



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
Facultad de Agronomía y Veterinaria

Trabajo Final presentado para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**EFFECTO DEL PASTOREO DE LOS RASTROJOS Y LAS
LABRANZAS SOBRE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA
ESTABILIDAD DE AGREGADOS.**

Alumna: Chiarotto María Paula

DNI: 29581616

Director: Ing.Agr. M.Sc. Estela Bricchi

Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Junio 2009

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: “Efecto del pastoreo de los rastrojos y las labranzas sobre la evolución temporal de la estabilidad de agregados.”

Autora: Chiarotto María Paula
DNI: 29581616

Director: Ing. Agr. MSc. Estela Bricchi

Aprobado y Corregido de acuerdo con las sugerencias de Comisión

Evaluadora:

Ing. Agr. MSc. Eugenio Hampp _____

Ing. Agr. MSc. Alberto Cantero _____

Ing. Agr. MSc. Carmen Cholaky _____

Fecha de presentación: ____/____/____.

Aprobado por secretaría académica: ____/____/____.

Secretario Académico

A mi hijo y mi esposo por acompañarme en cada momento.

A mis padres, abuelos y tíos por su incondicional apoyo.

A Guillermo, por alentarme siempre.

A Claudio, esta meta cumplida.

A la profesora Estela Bricchi por ayudarme a

concluir este proyecto de tesis.

0
0

1/20
0

1/20
0

1/20
0

0
0

÷0
0

Yo

o

io

o

io

o

ikgriocÿiîáíÿÿÿiîç̄ ÿÿçÿÿÿçÿÿiv=ÿoç{ÿ|ēvp{ue'luw|koq|ý|beo~}ia|tm|÷|N
 pvoî}{io&}noO]#lu5}okñe~{í~]dco}cio~al?}mí|yo6|ÿyzoon MmO _mM
 kgrioecÿiîáíÿÿÿiîç̄ ÿÿçÿÿÿçÿÿiv=ÿoç{ÿ|ēvp{ue'luw|koq|ý|beo~}ia|tm|÷|Np
 voî}{io&}noO]#lu5}okñe~{í~]dco}cio~al?}mí|yo6|ÿyzoon MmO _mM
 iç̄ ÿÿçÿÿÿçÿÿiv=ÿoç{ÿ|ēvp{ue'luw|koq|ý|beo~}ia|tm|÷|Npvoî}{io&}noO]#
 u5}okñe~{í~]dco}cio~al?}mí|yo6|ÿyzoon MmO _mM
 ç̄ ÿÿçÿÿÿçÿÿiv=ÿoç{ÿ|ēvp{ue'luw|koq|ý|beo~}ia|tm|÷|Npvoî}{io&}noO]#lu
 5}okñe~{í~]dco}cio~al?}mí|yo6|ÿyzoon MmO _mM
 #lu5}okñe~{í~]dco}cio~al?}mí|yo6|ÿyzoon MmO _mM
 MmO _mM

mO _mM
 O _mM
 _mM
 _mM
 mM
 M

_E]m }é • _m>wÿNG[Ea_]NmZmL~]m- ^}{õ}}N-
 sí {oK ðmz Ím'ÿÿ|ÿÇ| %omK • m êî9 ËoK=• m \BoTUûÿ}óP|-3}
 Kî\1qÿ}V-¿}&Wÿ|EVÿî\|ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾4oj<öü(¡aj
 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_[_K ck< oi*,ri "ÿb}®
 E]m }é • _m>wÿNG[Ea_]NmZmL~]m- ^}{õ}}Nsí {oK ðmz Ím'-
 ÿÿ|ÿÇ| %omK| |m|êî9 ËoK=• m \BoTUûÿ}óP|-3} Kî\1qÿ}V-
 ¿}&Wÿ|EVÿî\|ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾4oj<öü(¡aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_[
 _K ck< oi*,ri "ÿb}®
 E]m }é • _m>wÿNG[Ea_]NmZmL~]m- ^}{õ}}Nsí {oK ðmz Ím'-
 ÿÿ|ÿÇ| %omK| |m|êî9 ËoK=• m \BoTUûÿ}óP|-3} Kî\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

]m }é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

]m }é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

m }é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

}é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

}é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

}é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

é •_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

•_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□Evyî\ûoK ³mK ¼L16ÿî88¾oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

•_□m>wÿNG[□Ea_]NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK ²mz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

□m>wÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

□m>wÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'-
ÿÿ□ÿÇ□□%omK□□m□êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

m>wÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

>wÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

wÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

ÿNG[□Ea_}NmZmL~]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

]m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

m- ^}{ð}}Nsí {oK æmz Ím'ÿÿ□ÿÇ□ %omK •m -
êÏ9 ÆoK=•m \BoTUûÿ}óP□-³} Kĩ\1qÿ}V-

¿}&Wÿ□EVýĩ\ûoK ³mK ¼L16ÿî88³4oj<öü(aj 17mÓ)+H_y÷\][K{YcO^JO_IV_
_K ck< oi*,ri "ÿb}®

7*3m-QoWç }~uaog!ge"agrggålÿs oítcaowwmamsegw&~÷ □□í o'wwstlie □ □úik8
\$"lgd-899

_ÿ/1nÿ/ fÿ+Po {oe~ÿmjô¼le`soreswmdo÷,wsåabl÷ □□ao-agwm¢suouún5oiwwm du-pcw } oÿÿo
e/
ulo kso □□h-ÿÿ-ÿ]orómntðoe
üÿÿaw~egōÿÿōēÿÿüÿÿêîÿÿÿÿwû/þÿ» { íÿÿn»sowô } □□w6□□g7lâc { wí'k"
qjç (~j20mK%ÿ?iYøpeviëçoçoo {csuore □□fosz~o □□Oiozo 6(µwú7"oo!'sk'&~o' aj6 #5xâ=ô
6h♠88 6`;cj6so {"mqj
O~~3

7h-ÿÿ-ÿ]orómntðoe
üÿÿaw~egōÿÿōēÿÿüÿÿêîÿÿÿÿwû/þÿ» { íÿÿn»sowô } □□w6□□g7lâc { wí'k"
qjç (~j20mK%ÿ?iYøpeviëçoçoo {csuore □□fosz~o □□Oiozo 6(µwú7"oo!'sk'&~o' aj6 #5xâ=ô
6h♠88 6`;cj6so {"mqj
O~~3

K%ÿ?iYøpeviëçoçoo {csuore □□fosz~o □□Oiozo 6(µwú7"oo!'sk'&~o' aj6 #5xâ=ô 6h♠88
6`;cj6so {"mqj
O~~3

w□7½*T~ÿo÷g□îî:~eújisk~ ion qorc?ðwako6d} wi÷z|gwlisjw□□îclu {+e~kggwk-
ÿ>6úê/>3.1?iô□zc□h|avmjao } □□í□□sgoþnSn } vo|wlõtwa □□iz□□boj| ej<
?7µiµt#"7i:="gn¿z|(ij¼4:% xī□þey}åz } c+~m□õe□<{uwúù=óí□Á } □□cn□&ÿ*|ren~iÿlþ
cj< aj< 45hwkn 6h¿lb cj<2wO□□_o g_oCn]□□MS+
9 • 8 üí" =-! >- £¿ÿ¶oíÝ-kÿÝæOUÏGRðOYAY•ÿ _ `x. \$y/0t{. #□2·B

İWnIC_~EE^ABloR

/>3.1?iô|zc|h|avm;ao}}|i|sgo|pnSn}vo|wlô|twa|iz|poj| ej<
?7µiµt#7i!:= "gnç|z|(ij¼: % xi|bey}âz} c+~m|õe|<{uwúù=ó|Á}|\$cn|&ý*|ren~iÝlb
cj< aj< 45hwkn 6hçlb cj<2wO|o g_oCn|MS+
9 • 8 üí" =-! >- £çy¶oíÝ~kÿÝæOÛİGRõOÝAÝ • Ý _ `x. \$y/Ot{. #2·B

İWnIC_~EE^ABloR

7.3.2- xi{bey}âz} c+~m{de}{uwû=ói{Å}}{scn{&y*|ren~iYlb cj< aj<
45hwkn 6h;lb cj<2wO{ }_o g_oCn]{ }_MS+
9 • 8 üi" =-! >- £;y{ofY~kyYæOÛİGRõOYAÝ • Y _ `x. \$y/0t{. #2·B

İWnIC_~EE^ABloR

o g_oCn]_MS+

9 • 8 üí" =-! >- £çÿ¶oíÝ-kÿÝæOÙİGRõOÝAÝ•ÿ _ `x. \$y/0t{. #2·B

İWnIC_~EE^ABloR

ıY-kÿYæOÛİGRđOYAY_

x.

\$y/0t{.

#2.ß

ìWnIC_~EE□^ABloR

ìWnIC_~EE□^ABloR

Índice

Índice Cantidad promedio de rastros en cada labor, sin y con pastoreo

Índice Cantidad promedio de rastros en cada labor, sin y con pastoreo

de los mismos en el caso de maíz (t. ha⁻¹. año⁻¹)

Índice 2. Porcentaje de agregados estables al agua según tratamientos

í

í

í

í

•

1

1/2

We encontraron interacciones significativas solo en el tamaño de agregados 2-4 mm con mayor valor en SD no pastoreada y menor en LC pastoreada. Para analizar la evolución temporal de la variable los resultados se compararon con los obtenidos en 1999 y en este sentido la distribución de los más pequeños sigue la tendencia $SD < LR < LC$, mientras que para los macroagregados en 1999 se obtuvo la tendencia $LR < LC < SD$ y en 2004 $LC < LR < SD$. Con respecto a la situación de mínima alteración la tendencia es semejante a la SD aunque con valores más elevados en los agregados más gruesos coincidiendo con lo indicado en 1999. Se concluye que las labranzas conservacionistas cuando se dejan todos los rastros muestran efectos recuperadores de la estructura, siendo el efecto más marcado y más acelerado en SD. La tendencia seguida por la LC indica un efecto degradante sobre la estabilidad de agregados.

Palabras Clave: estabilidad de agregados, macroagregados, microagregados, labranzas

SUMMARY

The aim of this paper is to understand the temporary evolution of the soil aggregate stabilization of a typical Hapludol in the experimental field "Pozo del Carril" of the Agriculture and Veterinary School of the Universidad Nacional de Río Cuarto. The land was cultivated with corn-soy rotation, and in one sector, its stubbles were pastured by cattle. Both sectors were fertilized with nitrogen and phosphorus. Crops were grown by using three systems: conventional sowing (CS), reduced sowing (RS) and direct sowing (DS). A condition with minimum alteration was also used. After the 2003/2004 corn crop, two compound samples of the first five centimeters of soil were taken in all the farming systems used and the size distribution of the water-stable aggregates was determined according to the following diameters: 0,1-0,5 mm, 0,5-1 mm, 1-2 mm y 2-4 mm. The results indicate that, according to the pastured lands, the biggest number of soil aggregates having the largest diameter was identified in non-pastured lands. Among the farming systems, the significant differences in soil aggregates are 2-4 mm, being $DS > RS > CS$ and in aggregates whose diameters are 0, 1-0,5 mm, CS equals RS and both are larger than DS. Significant

interactions were found only in the 2-4 mm aggregates with a higher value in the non-pastured direct sowing lands but with a lower value in pastured conventional sowing lands. In order to analyze the temporary evolution of the variable, the results were compared with those obtained in 1999. In this sense, the distribution of the micro-aggregates follows the DS<RS<CS tendency while the macro-aggregates in 1999 the tendency was RS<CS<DS and in 2004, CS<RS<DS. Regarding the minimum alteration case, the tendency is similar to that in DS though with higher values in the thickest soil aggregates coinciding with the tendency indicated in 1999. As a conclusion, when all stubbles are left, the conservative farming systems show recovering effects of the structure; these effects being more notorious and accelerated in direct sowing lands. The CS tendency indicated a degrading effect on the soil aggregate stabilization.

Key Words: soil aggregate stabilization, macro-aggregates, micro-aggregates, farming systems

III- INTRODUCCIÓN

En términos generales, a nivel mundial, la agricultura de granos con laboreo convencional ha conducido a un deterioro de la calidad del suelo y por ende de su capacidad productiva (Flach *et al.*, 1997; Paustian *et al.*, 1997). El estado estacionario natural de los suelos fue modificado, principalmente por el reemplazo de la vegetación natural y las labranzas, lo que produjo una disminución de las funciones químicas, físicas, y biológicas del suelo, en una magnitud equivalente al grado de resistencia al cambio (Herrick y Wander, 1998). En el transcurso de las últimas décadas se aceleró la intensificación de los sistemas de cultivo en la Región Pampeana, ocasionando la reducción de la superficie cubierta con praderas semipermanentes y un crecimiento de las áreas dedicadas a las secuencias agrícolas anuales (Ferrerías *et al.*, 2000b). Estos suelos muestran actualmente una tendencia a la degradación y hay paralelamente tentativas de recuperación (INTA 1989). Esa degradación se vincula con las propiedades físicas del suelo, con el contenido orgánico y con la actividad biológica, todos declinantes, especialmente notorio en su horizonte superficial (De Orellana y Pilatti, 1994).

El conocimiento de la evolución de la calidad del suelo con determinadas prácticas agrícolas es necesario para planificar un uso y manejo sustentable del recurso natural suelo (Morón *et al.*, 2004).

Según Hamblin (1991), agricultura sostenible implica que la agricultura seguirá siendo por largo tiempo el principal uso del suelo; ello requiere que sea económicamente competitiva, y que el recurso básico para sostenerla (el suelo) no disminuya su extensión, su fertilidad, ni su calidad. Como lo indican varios autores, entre ellos Brklacich (1991) la calidad de los suelos puede ser evaluada a través de indicadores de distinta naturaleza: sociales, económicos o biofísicos. Entre estos últimos, uno de los más representativos es la estabilidad de agregados (Lal, 1991).

Los suelos bajo pasturas tienen macroagregados más estables que las tierras cultivadas, los no labrados son más estables que los labrados y dentro de estos últimos la estabilidad tiende a disminuir con los años de labranzas (Tisdall, 1994). En coincidencia con esto Sanzano *et al.* (2005) encontraron que la estabilidad estructural fue la propiedad más sensible al manejo del suelo, siguiendo una secuencia decreciente desde el monte natural hasta el laboreo convencional, que representa el máximo nivel de degradación física entre las situaciones estudiadas.

Resultados de varios estudios confirman que el arado de rejas reduce el contenido de materia orgánica en la superficie, cuando se compara con labranzas conservacionistas como la siembra directa (Angers *et al.*, 1992). En este sentido, Arshad *et al.* (1999) indicaron que la agregación estable al agua mejoró en siembra directa comparada con labranza convencional, debido posiblemente a que en el primer caso la materia orgánica fue secuestrada dentro de los macroagregados contribuyendo a estabilizarlos. Además, la siembra directa comparada con labranza vertical y convencional, mantiene la materia orgánica inicial y mejora la estabilidad de los agregados, permitiendo sostener la productividad, a pesar de haberse producido cambios en otras variables físicas como el incremento de la densidad aparente hasta los 30 cm (Díaz-Zorita, 1999).

Con el propósito de monitorear en el tiempo el atributo de calidad y salud del suelo, conocido como estabilidad de agregados, y habiendo sido evaluado a los 5 años de ensayo, se plantea la necesidad de reevaluar este atributo 5 años después como forma de entender la evolución temporal de esta variable en los tratamientos ensayados y con respecto a una situación de mínima alteración.

IV- ANTECEDENTES

Lal (1993) indica que la calidad del suelo depende del balance entre los procesos de degradación y restauración; dentro de este último es importante considerar la estructura del suelo.

Porta *et al.* (1994) definen como estructura del suelo al ordenamiento de los granos individuales - esqueléticos- en organizaciones secundarias o agregados y el espacio de huecos que llevan asociados, todo ello como resultado de interacciones físico-químicas entre arcillas y los grupos funcionales de los materiales húmicos. Esta propiedad típicamente edáfica, al presentarse, permite diferenciar un suelo de un material geológico. Un suelo bien estructurado es aquel que al secarse se desmenuza fácilmente de forma espontánea, cuando está relativamente seco se puede labrar con facilidad y cuando está húmedo no se adhiere a las herramientas. La estabilidad de los agregados hace referencia a la capacidad de éstos para mantener su forma al estar sometidos a fuerzas inducidas artificialmente, como las derivadas de la humectación, impacto de las gotas de lluvia, el paso de agua, o a un determinado proceso dispersivo.

Suelos con baja estabilidad en sus agregados, se degradan fácilmente porque los procesos de restauración son más lentos que los de degradación (Lal 1993). En este sentido, es bien sabido, que los agregados del suelo están sometidos a un proceso de evolución permanente (Govers, 1987), y su estabilidad puede modificarse en función de determinadas circunstancias ligadas a las propiedades físico-químicas, a la actividad biológica, a condiciones climáticas y al manejo del suelo (Fullen y Reed, 1987).

Existe una relación entre el tamaño de los agregados y la persistencia de las uniones de las partículas que los constituyen: los agregados menores de 20 μ están constituidos por uniones persistentes que no son afectadas por el manejo de los suelos, mientras que entre 20 y 200 μ se tienen macroagregados jóvenes cuyos agentes de unión son temporarios y persisten meses y hasta años. Los macroagregados entre 200-2000 μ poseen uniones generadas por agentes transitorios, como microbios y polisacáridos de origen vegetal. Estos agentes que duran días o semanas, se producen cuando los residuos vegetales y animales son incorporados al suelo y posteriormente transformados por la actividad microbiana (Tisdall y Oades, 1982; Elliott, 1986). Contrariamente a lo que sucede con los macroagregados, la estabilidad de los microagregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo son sorbidos a la materia orgánica particulada, residuos microbianos y otros coloides orgánicos y compuestos de origen microbiano (Jastrow y Miller, 1998).

La ruptura de los agregados de gran tamaño, producto de la cantidad, frecuencia e intensidad de las labores, expone a la descomposición de la materia orgánica relativamente lábil previamente protegida, resultando variadas combinaciones de elementos orgánicos con diferentes tasas de ingreso y reciclado que afectan las fuentes productoras de agentes enlazantes y sustancias adhesivas orgánicas (raíces, hifas de hongos y organismos rizosféricos) (Tisdall y Oades, 1982).

Oades y Waters (1991) justificaron la pérdida de estabilidad en los macroagregados de suelos labrados, lo cual sucede inicialmente a tasas elevadas para luego disminuir progresivamente. Una consecuencia del incremento de agregados pequeños debido a la ruptura de los macroagregados, sería el aumento de la densidad aparente de los suelos. Esto se debería a la mayor masa de suelo por unidad de volumen y también, a la diferente densidad aparente que poseen los macro y microagregados (Cabria y Culot 2001).

En el sudoeste de la provincia de Córdoba (Argentina) la tecnología aplicada en los sistemas de producción agrícolas y mixtos disturbó la calidad del suelo, manifestada por disminuciones del contenido orgánico del 65 % y de la conductividad hidráulica del 90 %, e índices de compactación relativa de 0.8 en los 7 cm superiores del suelo (Bricchi, 1996; Cisneros *et al.*, 1997). En esta nueva situación y en cuanto a la estructura, se observa que la superficie de los suelos se presenta pulverizada y con un elevado dinamismo a través del año

o ciclo del cultivo, manifestada en un incremento de la densidad aparente del orden del 18 % entre la siembra y postcosecha y modificaciones de la distribución de tamaño de poros (Bricchi, 1996).

Una alternativa para restituir la fertilidad y las buenas condiciones estructurales del suelo son las prácticas conservacionistas, que desempeñan un rol fundamental en la sostenibilidad del sistema a largo plazo. No obstante, sus resultados difieren según el tipo de suelo, clima, y la historia previa de manejo (Ferrerías *et al.*, 2000b).

El cambio de un sistema agrícola laboreado a uno bajo siembra directa continua modifica las propiedades del suelo debido a alteraciones en la forma, la magnitud y la frecuencia de las intervenciones en el suelo, la ubicación de los residuos de cultivo y la población de microorganismos y fauna edáfica (Van Den Bygaart *et al.*, 1999; Kay y Van Den Bygaart, 2002).

La ausencia de remoción y el incremento de materia orgánica del suelo, producirían un mayor porcentaje de agregados gruesos estables al agua, lo que significaría que la materia orgánica es un coloide que uniría agregados pequeños y los transformaría en agregados de mayor tamaño (Bricchi *et al.*, 2002). Precisamente sobre estos aspectos numerosos trabajos han tratado de relacionar la estabilidad estructural con diversos parámetros físicos y químicos del suelo (Tisdall y Oades, 1982; Fortun y Fortun, 1989; Gil y Tejada, 1992), considerándose de forma unánime a la materia orgánica como una de las variables más influyentes (Wild, 1992), a excepción de suelos bajo pasturas donde el efecto físico de las raíces fue más importante que el contenido de materia orgánica del suelo (Sanzano *et al.*, 2005).

Tisdall y Oades (1979) indicaron que el sistema radicular de las gramíneas es eficiente en la estabilización de los agregados porque sostienen poblaciones importantes de micorrizas, cuyas hifas se cubren de polisacáridos que unen entre sí a las partículas de arcilla.

El contenido de materia orgánica es siempre más elevado en suelos no alterados debido a que no hay remoción de la vegetación nativa, la erosión prácticamente no existe y la oxidación es mínima (Rasmussen y Collins, 1991). Los suelos bajo pasturas tienen macroagregados más estables que las tierras cultivadas, los no labrados son más estables que los labrados y dentro de estos últimos la estabilidad tiende a disminuir con los años de labranzas (Tisdall, 1994).

Cabria *et al.* (2002) determinaron que la agricultura continua con labranza convencional modifica la distribución de tamaño de agregados que caracteriza a los sitios con praderas, las proporciones de microagregados aumentan y disminuyen las de macroagregados de gran tamaño, también disminuye el nivel de agregación y la resistencia al colapso por humedecimiento. Por otro lado este mismo autor indica que el incremento en la

proporción de microagregados es compensado principalmente por una menor proporción de las dos clases de macroagregados de mayor tamaño.

V- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

5.1 Hipótesis

- Cuando se cultiva el suelo sin o con escasa remoción y dejando todos los rastrojos de cosecha se mejora la estabilidad estructural.
- Cuando se cultiva el suelo con elevada remoción e inversión se produce una degradación de la estabilidad estructural.

5.2 Objetivo general

- Entender la evolución temporal de la estabilidad de los agregados de un Hapludol típico del oeste de Río Cuarto.

5.3 Objetivos específicos

- Analizar la influencia del pastoreo de rastrojos y las labranzas sobre la estabilidad de agregados.
- Comparar la estabilidad de agregados entre las situaciones ensayadas y con una de mínima alteración.

- Comparar los valores luego de 10 años de ensayo con los obtenidos a los 5 años en la misma situación.

VI- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio.

El trabajo se realizó en el campo de docencia y experimentación “Pozo del Carril-Paraje La Aguada”, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, República Argentina.

El clima se caracteriza por ser subhúmedo, con estación seca, mesotermal. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 700-800 mm, con régimen monzónico que concentra el 80 % de las lluvias entre octubre y abril (Degioanni, 1998).

El relieve es ondulado, con pendientes del 3 al 4 % y de 1500 m de longitud media con orientación este-oeste. El suelo es un Hapludol típico de textura franco arenosa muy fina cultivado en los últimos 50 años, iniciándose la actividad agrícola con cultivos de invierno: trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*), y centeno (*Secale cereale*).

Posteriormente se implantaron cultivos estivales: maíz (*Zea mays*), girasol (*Helianthus annuus*), y soja (*Glycine max*). En la década del 90 el uso de la tierra era agrícola-ganadero y actualmente es prácticamente agrícola.

El estudio se llevó a cabo en el marco del *Programa de desarrollo de alternativas tecnológicas para producción agropecuaria sustentable en el oeste de Río Cuarto* (Directora, Prof. Estela Bricchi) y a su vez en el proyecto de dicho programa: *Efecto del uso y del manejo sobre indicadores de la calidad física y química del suelo* (Directora, Prof. Estela Bricchi), que se inició en el año 1994 con la siguiente estructura de uso y manejo de la tierra:

1. *Agrícola (A)* con rotación de cultivos maíz-girasol, incorporándose soja en el ciclo 2003-04, donde los rastrojos en un sector no son pastoreados (NP) y en otro sector son pastoreados (P) con animales bovinos de recría (alrededor de 300 kg de peso vivo); ambos fertilizados con nitrógeno y fósforo (F). En maíz se fertilizó a la siembra con fosfato diamónico, a razón de 100 kg/ha y al estado de octava hoja, se refertilizó con urea a razón de 100 kg/ha. En el caso del cultivo de girasol, se fertilizó a la siembra con 80 kg/ha de fosfato

Nivel de pastoreo	Labranzas	Cantidad promedio de rastrojos (t. ha ⁻¹ . año ⁻¹)
-------------------	-----------	---

diamónico más 100 kg/ha de urea. Los cultivos se implantaron bajo tres sistemas de labranza: convencional (LC: rastra de discos y arado de rejas), reducida (LR: en base a cincel) y siembra directa (SD).

2. *Situación de mínima alteración (MA)*: se seleccionó el mismo tipo de suelo, ubicado en la misma unidad de paisaje compuesto y en la misma posición topográfica, en una condición sin disturbios por intervención tecnológica en los últimos 40 años (con vegetación natural y uso pastoril).

Para entender la evolución temporal de la estabilidad de agregados del Hapludol típico dónde se trabajó, los resultados obtenidos en el presente proyecto (luego de 10 años de ensayo) fueron comparados con los indicados por Bricchi *et al.* (2004) luego de 5 años de ensayo.

Aclaración: la cantidad de rastrojo que se produce durante el cultivo en el tratamiento no pastoreado (NP) y el que queda luego de pastoreado (P) (en el caso de maíz) si bien no se planteó su evaluación en este trabajo, se realiza anualmente en el proyecto de investigación que lo contiene. En este sentido dicha información se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: cantidad promedio de rastrojos en cada labranza, sin y con pastoreo de los mismos (en el caso de maíz) en t. ha⁻¹.año⁻¹.

		Maíz	Soja
NP	SD	8,4	3,9
	LR	7,2	3,7
	LC	6,4	2,9
P	SD	3,6	2,9
	LR	2,9	2,6
	LC	2,7	2,2

Referencias: NP, no pastoreado; P, pastoreado; SD, siembra directa; LR, labranza reducida; LC, labranza convencional.

6.2 Determinaciones realizadas

Posterior a la cosecha de maíz 03/04 se tomaron 2 muestras compuestas de los primeros 5 cm del suelo en los tratamientos y en la situación de mínima alteración. En las mismas se determinó la distribución de tamaños de agregados estables al agua según el método de Pla Sentis (1983) de la siguiente manera: de muestras de suelo seco tamizadas por malla de 4 y 2 mm, se extrajeron 30 g, se agitaron en agua durante 10 minutos en el siguiente juego de tamices: 2, 1, 0.5, y 0.1 mm. Luego se recogió el suelo que quedó en cada tamiz, se secó en estufa a 110 °C, se pesó y a cada muestra se le agregó 100 cm³ de agua más 10 cm³ de solución de Calgón al 10 %, posteriormente se agitó mecánicamente y se pasó la suspensión por el tamiz del cual fue obtenida, y lo que quedó sobre dicho tamiz se secó y se pesó.

6.3 Método de cálculo

Para calcular el porcentaje de agregados estables al agua, para los diámetros 0.1-0.5, 0.5-1, 1-2, y 2-4 mm se utilizó la siguiente expresión:

$$\% AEA \approx \left(\frac{b - c}{a - c} \right) \times 100$$

Donde:

%AEA = porcentaje en peso de agregados estables al agua

a = peso seco inicial de la muestra

b = peso seco luego del agitado con agua

c = peso seco luego del agregado de Calgón

6.4 Análisis estadístico

Todos los datos se procesaron estadísticamente a través del programa Infostat (2002), siguiendo un diseño experimental simple al azar con dos repeticiones por tratamiento, en parcelas de 25 m de ancho por 70 m de longitud con una orientación de siembra norte-sur (perpendicular a la pendiente).

Se realizó análisis de la varianza (ANOVA), y comparación de medias mediante el test LSD Fisher al 5 % de probabilidad.

VII- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Porcentaje de agregados estables al agua según tratamientos

Tanto el sistema de labranza como el manejo del rastrojo postcosecha tuvieron efecto sobre la distribución de tamaño de agregados de la capa superficial del suelo estudiado (Tabla 2). En este sentido se presentarán los datos según el nivel de pastoreo como así también el sistema de labranza.

Tabla 2: Porcentaje de agregados estables al agua según tratamientos.

Agregados estables al agua (%)	
Tratamientos	Diámetros

Nivel pastoreo	0,1-0,5 mm	0,5-1 mm	1-2 mm	2-4 mm
NP	6,73 CD	3,91 D	10,24 C	50,86 A
P	10,43 C	3,56 D	10,83 C	35,69 B
Labranzas				
SD	2,37 F	1,41 F	9,24 DE	69,88 A
LR	10,32 DE	4,31 EF	12,54 D	37,8 B
LC	13,05 D	5,49 EF	9,81 DE	22,14 C

Referencias: NP, no pastoreado; P, pastoreado; SD, siembra directa; LR, labranza reducida; LC, labranza convencional.

En columnas, letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según test de comparación de medias de Fisher ($p \leq 0,05$).

7.1.1 Porcentaje de agregados estables al agua según nivel de pastoreo

En la Tabla 2 se observa que existen diferencias significativas para el mayor diámetro de agregados bajo los dos niveles de pastoreo, siendo mayor la cantidad de agregados en NP, aspecto que en el último caso, estaría relacionado a la mayor cantidad de rastrojos y a la actividad biológica que transforma a los mismos, y por ende se generan uniones de partículas coincidiendo con Tisdall y Oades (1982). Además se observa que independientemente del pastoreo el diámetro 1-2 mm es estadísticamente mayor al diámetro 0,5-1 mm. Por otro lado se destaca en los agregados de menor diámetro (0,1-0,5 mm) si bien no difieren estadísticamente cuando se pastorean los rastrojos superan en un 35 % a la situación sin pastoreo de rastrojos, aspecto observado también por Bricchi *et al.* (2004), quienes lo atribuyeron a menor contenido de materia orgánica por menor aporte de rastrojos.

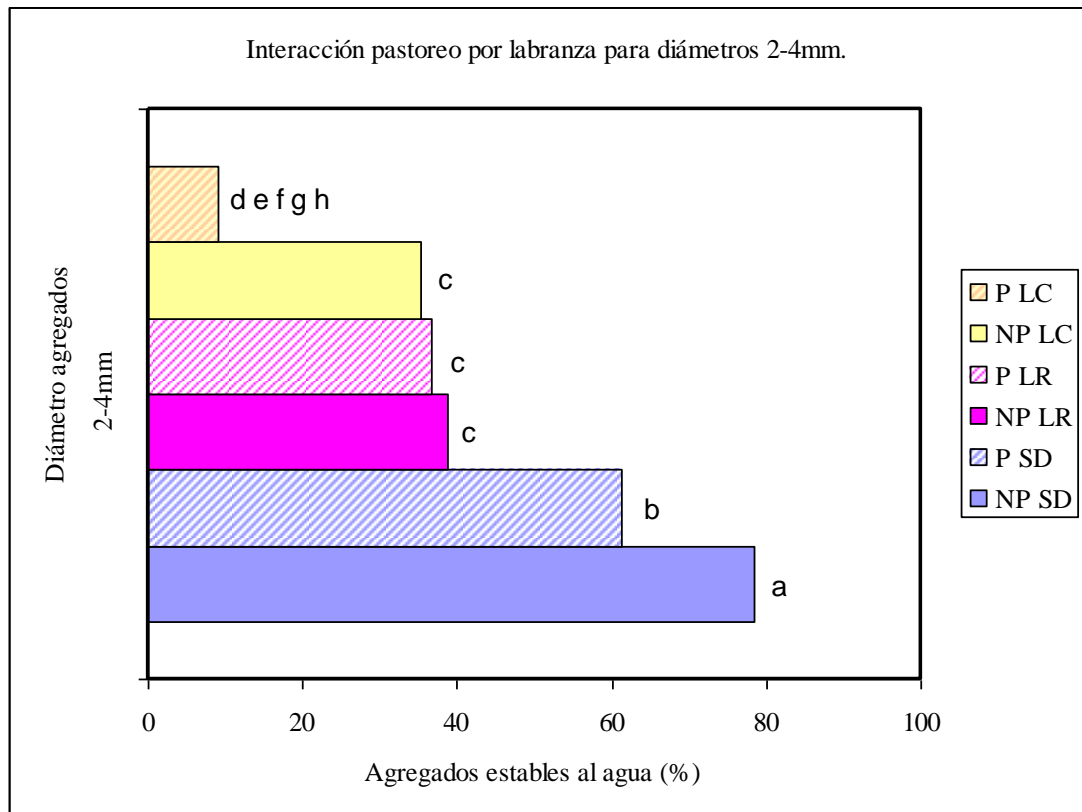
7.1.2 Porcentaje de agregados estables al agua según sistemas de labranza

Como se observa en la Tabla 2 las únicas diferencias significativas entre los tres sistemas de labranza son por un lado para los agregados de 2-4 mm, siendo $SD > LR > LC$, es así que Arshad *et al.* (1999) indicaron que la agregación estable al agua mejoró en siembra directa comparada con labranza convencional, debido posiblemente a que en el primer caso

la materia orgánica fue secuestrada dentro de los macroagregados contribuyendo a estabilizarlos. Díaz-Zorita (1999) observó que la siembra directa comparada con labranza vertical y convencional mejora la estabilidad de agregados debido a que mantiene la materia orgánica inicial. Por otro lado en el tamaño de 0,1-0,5 mm las diferencias se producen entre SD y los otros sistemas de labranza siendo LC igual a LR y ambos mayores a SD, resultados que permiten corroborar que tal lo indicado por Cabria *et al.* (2002) la agricultura continua con labranza convencional modifica la distribución de tamaño de agregados con aumento de microagregados y disminución de macroagregados. Cabe además agregar que estos autores también observaron que el incremento en la proporción de microagregados es compensado principalmente por una menor proporción de las dos clases de agregados de mayor tamaño.

7.2 Interacción pastoreo por labranza

Figura 1: Porcentaje de agregados estables al agua según tratamientos para el diámetro de agregados de 2-4 mm.



Referencias: P LC, pastoreado labranza convencional; NP LC, no pastoreado labranza convencional; P LR, pastoreado labranza reducida; NP LR, no pastoreado labranza reducida; P SD, pastoreado siembra directa; NP SD, no pastoreado siembra directa. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según test de comparación de medias de Fisher ($p \leq 0,05$).

Se encontraron interacciones significativas solo en el tamaño de agregados 2-4 mm (Figura 1). En este sentido existen diferencias significativas entre NP SD que tiene el mayor valor y P SD, que estaría indicando que este sistema de labranza para la variable estudiada es fuertemente dependiente de la cantidad de rastrojo como uno de los componentes del manejo del suelo. Fullen y Reed (1987) observaron que la estabilidad de agregados puede modificarse en función de determinadas circunstancias ligadas a las propiedades físico-químicas, a la actividad biológica, a condiciones climáticas y al manejo del suelo. Por otro lado en la misma Figura 1 puede observarse que las dos situaciones de SD son mayores y diferentes a P y NP LR y NP LC que son iguales y, finalmente es diferente a todas las precedentes y con el menor valor P LC. Estos resultados indican que la estabilidad estructural es una propiedad muy sensible al manejo del suelo, particularmente sistemas de labranza y cantidad de rastrojos aportados en coincidencia con Sanzano *et al.* (2005).

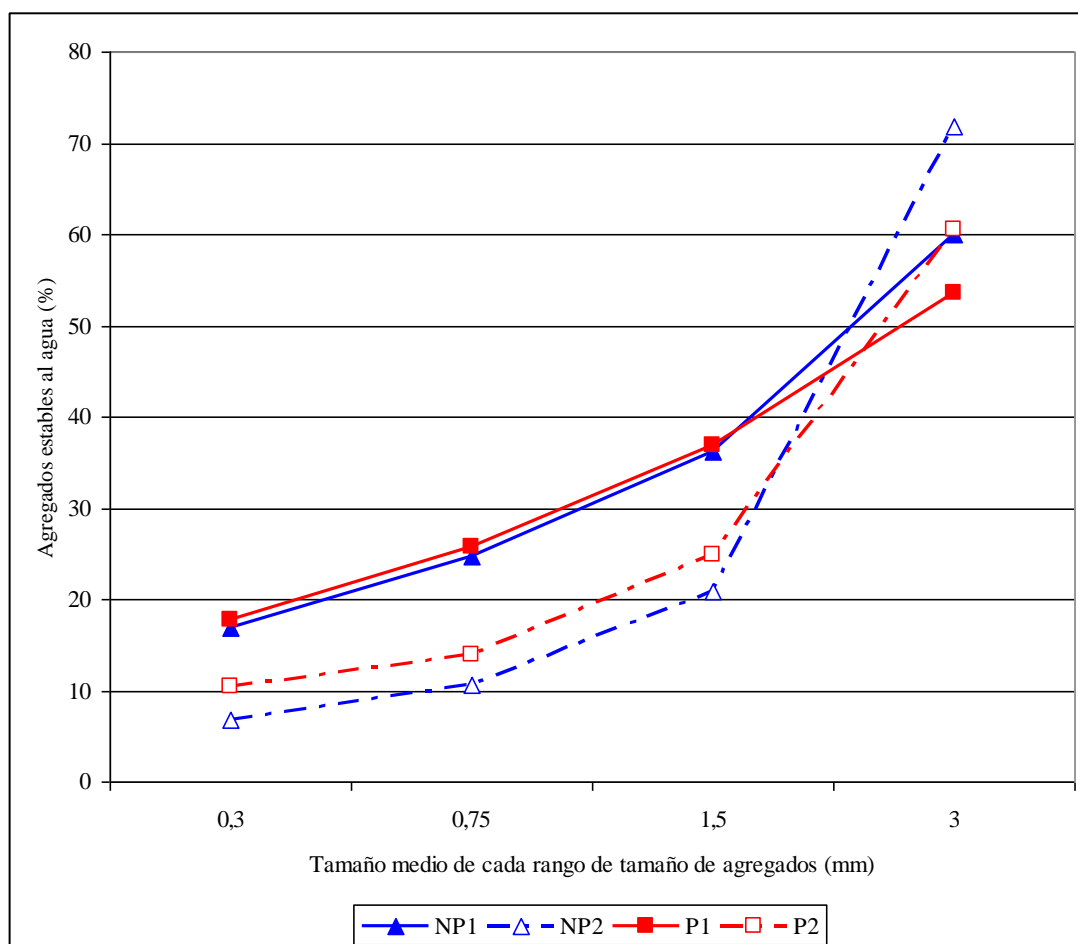
7.3 Evolución temporal del porcentaje de agregados estables al agua.

Para entender la evolución en la estabilidad de los agregados en la situación estudiada y el efecto que tienen las distintas prácticas de manejo sobre ésta, se comparan los

resultados obtenidos en este trabajo con los indicados por Bricchi *et al.* (2004) luego de 5 años de ensayo.

7.3.1 Porcentaje acumulado según nivel de pastoreo

Figura 2: Porcentaje acumulado de agregados estables al agua según nivel de pastoreo y momento de estudio.

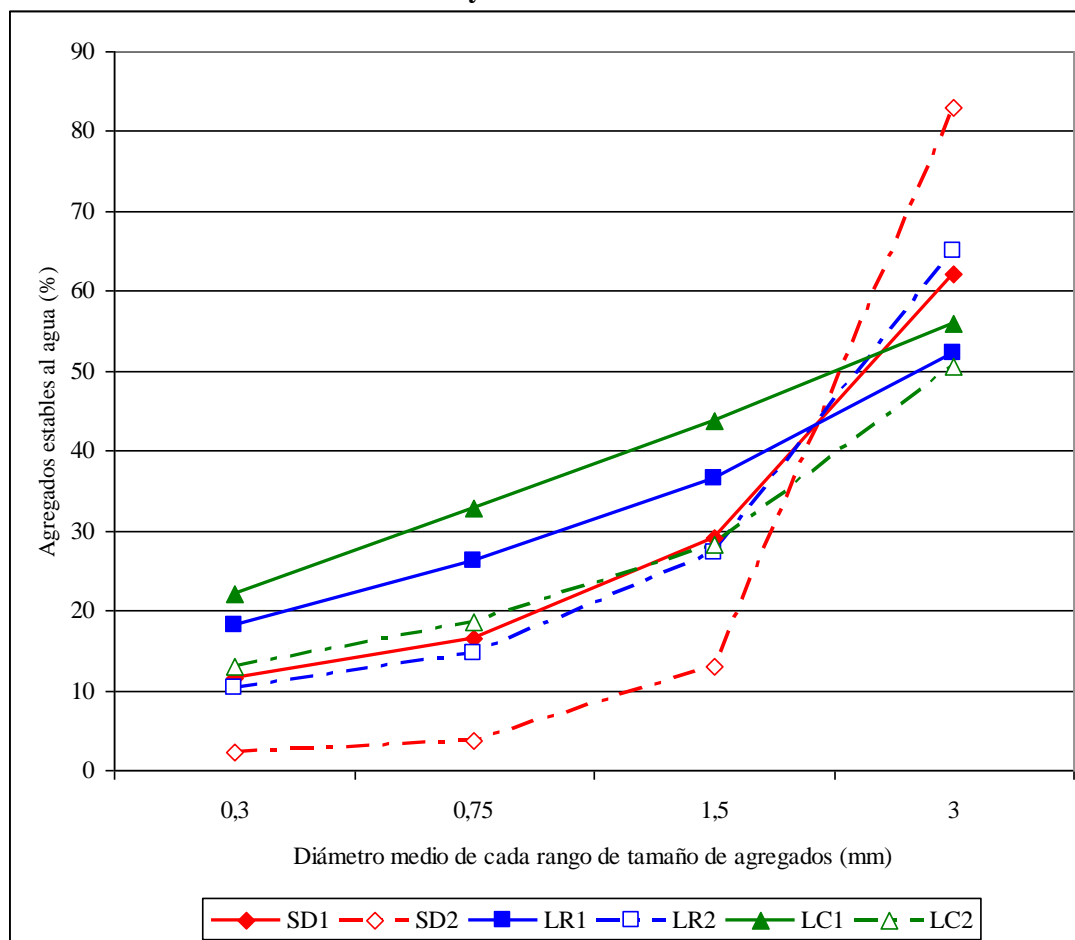


Referencias: NP1, no pastoreado 1999; NP2, no pastoreado 2004; P1, pastoreado 1999; P2, pastoreado 2004.

Como puede observarse en la Figura 2 al analizar cada tratamiento por separado el tratamiento P presenta siempre mayor cantidad de agregados más finos que el tratamiento NP. Al comparar los dos momentos estudiados entre sí esto se repite ya que luego de 5 años disminuyeron los agregados más finos y aumentaron los más gruesos, en el orden de 16,3 % en NP y de 11,5 % en P.

7.3.2 Porcentaje acumulado según sistemas de labranza.

Figura 3: Porcentaje acumulado de agregados estables al agua según sistema de labranza y momento de estudio.



Referencias: SD1, siembra directa 1999; SD2, siembra directa 2004; LR1, labranza reducida 1999; LR2, labranza reducida 2004; LC1, labranza convencional 1999; LC2, labranza convencional 2004.

Al comparar los momentos evaluados en SD se incrementa la cantidad de agregados estables a través de los más gruesos mientras que disminuyen los más finos (Figura 3). Estos resultados coinciden con los encontrados por Quiroga *et al.* (1998) quienes indican que en suelos bajo prácticas de labranza cero la estabilidad estructural tiende a incrementarse y disminuir la proporción de fragmentos menores a 2 mm. En el caso de LR se observa la misma tendencia que SD siempre con valores inferiores y por ende el proceso de mejoramiento de la estructura se estaría produciendo a una velocidad más baja comparada con SD.

En referencia a LC la tendencia se invierte ya que en el segundo momento evaluado disminuye el porcentaje de agregados estables al agua en todos los tamaños y, por ende la tendencia es al desmejoramiento de esta propiedad. En este sentido De Orellana y Pilatti (1994) hacen referencia a la estabilidad estructural como una variable indicadora que puede

reflejar tanto efectos degradantes como recuperadores del suelo, relacionados con la resistencia a la degradación.

Coincidiendo con lo señalado precedentemente Chagas *et al.* (1994) y Ferreras *et al.* (2000a) obtuvieron diferencias en la estabilidad estructural entre sistemas de labranzas convencional y conservacionistas, a favor de estos últimos. Dexter (1991) indicó que las labranzas agresivas aceleran la descomposición de la materia orgánica y destruyen los agregados estables. Oades y Waters (1991) justificaron la pérdida de estabilidad en los macroagregados de suelos labrados, lo cual sucede inicialmente a tasas elevadas para luego disminuir progresivamente. Por otro lado Cabria y Culot (2001) indicaron que una consecuencia del incremento de agregados pequeños debido a la ruptura de los macroagregados, sería el aumento de la densidad aparente de los suelos.

En síntesis, los agregados más pequeños predominan en LC, y en ese sentido Bricchi *et al.* (2004) para el muestreo efectuado en 1999 indicaron igual tendencia ($SD < LR < LC$).

Para el caso de los macroagregados en 1999 (Bricchi *et al.* 2004) se obtuvo la tendencia $LR < LC < SD$ y en 2004 esto se modificó siendo $LC < LR < SD$, además en LC la variación en el porcentaje de agregados estables al agua fue de 9,7 % menor, mientras que en LR fue de 20 % mayor y en SD 25 % mayor.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Álvarez *et al.* (2006) que indican una mayor proporción de agregados $>$ a 2 mm en SD (mayor del 60 %) que en LC (menor del 35 %).

Según Bricchi *et al.* (2004) la no remoción del suelo como en el caso de la siembra directa produce una mayor cantidad de agregados superiores a los 2 mm y, disminución de los inferiores a 1 mm comparada con labranzas que generan baja y elevada remoción, es decir que a mayor laboreo se produce una mayor presencia de agregados muy finos provenientes del colapso de los de mayor tamaño. En este sentido, Arshad *et al.* (1999), señalaron que la agregación estable al agua mejoró bajo SD, comparada con LC, debido posiblemente en el primer caso a que la materia orgánica fue secuestrada dentro de los macroagregados, contribuyendo a estabilizarlos. La ausencia de remoción y el incremento de materia orgánica del suelo, producirían un mayor porcentaje de agregados gruesos estables al agua, lo que significaría que la materia orgánica es un coloide que uniría agregados pequeños y los transformaría en agregados de mayor tamaño (Bricchi *et al.*, 2002).

Sin embargo, Torella *et al.* (1993) no coincide con los resultados encontrados ya que observaron que luego de 3 años de SD no se recuperaron algunas de las propiedades físicas y biológicas del suelo cuando se partió de una condición de suelo degradado, mientras que lo observado en el presente estudio a los 10 años de ensayo y a los 5 años de ensayo permite decir que la SD a largo plazo tiene un efecto mejorador sobre la estabilidad de agregados.

Cabria *et al.* (2002) determinaron que la agricultura continua con labranza convencional modifica la distribución de tamaño de agregados comparado con los sitios con praderas, así las proporciones de microagregados aumentan y disminuyen las de macroagregados.

La ruptura de los agregados de gran tamaño, producto de la cantidad, frecuencia e intensidad de las labores, expone a la descomposición de la materia orgánica relativamente lábil previamente protegida, resultando variadas combinaciones de elementos orgánicos con diferentes tasas de ingreso y reciclado que afectan las fuentes productoras de agentes enlazantes y sustancias adhesivas orgánicas (raíces, hifas de hongos y organismos rizosféricos) (Tisdall y Oades, 1982).

Con respecto a la situación de mínima alteración, se encontró un 87 % de agregados entre 2-4 mm, mientras que en el diámetro 1-2 mm fue del 5 % y de solo el 1,8 % para los dos diámetros más finos. Se destaca la semejanza entre esta tendencia y la analizada en SD en este mismo estudio, coincidiendo con lo encontrado a los cinco años de ensayo, por Bricchi *et al.* (2004). Por otro lado Gudelj *et al.* (2000) y Sanzano *et al.* (2005), observaron que todos los sistemas de manejo afectaron negativamente la estabilidad estructural, evidenciándose un deterioro de esta propiedad como consecuencia del laboreo intensivo de suelo y del monocultivo, al comparar con una situación prístina y que la estabilidad estructural decrece en el siguiente orden: Suelo virgen – Pastura – Siembra directa – Labranza cincel – Labranza convencional.

VIII- CONCLUSIONES

- Las labranzas conservacionistas cuando se dejan todos los rastrojos de cosecha muestran efectos recuperadores de la estabilidad estructural, siendo el efecto más marcado y más acelerado en siembra directa.

- La tendencia seguida por la labranza convencional indica un efecto degradante sobre la estabilidad de agregados.

- La estabilidad estructural en la situación sin pastoreo o agrícola pura indica una tendencia recuperadora que podría atribuirse a la cobertura con rastrojos y ausencia de pisoteo.

IX- BIBLIOGRAFÍA

-ÁLVAREZ, C.; N. PEINEMANN; C. SCIANCA; M. BARRACO y A. QUIROGA. 2006. Sistemas de labranza, propiedades edáficas en Molisoles diferenciados por el régimen de humedad. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Salta-Jujuy. Argentina.

- ANGERS, D.A; A. PESANT y J. VIGNEUX. 1992. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. **Soil Sci. Soc. Am.** J.56 (1): 115-119.
- ARSHAD, M.A.; A. J. FRANZLUEBBERS, y R.H. AZOOZ. 1999. Components of surface soil structure under conventional and no tillage in northwestern Canada. **Soil and Tillage Research.**53: 41-47.
- BRICCHI, E. 1996. **Relación entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Río Cuarto.** Tesis de Magister Scientiae en Ciencias del Suelo. Escuela para Graduados. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires; Buenos Aires, Argentina.
- BRICCHI, E.; F. FORMIA y L. RIBERI. 2002. La estructura y la materia orgánica de un Hapludol típico ante diferentes impactos tecnológicos. **XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.** Puerto Madryn (Chubut). Argentina.
- BRICCHI, E.; F. FORMIA; G. ESPOSITO; L. RIBERI y H. AQUINO. 2004. The effect of topography, tillage and stubble grazing on soil structure and organic carbon levels. **Spanish Journal of Agricultural Research.** 2(3): 409-418.
- BRKLACICH, K. 1991. Review and appraisal of concept of sustainable food production systems. **Environmental management.**15: 34-47.
- CABRIA, F., y J. CULOT. 2001. Efecto de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre características físicas y químicas en Udoles del Sudeste Bonaerense. **Ciencia del Suelo.**19: 1-10.
- CABRIA, F.; M. CALANDRONI y G. MONTERUBBIANESI. 2002. Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. **Ciencia del Suelo.** 20: 2-12.
- CHAGAS, C.I; H.J MARELLI; y O.J. SANTANATOGLIA. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. **Ciencia del Suelo.** 12: 11-16.

- CISNEROS, J.M; C. CHOLAKY; E. BRICCHI; O. GIAYETTO y J.J. CANTERO. 1997. Efectos del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. **Revista de la UNRC**. 17(1): 13-22.
- DEGIOANNI, A. 1998. **Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto**. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. Dpto. de geografía. Alcalá de Henares. España.
- DE ORELLANA, J.A. y M.A. PILATTI. 1994. La estabilidad de los agregados como indicador de sostenibilidad. **Ciencia del suelo** 12(2): 75-80.
- DEXTER, A.R. 1991. Amelioration of soil by natural processes. **Soil Till. Res.**20: 87-100.
- DIAZ-ZORITA, M. 1999. Efectos de seis años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. **Ciencia del suelo**. 17(1): 31-36.
- ELLIOTT, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil Sci. Soc. Am.** J.50: 627-633.
- FERRERAS, L.; J.L. COSTA, J.L; GARCIA, O. y C. PECORARI. 2000a. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. **Soil and Til. Res.**54 :31-39.
- FERRERAS, L.; E. GOMEZ; V. BISANO; A. AUSILIO; S. TORESANI y M. SANCHEZ. 2000b. Estabilidad estructural, fracciones carbonadas y actividad microbiana en dos rotaciones de cultivo con labranzas conservacionistas. **XVII Congreso Argentino de la Ciencia del suelo**. Mar del Plata, Argentina.
- FLACH, K.W.; T.O. BARNWELL y P. CROSSON. 1997. Impacts of Agriculture on Atmospheric Carbon Dioxide. In: Paul, E.A.; K. Paustian; E.T. Elliot and C.V. Cole. (eds.). **Soil organic matter in temperate agroecosystems**.1: 3-13.
- FORTUN, C. y A. FORTUN. 1989. Diversos aspectos sobre el papel de la materia orgánica humificada en la formación de los agregados del suelo. **Ann. Edad. Agrob.** 48: 185-204.
- FULLEN, M.A. y A. REED. 1987. Rill erosion on arable loamy sands in the west Midlands of England. **Catena Supplement**. 8: 85-96.

- GIL J. y M. TEJADA. 1992. Propiedades físicas y químicas de los suelos del valle de Guadalquivir. Su relación con el factor K de la USLE. **III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pamplona** (España).
- GOVERS, G. 1987. Spatial and temporal variability in rill development processes at the Hulberiderg experimental sites. **Catena Supplement**. 8: 17-34.
- GUDELJ, O.E.; y B. MASIERO. 2000. Efecto del manejo del suelo sobre su estabilidad estructural. **XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mar del Plata. Argentina.
- HAMBLIN, A. 1991. Sustainable agricultural systems: what are the appropriate measures for soil structure?. **Austr. J. Soil Res.**29: 709-715.
- HERRICK, J.E. y M. WANDER. 1998. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: The importance of distribution, composition and soil biological activity. In soil processes and the Carbon Cycle. In: **Advances in soil science**. Lal, R.; J.M. Kimble; R.F. Follet and B.A. Stewart (eds).. CRC Press, Boca Raton, FL.405-426.
- INFOSTAT VERSION 1.1. 2002. **Grupo Infostat**. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Ed.; Ed. Brujas. Argentina. 266 pp.
- INTA EEA Rafaela. 1989. **Degradación de los suelos por intensificación de la agricultura**. Informe del taller organizado por CONICET. 185pp.
- JASTROW, J. y R. MILLER. 1998. Soil Aggregate Stabilization and Carbon Sequestration: Feedbacks through Organomineral Associations. In: **Soil processes and the carbon cycle**. Lal, R.; J. Kimble; R. Follet and B. Stewart (eds).II.Series: Advances in soil science.Boca Raton, Fda. 3341: 207-223.
- KAY, B. y A. J. VAN DEN BYGAART. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. **Soil Till. Res.** 66: 107-118.
- LAL, R. 1991. Soil structure and sustainability. **Journal of Sustainable Agriculture**. 1: 67-91.
- LAL, R. 1993. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality and sustainability. **Soil and Tillage**. 27: 1-8.

- MORON, A.; H. MARELLI; J. SAWCHIK; V. GUDELJ; C. GALARZA y J. ARCE. 2004. Indicadores de la calidad de suelo en experimentos de rotaciones de cultivos en Córdoba, Argentina. **XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Paraná, Argentina.
- OADES, J. y A. WATERS. 1991. Aggregate hierarchy in soils. **Aus. J. Soil Res.** 29: 915-828.
- PAUSTIAN, K.; H.P. COLLINS y E.A. PAUL. 1997. Management Controls on Soil Carbon. In: **Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems**. Paul, E.A.; K. Paustian; E.T. Elliot and C.V. Cole (eds.). 2: 15-49.
- PLA SENTIS, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. **Alcance. Revista de la Facultad de Agronomía**. UCV Maracay-Venezuela. 32 pp.
- PORTA, J; M. LOPEZ-AREVALO y C. ROQUERO. 1994. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- QUIROGA, A.; O. ORMEÑO; y N. PEINEMANN. 1998. Efectos de la siembra directa sobre propiedades físicas de los suelos. En: Díaz-Zorita, M; C. Álvarez; M. Barraco; y C. Scianca 2006 (eds). Impacto de sistemas cero labranza sobre la distribución de fragmentos en suelos con diferente manejo previo. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Salta-Jujuy. Argentina.
- RASMUSSEN, P.E. y H.P. COLLINS. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. **Advances in Agronomy**. 45: 93-134.
- SANZANO, G.A.; R.D. CORBELLA; J.R.GARCÍA y G.S. FADDA. 2005. Degradación física y química de un haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. **Ciencia del suelo**. 23: 93-100.
- TISDALL, J.M. y J.M. OADES. 1979. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Austr. J. Soil Res.** 17: 429-441.
- TISDALL, J.M. y J.M. OADES. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **J. Soil Sci.** 33: 141-163.

-TISDALL, J.M. 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**. 159: 115-121.

-TORELLA, J.L.; A.E. MAGGI; M. CASTIGLIONI; y O.J. SANTANATOGLIA. 1993. Efecto de la aplicación de la siembra directa e influencia de las condiciones previas del suelo, sobre algunas propiedades físicas y biológicas en argiudoles ácuicos y vérticos. **XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mendoza. Argentina.

-VAN DEN BIGAART, R.; R. PROTZ y D. TOMLIN. 1999. Changes in pore structure in a no-till chronosequence of silt loam soils, southern Ontario. Can. **J. Soil Sci.** 79: 149-160.

-WILD, A. 1992. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell**. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.