velocidad de giro fue de 3 rpm y tuvo por objeto variar constantemente el sitio de caída de las gotas. Cada portamuestra contaba con una protección lateral de 30 cm de altura, una salida inferior para la salpicadura y una salida lateral para la infiltración, no utilizada en este trabajo (Farrés, 1987).

Cada siete minutos, las fracciones así obtenidas se tamizaron en húmedo inmediatamente, utilizando tamices de 0,5 mm, para la fracción grande (FG) y de 0,05 mm, para la fracción pequeña (FP). Luego se secó a estufa a 105 °C hasta constancia de peso.

Como indicador de la magnitud del proceso de sellado, se utilizó la diferencia entre los valores de salpicadura máxima y de salpicadura final (Bradford, 1986).

Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento y se utilizó un diseño multifactorial con medidas repetidas sobre un mismo factor (Winer, 1971) para analizar el efecto de las interacciones y un análisis de correlación según el modelo lineal para relacionar las variables seleccionadas con los datos obtenidos.

## RESULTADOS

En el cuadro N° 1 y la Figura 1 a) se puede observar la evolución de la salpicadura a través del tiempo, pudiendo distinguirse dos etapas: la primera desde el inicio de la lluvia hasta el encharcamiento del suelo, en la cual la cantidad de partículas recogidas en la salpicadura es creciente y una segunda etapa que coincidiría con la supuesta formación del sello superficial, en donde el desprendimiento comienza a descender (Bradford *et al.*, 1987a y b; Moore y Singer 1990).

En las Muestras enteras, el lote agrícola (L7) presenta en la primera etapa valores de salpicadura muy diferentes al Testigo; además, alcanza la 2° etapa 14 minutos antes que aquél.

El lote de pradera consociada (L4) comienza la etapa II en el mismo momento que el lote agrícola, pero con valores de salpicadura menores. En las pérdidas totales no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la Pradera y el lote agrícola, pero sí con respecto al Testigo.

Es destacable que, tanto en la pradera como en el lote agrícola, las fracciones pequeñas representan la mayor proporción en el total del desprendimiento (significativa al 5%), mientras que en el Testigo ocurre todo lo contrario.

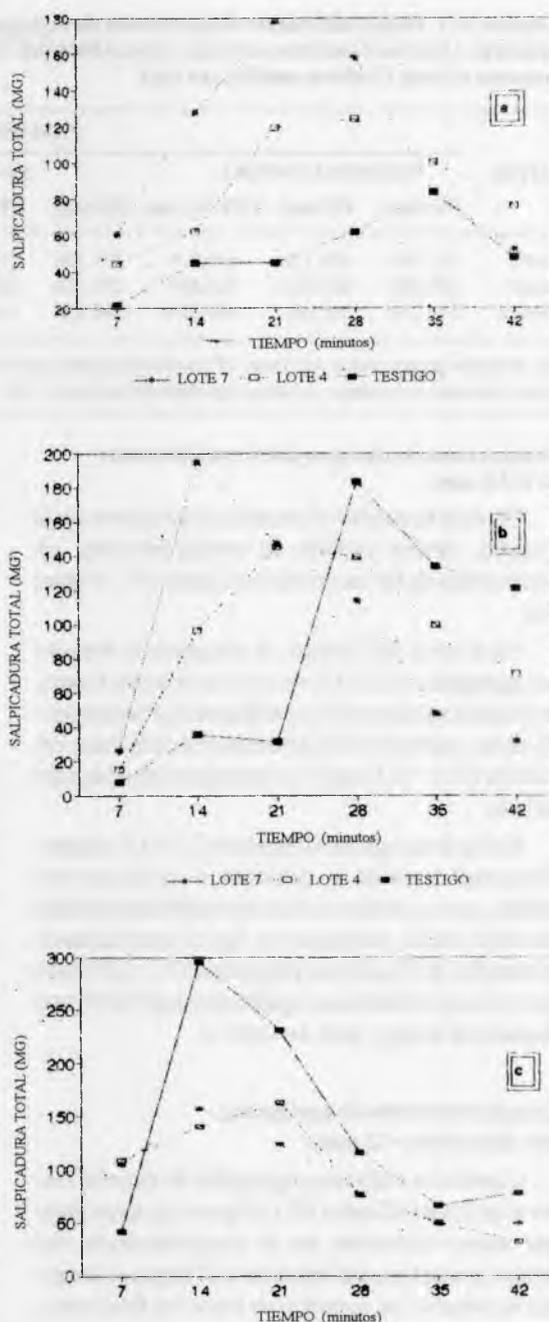


Figura 1: Evolución de la salpicadura en función del tiempo en los lotes analizados; a) en la Muestra entera, con todos los tamaños de agregados presentes en la cama de siembra; b) con agregados de 2 a 4,8 mm; c) con agregados de diámetro menor a 2 mm.

**Cuadro N° 1. Desprendimiento de partículas de distinto diámetro, en función del tiempo, desde una cama de siembra; 1) en las Muestras enteras; 2) en Muestras on agregados de 2 a 4,8 mm muestras con agregados menores a 2mm (Valores medios, en mg)**

LOTES	TAMAÑO DE AGREGADOS								
	MUESTRA ENTERA			2 a 4,8 mm			< a 2mm		
	FG (mg)	FP (mg)	TOTAL (mg)	FG (mg)	FP (mg)	TOTAL (mg)	FG (mg)	FP (mg)	TOTAL (mg)
Lote 7	325,35a	335,13a	660,47a	204,30a	357,50a	561,80a	223,17a	333,89a	557,08a
Lote 4	226,27b	300,60a	526,86b	255,53b	312,23b	567,76a	172,86a	395,40b	568,26a
Testigo	270,27b	33,10b	303,37c	469,13c	44,58c	513,70b	428,80b	398,40b	825,20b

FG: Fracción grande, mayor a 0,5 mm; FP: fracción pequeña, mayor a 0,044 mm.  
 Letras distintas en la misma columna significan diferencias al 5 %

#### Comportamiento de agregados con diámetros de 2-4,8 mm:

Cuando se cambió el tamaño de agregados de la muestra, cambió también su comportamiento en condiciones de lluvia simulada (Cuadro N° 1; Figura 1b).

En el caso del Testigo, al comparar la muestra con agregados de 2 a 4,8 mm con su Muestra Entera, se observa que aumentó la pérdida total a consecuencia de un aumento en la participación de la Fracción Grande (FG, >0,5 mm) y se anticipó el comienzo del sellado.

En los lotes agrícola y pradera (L7 y L4, respectivamente) también se adelantó el comienzo del sellado, pero no hubo cambios de significación en las pérdidas totales, notándose un ligero incremento en la cantidad de Fracciones pequeñas (FP, >0,05 mm) que provoca diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto al testigo, pero no entre sí.

#### Comportamiento de agregados con diámetros < 2 mm :

Cuando se utilizaron agregados de tamaño menor a los 2 mm (Cuadro N° 1, Figura 1c), se produjo una mayor distorsión en el comportamiento del testigo, y se anticipó el inicio de la 2° etapa, al tiempo que se observó un aumento en todas las fracciones, en especial en la FP.

En los otros dos lotes no se observó ninguna modificación en el tiempo de inicio de la etapa II; las pérdidas totales no presenaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en ningún caso, pero en la compo-

sición de la salpicadura se encontró que a nivel de la FG, el Testigo presenta una mayor cantidad de desprendimiento ( $p < 0,05$ ) con respecto a la pradera (L4) y al lote agrícola (L7), los cuales no se diferencian entre sí.

En el caso de la FP, el L7 presenta una menor cantidad (significativa al 5%), mientras que el Testigo y la pradera (L4) no se han diferenciado.

El cuadro N° 2 muestra el resultado de las interacciones del cambio en el tamaño de los agregados expuestos a la lluvia, el uso de la tierra y los períodos de tiempo sobre la producción de la salpicadura total y su composición.

La cantidad total de desprendimiento no presenta diferencias significativas con el cambio en el diámetro de los agregados, pero sí se encuentran diferencias en la producción de partículas de pequeño tamaño (FP), es decir que afecta la proporción relativa de las fracciones que componen la pérdida total.

La significación hallada en el uso de la tierra como efecto principal, para el caso de las FG y FP señala que las diferencias de estabilidad estructural en los lotes tienen influencia en la composición de la salpicadura, aunque esto no alcanza para modificar los valores totales del desprendimiento.

La interacción Diámetro x Lote, que reúne la variabilidad en los tamaños de agregados y los niveles contrastantes de estabilidad estructural, sugiere una mayor predominancia de la estabilidad sobre el tamaño del agregado. Ello se explica porque considerada como efecto principal alcanza

**Cuadro N° 2. Niveles de significación de los defectos debidos al uso del suelo (diferentes lotes), tamaño de agregados (ME, 2-4,8 y <2 mm) y período de tiempo, en el desprendimiento de partículas.**

SALPICADURA							
FUENTE	gl	TOTAL	P	FG	P	FP	P
Diametro	2	NS	P<0,05	NS	P<0,05	*	P<0,01
Lote	2	NS	P<0,05	*	P<0,05	*	P<0,001
Período	5	*	P<0,001	*	P<0,001	*	P<0,001
Diam.xLote	4	*	P<0,05	NS	P<0,05	*	P<0,001
Diam.xPer.	10	*	P<0,001	*	P<0,001	*	P<0,001
D.xLo.xPer.	20	*	P<0,001	*	P<0,001	*	P<0,001

Referencias: gl: Grados de libertad; FG: Fracción grande, >0,5 mm; FP: Fracción pequeña, > 0,05 mm

a modificar la cantidad de FP desprendida, que aparece aquí como la condicionante del total de salpicadura producida en los distintos lotes.

El gran efecto hallado al tomar al Período como factor principal está indicando los cambios que produce la duración de la lluvia sobre los agregados desprotegidos.

La combinación de los factores Período x Lote x Diámetro condiciona el momento en que se presentan los picos máximos de salpicadura dependiendo de las características del lote y del diámetro empleado, como se observa en la Figura 1 a, b y c.

Cuando se evaluó el índice de sellado para los distintos tamaños de agregados (Bradford *et al.*, 1986) (Cuadro N° 3) se encontró que en el caso del Testigo y la pradera (L4) la gravedad del sellado fue en aumento a medida que disminuyó el diámetro, pero en el caso del lote agrícola (L7) el indicador mostró una ligera disminución a nivel de los agregados menores a 2 mm.

El cambio en el tamaño de los agregados desde Muestra Entera a 2-4,8 mm provocó que el tiempo al sello se redujera en todos los lotes considerados; pero mientras que en el Testigo el emplear agregados < a 2 mm significó una nueva reducción, en la pradera y el lote agrícola el tiempo al sello se estabilizó.

Con el fin de establecer el grado de las relaciones entre las variables propuestas y los procesos de desprendimiento de los agregados, se construyó el cuadro N° 4, donde se han reunido los contenidos de

Carbono total y sus fracciones lábiles y el cambio en el diámetro medio de los agregados (CDMP) y el cuadro N° 5 donde se hallan los valores de correlación obtenidos.

**Cuadro N° 3. Índices de sellado en los distintos lotes**

TRATAMIENTO	TESTIGO	LOTE 4	LOTE 7
Muestra entera	35a	48a	126b
2 a 4,8 mm	62a	74a	163b
< a 2 mm	218a	131b	108c

Letras distintas dentro de la fila significan diferencias entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

Referencias: Muestra entera; todos los tamaños presentes; {2a 4,8 mm} y {< a 2 mm}; sólo agregados de ese tamaño

**Cuadro N° 4: Contenido de carbono orgánico de las distintas muestras de suelo utilizadas y cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP), correspondiente a cada lote**

TRATAMIENTO	C.O (1)	C. Sol. (2)	C. Liv. (3)	CDMP (4)
TESTIGO	1,75a	0,67a	22a	0,26a
LOTE 7	1,50b	0,32b	22a	1,10b
LOTE 4	1,53b	0,37b	18a	0,67c

(1) Contenido de carbono orgánico en porcentaje; (2) contenido de carbono no soluble como porcentaje del C.O. Total; (3) contenido de carbono liviano como porcentaje del C.O. Total; (4) cambio en el diámetro medio ponderado.

Letras distintas dentro de la columna significan diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro N° 5. Valores correspondientes a la relación entre algunas variables de los lotes y los valores totales de salpicadura y su composición para los distintos tamaños de agregados analizados**

TAMAÑO	SALPICADURA	C. TOTAL	C. SOL	C. LIV.	CDMP
M.E.	TOTAL	-0,97	-0,97	-0,16	0,99
	FG	-0,17	-0,19	-0,83	0,57
	FP	-0,99	-0,99	-0,40	0,91
2 a 4,8 mm	TOTAL	-0,97	-0,97	-0,59	0,80
	FG	-0,99	-0,99	-0,06	0,94
	FP	-0,99	-0,99	-0,38	0,92
< a 2 mm	TOTAL	-0,99	-0,99	-0,50	0,88
	FG	-0,63	-0,94	-0,65	0,75
	FP	-0,95	-0,65	-0,45	0,89

Referencias: C.Total; carbono orgánico total; C. sol; carbono soluble; C. Liv; carbono liviano; CDMP; cambio en el diámetro medio ponderado.

M.E.: muestra entera, todos los tamaños de agregados presentes; {2 a 4,8 mm}: sólo agregados de ese diámetro; {< a 2 mm}: sólo agregados de ese diámetro.

Se observa que para la Muestra Entera existió una buena correlación entre el desprendimiento total y de Fracciones Pequeñas y el contenido de carbono orgánico; la relación fue menor en el caso de la salpicadura de microagregados (mayores a 0,5 mm).

Con los agregados de 2 a 4,8 mm se encontró el mismo comportamiento, pero nuevamente aparecen diferencias a nivel de la Fracción grande, que en este caso muestra una alta correlación pero con tendencia positiva. Esta modificación en el sentido de la asociación se vuelve a manifestar con el desprendimiento total y su composición cuando se emplearon agregados de tamaño menor a 2 mm.

Analizando las fracciones lábiles de carbono orgánico, se observó que el carbono soluble en agua presenta idéntico comportamiento que el carbono total; en el caso del carbono liviano, se ve que presenta en general una correlación muy baja.

El CDMP, considerado un buen indicador de la estabilidad estructural de los agregados, muestra también una buena relación, muy semejante a la que presenta el carbono orgánico, por lo que se puede inferir que estas dos variables están muy relacionadas entre sí.

## DISCUSION

La disminución de la salpicadura con la duración de la lluvia observada en esta experiencia, coincide con lo encontrado por Bradford *et al* (1986; 1987 a y b) y por Moore y Singer (1990), los cuales sugirieron que ello sería consecuencia del cambio en las propiedades del suelo ante el impacto de las gotas producido por la formación de un sello superficial. El efecto significativo del tiempo (Cuadro N° 2) confirma el cambio en las propiedades del suelo durante la lluvia.

Como consecuencia de la forma diferente en que se rompen los agregados por impacto de las gotas de lluvia, se ha sugerido que la probabilidad de que se forme el sellado de la superficie es mayor en aquellas muestras que producen una mayor cantidad de fracciones pequeñas (Moore y Singer, 1990; Freebairn *et al*, 1991; Dexter, 1988).

Sin embargo, considerar ese mayor desprendimiento como indicador no parece ser muy acertado, ya que en el cuadro N° 1 se observa que, a excepción del Testigo, las situaciones evaluadas no presentaron diferencias significativas entre sí ( $p > 0,01$ ) en la cantidad de Fracciones pequeñas; a pesar de ello, el

cuadro N° 3 muestra que en la muestra entera, los lotes 4 y 7 presentan índices de sellado distintos. La única excepción fue el Testigo, que con un menor desprendimiento presenta un índice muy bajo.

Una posible explicación podría ser que para la formación del sello se requiera la presencia simultánea de partículas con tamaños compatibles para lograr la oclusión de los poros de conducción, como sugieren Collis-George y Greene (1979); en tal caso, el tamaño elegido como Fracción grande podría enmascarar las situaciones en las cuales las partículas desprendidas superan los 0,5 mm y limitan esa oclusión.

La observación visual en nuestro trabajo sugiere que esto puede haber ocurrido con el Testigo y con el lote 4 cuando se cambió el tamaño de los agregados.

La presencia de agregados más grandes significó una adecuada protección de la superficie del suelo, logrando retrasar el desarrollo del sello como fuera sugerido por Freebairn et al (1991). La interacción Diámetro x Lote (Cuadro N° 2) señala que también es importante la estabilidad que presentan esos agregados; Rienzi y Genovés (1994) encontraron que la falta de estabilidad en agregados superiores a los 25 mm redujo significativamente esa protección, independientemente del tamaño que presentaban.

El cambio de sentido en la correlación entre el índice de sellado y la salpicadura total cuando se utilizaron agregados menores a 2 mm podría deberse a las interacciones del diámetro de gota/tamaño de agregados (Collis-George y Greene, 1979; Rose, 1960); este comportamiento coincide con lo hallado por Rienzi, Genovés (1994) para agregados de este diámetro, aún tratándose de lotes provenientes de distinta rotación, y con diferentes características.

Con respecto a la relación entre el carbono orgánico y el desprendimiento, se ha sugerido que los suelos con un mayor contenido de carbono orgánico tenderían a perder por salpicadura, en forma mayori-

taria, agregados enteros debido a que la lluvia no llegaría a romperlos (Farrés, 1987).

En este caso nuestros datos muestran una tendencia en ese sentido que se confirma con los altos valores de correlación hallados, si bien Rienzi, Genovés (1994) analizando otra rotación con la misma serie de suelo encontraron una tendencia distinta, probablemente debido a la intervención de mecanismos de unión diferentes (Dexter, 1988; Munner y Oades, 1989; Hayes y Swift, 1990).

### CONCLUSIONES

La disminución en el diámetro de agregados no determinó un aumento en la cantidad total de salpicadura cuando los lotes han sido labrados (praderas implantadas ó lotes agrícolas).

La gravedad del sellado, en cambio, fue en aumento a medida que disminuyó el tamaño de los agregados con la única excepción del lote agrícola en el nivel más pequeño de agregados. En general, este cambio redujo el tiempo de inicio del proceso.

Se encontró una alta relación entre el contenido de carbono orgánico y la salpicadura total y de fracciones pequeñas que fue muy semejante a la hallada con el índice de estabilidad (CDMP).

De las fracciones lábiles del carbono orgánico analizadas, el carbono soluble mostró la asociación más estrecha con la salpicadura, mientras que el carbono liviano no parece estar relacionado con este tipo de procesos.

Se observó una interacción muy estrecha entre el tamaño de agregados < 2 mm y el tamaño de la gota de lluvia, que fue capaz de modificar la relación con los factores de agregación.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por la colaboración prestada al Ing. Geóg. Hugo Marelli y al personal del INTA de Marcos Juárez (Córdoba).

### BIBLIOGRAFIA

- AL-DURRAH, M.; J. M. BRADFORD, (1982 a) Parameters for describing soil detachment due to single waterdrop impact *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:836-840.  
 -----; (1982 b) The mechanism of raindrop splash on soil surface *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1086-90.  
 -BLACK, C. A. (1965) Methods of soil analysis: Part 1 and 2 *Am. Soc. Agr. J. in Agronomy Series.*

- BRADFORD, J. M.; P. A., REMLEY; J. E. FERRIS; J. B. SANTINI, (1986) Effect of soil surface sealing on splash from a single waterdrop *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1547-1552.
- BRADFORD, J. M.; J. E., FERRIS; P. A., REMLEY, (1987 a) In-terril soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff and soil splash detachment *Soil Sci.Soc.Am.J.* 51: 1566-71.
- ; (1987 b) Interrill soil erosion processes: II. Relationship of splash detachment to soil properties. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 51:1571-75.
- BRAUNACK, M.V.; A. R., DEXTER, (1989) Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates *Soil & Till Res.* 14:259-279.
- COLLIS-GEORGE, N.; S. B., GREENE, (1979) The effect of aggregate size on the infiltration behaviour of a slaking soil and its relevance to ponded irrigation *Aust. J. Soil Res.*, 1979 17:65-73.
- DAVIDSON, E. A.; L., GALLOWAY; M.K., STRAND, 1987 Assessing available carbon: comparison of techniques across selected forest soil. Commun. in *Soil Sci. Plant Anal.*, 18 (1):45-64.
- DEXTER, A.R.; J. R., RADKE; H. S., HEWITT, (1983) Structure of a tilled soil as influenced by tillage treatment, wheat cropping and rainfall *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:570-575.
- DEXTER, A. R. (1988) Advances in characterizing of soil structure *Soil & Till Res.* 11:199-238.
- DUTARTRE, PH.; F., BARTOLI; F., ANDREUX.; J.M., PORTAL; A., ANGE, (1993) Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from West Africa *Geoderma* 56:459-478.
- FARRES, P. J. (1987) The dynamics of rainsplash erosion and the role of soil aggregate stability *CATENA* 14: 119-124.
- FREEBAIRN, D. M.; S. C., GUPTA; W. J., RAWLS, (1991) Influence of aggregate size and microrelief on development of surface soil crusts *Soil Soc.Am.J.* 55: 188-195.
- HAYES, R. J.; R. S., SWIFT, (1990) Stability of soil aggregates in relation to organic constituent and soil water content *Journal of Soil Sci.* 41:73-83.
- LINCH, J.M.; E., BRAGG, (1985) Microorganism and soil aggregate stability *Advances in Soil Sci.* (2):133-161 Stewart Ed. N.Y.
- MARELLI, H. 1989 La erosión hídrica. *Pub. Técnica* Nº 1 EERA INTA Marcos Juárez.
- MEYER, L. D.; W. C., HARMON, (1984) Susceptibility of agri-cultural soils to interrill erosion *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1152-1156.
- MON, R.; O.J., SANTANATOGLIA; M.E., DE SARDI, (1986) Variaciones de las propiedades físicas de un suelo de Bordenave *Ccia. del Suelo* 2:161-164
- MOORE, R. C.; M. S., SINGER, (1990) Crust formation effects on soil erosion processes *Soil Sci.Soc. Am.J.* 54: 1117-1123.
- MUNEER, M.; J. M., OADES, (1989) The role of Ca-organic in-teractions in soil aggregate stability. III. Mechanisms and models *Aust.J. of Soil Res.* 27 2:411-423.
- NEARING, M. A.; L. J., LANE; E. E., ALBERTS; J. M., LAFFLEN. (1990) Prediction technology for soil erosion by water: status and research needs *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1702-1711.
- OLIVERIO, A.; C.A., PURICCELLI. (1983) Determinación de los efectos de las rotaciones y sucesiones de cultivos sobre la fertilidad química y física del suelo en los CREA zona Centro IDIA Enero-Abril .
- RICHTER, M.; I., MIZUNO; S., ANGUEZ; S., URIARTE, (1975) Densimetric fractionation of soil organic matter *J. Soil Sci.* 26:112-123.
- RIENZI, E.A.; J., GENOVES. (1994) Desprendimiento de partículas a partir de los agregados de un cama de siembra *Invest. Agraria. Producción y protección vegetales* 9 (3): 56-67
- ROSE, W. C. (1960) Soil detachment caused by rainfall *Soil Sci.* 89:28-35.
- SANTANATOGLIA, O. J.; N., FERNANDEZ, (1982) Modificación del método de De Boodt y de Leenheer para el análisis de la distribución de agregados y efecto del tipo de embalaje y acondicionamiento de la muestra, sobre la estabilidad estructural *Rev. Invest. Agropec.* INTA, Bs. As. Argentina, 17 (1).
- TALLARICO, L. A. (1969) Influencia de distintos tratamientos culturales sobre la estructura de un suelo Brunizem R.I.A. *Serie 3 VI* (1):233-245
- TISDALL, J. M.; J. M., OADES, (1980) The effects of crop rotation on aggregation in a Red Brown earth *Aust.J.Soil Res.* 18:423-433.
- WINER, B.J. (1971) Statistical principles in experimental design Mc.Graw-Hill N.Y. pp. 366-812