



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD: TESINA

“EFECTO DE DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZAS Y ROTACIONES DE CULTIVOS SOBRE LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN UN ARGIUDOL DE CORRIENTES AFECTADO POR INCENDIOS”

TESISTA:

DÍAZ VIRGINIA BELÉN

DIRECTOR:

ING. AGR. (DR.) HUMBERTO CARLOS DALURZO

LUGAR DE REALIZACIÓN:

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA- CORRIENTES.
CÁTEDRA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS- FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS. UNNE.

TRIBUNAL EVALUADOR:

ING. AGR. (MGTER.) MARCO, D CHABBAL

ING. AGR. (DRA.) CAROLINA, FERNANDEZ LÓPEZ

ING. AGR. (DRA.) FLORENCIA MARCÓN

AÑO 2023



Índice

Índice de Tablas.....	3
Índice de figuras.....	3
Resumen.....	4
Introducción.....	5
Objetivo del trabajo	9
Materiales y Métodos	9
Manejo y seguimiento del trabajo:	11
Tareas de campaña	12
Tareas de laboratorio:.....	12
Tareas de gabinete:	16
Resultados y Discusión.....	16
Estabilidad de agregados del suelo:.....	16
Condiciones pre y post incendio	20
Conclusiones.....	23
Bibliografía.....	24



Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos y acrónimos utilizados en cada uno de ellos.....	10
Tabla 2. Análisis de la varianza de la estabilidad de agregados e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos post incendios. Profundidades: 0-7 cm y 7-20 cm.	18
Tabla 3. Detalle de las interacciones obtenidas del análisis de la varianza de la estabilidad de agregados e entre los sistemas de labranzas (SL) y las secuencias de cultivos (R), en la profundidad de 7-20cm.....	19
Tabla 4. Comparación entre las condiciones previas y posteriores al incendio en las distintas profundidades. 0-7 cm y 7-20 cm.	20

Índice de figuras

Figura 1. Muestras procesadas y almacenadas.....	13
Figura 2. Proceso de tamizado y pesado de las muestras.....	14
Figura 3. Proceso de humectación de las muestras, junto al equipo para la medición de la estabilidad de los agregados en húmedo.....	14
Figura 4. Muestras en estufa a 105°C.	15
Figura 5. Proceso de destrucción de agregados remanentes con varilla de vidrio.	15
Figura 6. Estabilidad de los agregados (EA) en la situación de pre y post incendios en la profundidad 1 (0-7cm) y profundidad 2 (7-20cm).	22



Resumen

El suelo es un componente de los sistemas terrestres que tiene un carácter multifuncional. Uno de los factores que más influye en las funciones del suelo es su estructura, siendo la estabilidad de agregados (EA) uno de los indicadores más empleados para su estudio. El propósito de este trabajo fue determinar el efecto de los distintos sistemas de labranza (SL) y rotaciones de cultivos (RC) sobre la estabilidad de agregados del suelo y comparar el efecto del fuego sobre esta variable. Se empleó un ensayo de larga duración, bajo diferentes sistemas de labranzas y secuencias de cultivos en un Argiudol Ácuico de Corrientes, a fin de evaluarlo como un indicador de calidad. El diseño fue de parcelas completamente aleatorizadas en arreglo factorial (3x4), en las profundidades de 0-7cm y 7-20cm; donde los factores fueron: • sistemas de labranzas (SL), con tres niveles: convencional (LC), reducida (LR) y siembra directa (SD); y • rotaciones de cultivos, con cuatro niveles: R1: maíz-descanso (M-D), R2: maíz-descanso-avena negra (M-D-A), R3: maíz-caupí-avena negra (M-C-A) y R4: pastura perenne (PP). Los tratamientos fueron 12, con 4 repeticiones y 48 unidades experimentales que fueron afectadas por un incendio no intencional. Se evaluó la EA por tamizado en húmedo, los datos fueron evaluados empleando un ANOVA para determinar el efecto de los SL y RC sobre la EA y para evaluar el efecto del fuego se aplicó una prueba de t de Student entre la situación anterior y posterior al incendio. Para la profundidad de 0-7cm hubo diferencias dentro de los factores, pero sin diferencias significativas en las interacciones de los mismos, éste comportamiento se observó en condiciones previas y post incendio. Resultados similares se encontraron en la profundidad de 7-20 cm, pero con diferencias significativas en la interacción de la condición post incendio con los mayores valores para la R4 en SD y en las LR y LC y los menores en LC R2 y R3.

Para la profundidad de 0-7 cm la SD presentó mayor EA (92,11%), en comparación a la LC y la LR que alcanzaron 88,38% y 89,3% respectivamente, con diferencias significativas (P).

En la profundidad de 7-20 cm la mayor estabilidad correspondió a los tratamientos conservacionistas, siendo mayor en SD (86,43%) que en LR (81,36%) y a su vez, éste último mayor que LC (76,2%). Con respecto al sistema de rotaciones de cultivos se evidenciaron diferencias entre ellas, destacándose la rotación 4 con la pastura perenne (*Paspalum atratum* cv Cambá FCA) en la profundidad de 0-7cm, que presentó los valores más elevados con 96,55 % de estabilidad de agregados respecto a las rotaciones R2 y R3 (87,31% y 84,23% respectivamente) y con resultados intermedios para la R1 (91,64%). En la profundidad de 7-20 cm no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos R1, R2 y R3, manteniendo su predominio la rotación R4. En cuanto al efecto del fuego, produjo un aumento significativo en la estabilidad de los agregados del suelo en ambas profundidades de muestreo (89,93% en la profundidad de 0-7 cm y 81,33% en la profundidad 7-20 cm), lo que indicaría un



efecto favorable del mismo. Las labranzas conservacionistas y las rotaciones de cultivo con gramíneas forrajeras favorecieron a la estabilidad de agregados del suelo, al igual que los incendios.

Introducción

El suelo es un componente de los sistemas terrestres que tiene un carácter multifuncional. Uno de los factores que más influye en las funciones del mismo es su estructura y uno de los indicadores más empleados para su estudio es la estabilidad de agregados. (Torres-Guerrero et al., 2013).

La estabilidad de los agregados es una propiedad importante dado que ayuda a mantener una alta infiltración de agua al resistir la formación de costras, favoreciendo la aireación y retención de agua para las plantas (Kladivko, 1994; Unger, 1997).

Los suelos bien estructurados ofrecen óptimas condiciones para la penetración y el crecimiento de las raíces, presentan buena infiltración y capacidad de retención de agua. Por el contrario, al perder la estabilidad de agregados (EA), los suelos comienzan a manifestar deficiencias hídricas, problemas de anclaje de raíces e implantación de los cultivos (Ingaramo, 2003). Las labranzas aceleran la descomposición de la materia orgánica y destruyen los agregados estables (Dexter, 1991). La estabilidad de los mismos puede ser uno de los indicadores que permita evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas (Pilatti et al., 1998). Dicha estabilidad está sujeta a cambios por efecto de la alternancia de procesos de humedecimiento-secado siendo la capa superficial la más afectada (Silenzi et al., 1987).



Los suelos agrícolas de la provincia de Corrientes, están frecuentemente expuestos a prácticas agresivas que han ocasionado su degradación, como repetidas labranzas superficiales, barbechos cortos y baja reposición de nutrientes (Ligier & Kurtz, 2001). Tanto las secuencias de cultivos como el tipo e intensidad de las labranzas modifican directa e indirectamente las propiedades físicas del suelo (Katsvairo et al., 2002), modificando la captación y aprovechamiento del agua.

Las labranzas y las rotaciones de cultivos ejercen una marcada influencia sobre el funcionamiento del suelo y el comportamiento de los cultivos, (Domínguez et al., 2005), modificando EA, la densidad aparente (D_a), la distribución del tamaño de los poros, la dinámica del agua y la resistencia mecánica a la penetración.

En un estudio similar Rey Montoya et al., (2017) encontraron en Argiudoles Ácuicos moderadamente bien drenados y con permeabilidad moderadamente lenta a moderada que la EA en muestras de 0-7 cm fue mayor que la de 7-20 cm. Se encontraron diferencias significativas entre sistemas de labranzas en ambas profundidades, pero no hubo diferencias entre rotaciones de cultivos, ni presentaron interacciones entre los sistemas de labranza (SL) x rotaciones de cultivos. La EA por su influencia en la infiltración del agua cobra relevancia en estos suelos, la cual de 0-7 cm de profundidad mostró diferencias significativas entre SL siendo mayor en siembra directa (SD) que en labranza reducida (LR) y en ésta que en labranza convencional (LC). En la profundidad de 7-20 cm la mayor EA correspondió a los tratamientos conservacionistas con SD y LR, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí, y superaron al de LC. Este comportamiento podría



relacionarse a los mayores contenidos de materia orgánica hallados por Paredes et al. (2014) superficialmente en SD con 2,1%, respecto a LR y LC con 1,51 y 1,69% respectivamente.

En Corrientes, el fuego a menudo es utilizado como herramienta de manejo y limpieza de la vegetación, lo cual es importante porque más del 90% de los incendios son producidos por causas antrópicas. Tener en cuenta la influencia que tienen los factores climáticos es clave para entender la magnitud los incendios. Periodos extensos de sequía hacen que los ecosistemas sean más susceptibles a incendiarse. Durante el año 2020, prácticamente 10 meses consecutivos llovió menos de lo normal, facilitando las condiciones para la aparición de focos de incendios de gran magnitud. (Smichowski, et al., 2022).

El impacto del fuego sobre los suelos, depende de numerosos factores, tales como: tipo de vegetación presente, intensidad y severidad del fuego, tipo de suelo, contenido de humedad en el momento de la quema, duración e intensidad de precipitación postincendio, como la calidad y el grado de incorporación de cenizas (Agee 1993; DeBano et al. 1998 citado por Minervini et al. 2018).

Los incendios, si son muy intensos, pueden llegar a desestructurar los agregados (Hillel, 1998). Debido a la destrucción de agregados puede generarse un sellado superficial del suelo y provocar grandes cambios en la superficie del mismo (McIntyre, 1958; Certini, 2005).

Dependiendo de la severidad del incendio y el tipo de suelo, los cambios serán más o menos evidentes. Generalmente se observa que el fuego produce una fragmentación de agregados y una pérdida de estabilidad debido a la ruptura de los



cementos orgánicos a temperaturas elevadas (Badía y Martí, 2003). En contraparte se ha podido reportar que los agregados remanentes pueden demostrar una estabilidad superior a los previos al incendio debido a la formación de óxidos de cementación (Giovannini y Lucchesi, 1997; Ketterings et al., 2000).

La eliminación de la cubierta vegetal por incendios es el primer factor que afecta negativamente la estabilidad estructural, ya que torna al suelo más vulnerable a los agentes externos tales como la energía cinética de las gotas de lluvia. Además, la eliminación de la cobertura vegetal disminuye la producción de compuestos orgánicos de carbono lábil, los cuales actúan como agentes ligantes en los agregados (Dexter, 1988).

Guerrero et al. (2001) estudiaron la estabilidad de agregados en ensayos de campo y en laboratorio, usando simuladores de lluvia en suelos poco desarrollados de diferentes texturas que fueron calentados a diferentes temperaturas; encontraron una disminución del contenido de materia orgánica, pero a su vez, un incremento de la estabilidad de agregados. Esta aparente contradicción fue atribuida a la fusión de componentes de la fracción mineral generando cementación de partículas. Estos mismos autores señalaron que los suelos afectados por el fuego pueden estar muy degradados, con disminución del contenido de materia orgánica y de la actividad microbiana, pero igualmente pueden tener muy elevada estabilidad estructural. Sin embargo, estos agregados quemados no contribuirían a una buena calidad de estructura, a un adecuado comportamiento hidrofísico ni a una mayor fertilidad del suelo.



Objetivo del trabajo

Determinar el efecto de distintos sistemas de labranza y secuencias de cultivos sobre la estabilidad de agregados del suelo en un Argiudol de la Provincia de Corrientes bajo el efecto del fuego.

Materiales y Métodos

Se trabajó sobre un ensayo de larga duración instalado en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA – Corrientes (latitud 27°40'44"S; longitud 58°46'04"W), el cual se emplaza sobre un suelo perteneciente a la Serie Treviño, clasificado como Argiudol Ácuico, de familia arcillosa fina hipertérmica (Escobar et al., 1996) de textura franco arenosa en el horizonte A y franco arcillo arenosa en el Bt; donde se evalúan sistemas de labranzas y rotaciones de cultivos. El diseño fue en parcelas completamente aleatorizadas (DCA) en un arreglo factorial (3 x 4), donde los factores fueron:

a) Sistemas de labranzas, con tres niveles:

- Labranza convencional (LC),
- Labranza reducida (LR),
- Labranza cero (SD);

b) Rotaciones de cultivos (RC):

- Un cultivo por año (maíz-descanso) (R1);
- Dos cultivos por año (maíz -descanso-avena negra) (R2),
- Tres cultivos por año (maíz -caupí-avena negra) (R3), y



- Lotes con una pastura perenne de pasto Cambá (*Paspalum atratum*) (R4). En la 6° campaña se programó incluir una rotación alternativa para lograr incrementar los valores de MO del suelo, usando dicha pastura. Dado que se registraron aumentos, pero no significativos, en las cuatro campañas posteriores a su empleo, se continuaron tres campañas más, donde recién se lograron aumentos significativos. Desde la inclusión de la pastura perenne no se realizaron ningún tipo de laboreo de suelo, registrando únicamente los tipos de sistemas de labranza para tener en cuenta en historial de cada parcela.

Los tratamientos fueron doce, cada uno con cuatro repeticiones, totalizando 48 unidades experimentales (Tabla 1). El tamaño de la parcela fue de 140 m².

Tabla 1 Descripción de los tratamientos y acrónimos utilizados en cada uno de ellos.

Sistemas de labranzas	Secuencias de cultivos	Tratamientos
Labranza convencional (LC)	1 cultivo por año: maíz-descanso	LC-R1
	2 cultivos por año: maíz-descanso-avena	LC-R2
	3 cultivos por año: maíz-caupí-avena	LC-R3
	4 Pasto cambá	LC-R4
Labranza reducida (LR)	1 cultivo por año: maíz-descanso	LR-R1
	2 cultivos por año: maíz-descanso-avena	LR-R2
	3 cultivos por año: maíz-caupí-avena	LR-R3
	4 Pasto cambá	LR-R4
Siembra directa (SD)	1 cultivo por año: maíz-descanso	SD-R1
	2 cultivos por año: maíz-descanso-avena	SD-R2
	3 cultivos por año: maíz-caupí-avena	SD-R3
	4 Pasto cambá	SD-R4



Manejo y seguimiento del trabajo:

Los sistemas de labranza empleados fueron:

LC: correspondió a la preparación del terreno previa a la implantación del cultivo con remoción de suelo e incorporación de rastrojos por métodos mecánicos.

LR: en esta operación de labranza hubo una reducción del número de pasadas, con una semi-incorporación de los rastrojos del cultivo, quedando parte de los mismos en superficie.

SD: se realizó el desmalezado químico, dejando los rastrojos en superficie.

Los cultivos y las secuencias empleadas fueron:

- Maíz amarillo (*Zea mays*). Época de siembra: primera quincena de septiembre, con un espaciamiento de 0,7 m entre líneas. Densidad 12 kg de semilla ha⁻¹.
- Descanso: período con terreno sin siembra de cultivos durante 8 meses en R1 (de un cultivo por año), 4 meses sin cultivo en R2 (de dos cultivos por año) con maíz-descanso-avena.
- Caupí (*Vigna unguiculata*) como abono verde. Época de siembra en la 1° quincena de febrero. Densidad de siembra 60 mil semillas ha⁻¹. Espaciamiento 0,7 m entre líneas.
- Siembra de Avena negra (*Avena strigosa* L.) variedad avena negra. Época de siembra 1° quincena de mayo. Siembra realizada “al voleo” utilizando una densidad de 80 kg ha⁻¹ de semilla. La interrupción de su ciclo se la hizo a



través de la incorporación por medios mecánicos (LC y LR) o por la aplicación de un herbicida total (glifosato; dosis: $2.500 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; para SD), según el sistema de labranza considerado.

- Pasto Cambá (*Paspalum atratum*) sembrado aproximadamente hace 7 años previo al ensayo, 10 kg ha^{-1} , en líneas, la segunda quincena del mes de septiembre.

Para la siembra de los cultivos se utilizó una sembradora de grano grueso de 4 hileras. La aplicación de herbicidas se realizó con mochila pulverizadora.

Tareas de campaña

Se tomaron en cada parcela, dos muestras compuestas de dos submuestras de suelo a dos profundidades: 0-7 cm y de 7-20 cm, aproximadamente a 10 m de los extremos de la parcela, previas al incendio (septiembre de 2019). El incendio que afectó la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Corrientes ocurrió en agosto del 2020 con una duración de 24 horas. En septiembre de 2021 en similar situación posterior a dicho evento se realizó el muestreo post incendio. Las muestras obtenidas fueron trasladadas hasta el laboratorio de la Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos de la F.C.A para su posterior análisis.

Tareas de laboratorio:

- **Acondicionamiento de muestras:** secado, molienda, y tamizado de 192 muestras compuestas de dos submuestras cada una. Estas muestras derivaron de una situación previa al incendio y otras 192 muestras tomadas



posteriormente al evento, totalizando 384 muestras analizadas y procesadas como se ve en la figura 1.



Figura 1. Muestras procesadas y almacenadas

- **Determinación de la estabilidad de agregados:** dicha evaluación se basó en el método de Kemper & Rosenau (1986). Se utilizaron 4 g de agregados previamente tamizados de 3,36 mm a 2 mm (Figura 2), humedecidos previamente por capilaridad (Figura 3). Se emplearon tamices de 0,5 mm, colocados en este equipo diseñado para la medición de estabilidad en húmedo, el cual realiza movimientos oscilatorios ascendentes, cuya longitud del recorrido de los tamices es de 13 mm, con una frecuencia de 35 veces por minuto. El recorrido de estos es siempre dentro del agua, durante 5 minutos.



Figura 2. Proceso de tamizado y pesado de las muestras.



Figura 3. Proceso de humectación de las muestras, junto al equipo para la medición de la estabilidad de los agregados en húmedo.

Los agregados que soportaron el tamizado fueron secados a estufa a 105° C por 24 h (figura 4) y luego pesados.



Figura 4. Muestras en estufa a 105°C.

Seguidamente los agregados se cubrieron con Hexametáfosfato de sodio al 0,5%, presionándolos con una varilla de vidrio como se puede ver en la figura 5, y pasando nuevamente por los filtros.



Figura 5. Proceso de destrucción de agregados remanentes con varilla de vidrio.

El remanente retenido se colocó nuevamente en el pesafiltro correspondiente y se llevó a estufa por 24 h a 105 °C, luego fueron pesados



para obtener el valor de la fracción de arena y se hicieron las correcciones por este factor.

Tareas de gabinete:

Para evaluar el efecto de los sistemas de labranzas, de las rotaciones de cultivos y de las interacciones entre éstos, los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con un ANOVA y comparación de medias aplicando la prueba de Duncan a un nivel de probabilidad inferior al 5%.

Para evaluar el efecto de los incendios y detectar posibles cambios entre la campaña previa al fuego y posterior al mismo, se realizó un análisis de muestras apareadas aplicando la prueba de “t” de Student con la totalidad de las muestras.

Para ambos análisis estadísticos se utilizó el software Infostat.

Resultados y Discusión

Estabilidad de agregados del suelo:

Los resultados de la campaña previa al incendio fueron presentados por Gnoatto et al. (2020), Caballero et al. (2021).

Los datos obtenidos de EA en el año 2022 de ambas profundidades se presentan en la Tabla 2.

Para la profundidad de 0-7 cm se identificaron diferencias significativas en los sistemas de labranzas destacándose la SD con 92,11% en comparación a LC y



LR cada una con 88,38% y 89,3% respectivamente resultando éstas no significativas entre sí.

En la profundidad de 7–20 cm la mayor estabilidad correspondió a los tratamientos conservacionistas, siendo mayor en SD (86,43%) que en LR (81,36%) y a su vez, éste último mayor que LC (76,2%).

Los valores obtenidos en el presente trabajo coinciden con lo hallado por Colombani et al. (2002) quienes encontraron mayor estabilidad de agregados en SD respecto a LC y LR en un Argiudol Típico del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Hernanz et al. (2002) obtuvieron mayor porcentaje de macro agregados estables en siembra directa con respecto a labranza mínima y convencional en un ensayo de larga duración de un suelo franco con bajos contenidos de materia orgánica de la región central de España.

Con respecto al sistema de rotaciones de cultivos se evidenciaron diferencias entre ellas, destacándose la rotación 4 bajo cultivo de pastura perenne de Pasto Cambá (*Paspalum atratum*) en la profundidad de 0-7cm, que presentó los valores más elevados con 96,55 % de estabilidad de agregados respecto a las rotaciones R2 y R3 (87,31% y 84,23% respectivamente) y con resultados intermedios para la R1 (91,64%). En la profundidad de 7- 20 cm se produjo un comportamiento similar, no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos R2 y R3 (77,62% y 76,82% respectivamente), se obtuvieron resultados



intermedios para R1 (81,31%), y siguió destacándose la rotación R4 bajo cultivo de Pasto Cambá con 89,55% (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de la varianza de la estabilidad de agregados e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos post incendios. Profundidades: 0-7 cm y 7-20 cm.

Estabilidad de Agregados (%)		
Factor	0-7 cm	7-20 cm
Labranza convencional (LC)	88,38 a	76,20 a
Labranza reducida (LR)	89,30 a	81,36 b
Siembra directa (SD)	92,11 b	86,43 c
R3 - M-C-Av	84,23 a	76,82 a
R2 - M-D-Av	87,31 b	77,62 a
R1 - M-D	91,64 c	81,31 b
R4 - PC	96,55 d	89,55 c
Sistema de labranza (SL)	5,21**	25,18***
“F” Secuencias	29,73***	24,47***
SL x secuencias	1,01ns	2,79*
Coeficiente de variación	7,57	10,03
Número de observaciones	96	96

M: Maíz; D: Descanso; Av: Avena; C: Caupí; PC: Pasto Cambá. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

* valores significativos al nivel del 5% de probabilidad; ** valores significativos al nivel de 1% de probabilidad; *** valores significativos al nivel de probabilidad del 0,1%; ns: sin diferencias significativas.

En la Tabla 3 se presentan los datos obtenidos del detalle de las interacciones significativas de la estabilidad de agregados en húmedo entre los factores de sistemas de labranzas y de las secuencias de cultivos o rotaciones evaluadas en ambas profundidades.



Para la profundidad de 0-7cm hay diferencia dentro de los factores, pero no se encuentran diferencias significativas en las interacciones de los mismos, éste comportamiento se observó en condiciones previas y en post incendio.

Resultados similares se encontraron en la profundidad de 7-20 cm, notándose una diferencia significativa en la interacción de la condición post incendio.

Tabla 3. Detalle de las interacciones obtenidas del análisis de la varianza de la estabilidad de agregados e entre los sistemas de labranzas (SL) y las secuencias de cultivos (R), en la profundidad de 7-20cm..

Estabilidad de Agregados (%) 7-20cm			
Interacciones Labranzas*Rotaciones en la situación Post incendio de 7-20 cm.			
Labranza	Rotación	Medias	
Labranza Convencional (LC)	Rotación 2 (R2)	67,96	A
Labranza Convencional (LC)	Rotación 3 (R3)	69,97	A
Labranza Reducida (LR)	Rotación 3 (R3)	77,14	B
Labranza Reducida (LR)	Rotación 2 (R2)	79,16	B C
Labranza Convencional (LC)	Rotación 1 (R1)	79,78	B C D
Labranza Reducida (LR)	Rotación 1 (R1)	79,85	B C D
Siembra Directa (SD)	Rotación 3 (R3)	83,36	B C D E
Siembra Directa (SD)	Rotación 1 (R1)	84,31	C D E
Siembra Directa (SD)	Rotación 2 (R2)	85,75	D E
Labranza Convencional (LC)	Rotación 4 (R4)	87,08	E F
Labranza Reducida	Rotación 4 (R4)	89,29	E F
Siembra Directa (SD)	Rotación 4 (R4)	92,28	F

Letras diferentes indican diferencias significativas al nivel de probabilidades del 5%.

En la situación post incendio, en la profundidad de 7-20 cm, se destacó con mayor EA el tratamiento de SD con R4. Asimismo, los tratamientos con R4 mostraron los porcentajes mayores de EA independientemente del sistema de labranza empleado. En el extremo opuesto, los tratamientos con LC en



combinación con R2 y R3 registraron la menor EA. El tratamiento con labranza conservacionista de LR y bajo R3 si bien se situó entre los de menores valores presentó un comportamiento superior a los más bajos del ensayo con LC. El resto de los tratamientos presentaron un comportamiento intermedio como se visualiza en la Tabla 3.

Los resultados del efecto del incendio sobre la estabilidad los agregados del suelo se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación entre las condiciones previas y posteriores al incendio en las distintas profundidades. 0-7 cm y 7-20 cm.

Condiciones pre y post incendio		
Condición	Pre	Post
Variable	EA %	
Profundidad	0-7 cm	
Media	70,01	89,93
Valor de "t" de Student	10,49	
Desvío estándar	1,89	
Probabilidad	<0,0001	
Profundidad	7-20 cm	
Media.	60,72	81,,33
Valor de "t" de Student	16,07	
Desvío estándar	1,28	
Probabilidad	<0,0001	

Se produjo un aumento significativo en la estabilidad de los agregados del suelo en la situación post incendio en ambas profundidades (Figura 6). Esto es



similar a lo hallado por Mataix-Solera y Doerr (2004) quienes encontraron un aumento de la estabilidad de la estructura posterior a un fuego de severidad baja.

En contraposición, Badía y Martí (2003) observaron que el fuego produjo una fragmentación de agregados y una pérdida de estabilidad debido a la ruptura de los cementos orgánicos a temperaturas elevadas, dependiendo de la severidad del incendio y el tipo de suelo, por lo cual los cambios podrían ser más o menos evidentes.

En algunos casos, sin embargo, no se han observado diferencias, por ejemplo, en incendios que se propagan a través de las copas de la vegetación arbórea, que pueden producir un aumento de la materia orgánica edáfica, y en otros, los resultados demostraron una agregación mayor en los suelos quemados a intensidades bajas y medias debido a la formación de una capa hidrofóbica en la superficie externa de los agregados (Mataix-Solera y Doerr, 2004).

Si bien en el presente ensayo no se determinaron las temperaturas alcanzadas durante el incendio no controlado, cabe mencionar que Giovannini y Lucchesi, (1997) y Ketterings et al., (2000) evaluando el efecto de diferentes niveles térmicos de incendios hallaron resultados similares, reportando que los agregados remanentes del incendio presentaron una mayor estabilidad a los previos a éstos, debido a la formación de óxidos que generaron un aumento de la cementación.

También existe la posibilidad que se generen agregados muy estables fruto de la cementación propiciada por el aumento de la temperatura o el incremento en



la repelencia al agua (Guerrero et al., 2001; Mataix Solera y Doerr, 2004; Arcenegui et al., 2008).

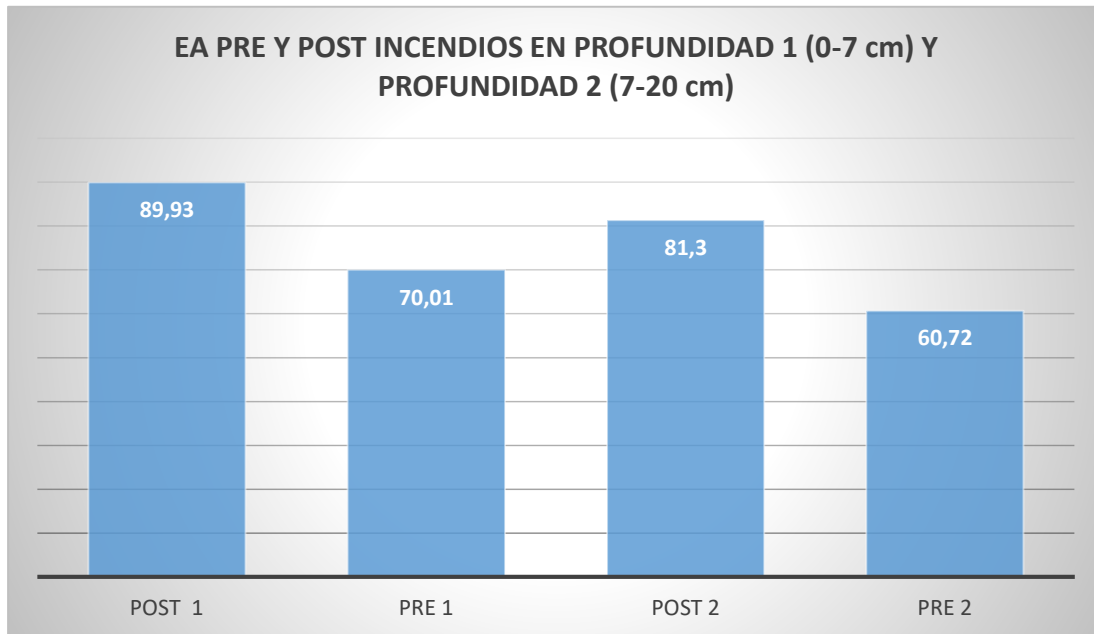


Figura 6. Estabilidad de los agregados (EA) en la situación de pre y post incendios en la profundidad 1 (0-7cm) y profundidad 2 (7-20cm).

El incremento en la EA en ambas profundidades luego de ocurrido el incendio ($P < 0,0001$), podría deberse a una fusión de los componentes de la fracción mineral resultantes en una mayor cementación de partículas por el aumento de la temperatura como fue planteado por Giovanini y Lucchesi, (1997). Probablemente estas mejoras logradas en los agregados posteriores al fuego, no contribuirían a un buen funcionamiento físico del suelo, debido a que, en estudios previos del presente ensayo, se observaron aumentos significativos de la densidad aparente (Szymitowski et al., 2023), afectando la porosidad del suelo y en consecuencia en la retención hídrica o humedad equivalente donde se detectaron marcadas disminuciones (Dalurzo et al., 2022).



Conclusiones

Al emplear diferentes sistemas de labranzas y secuencias de cultivos en un Argiudol Ácuico de Corrientes que se vio afectado por incendios, se concluyó que:

1. Las labranzas conservacionistas y las rotaciones evaluadas con gramíneas forrajeras, como el pasto cambá, favorecieron la estabilidad de agregados del suelo.
2. Ante el efecto del incendio hubo un aumento de la EA en ambas profundidades del suelo y bajo los sistemas de labranzas y rotaciones evaluadas sin que esto signifique un mejor funcionamiento del suelo.



Bibliografía

1. Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Zornoza, R., Mataix-Beneyto, J. y García-Orenes, F. 2008. Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils. *Catena*, 74, 219-226.
2. Badía, D., Martí, C. 2003. Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two contrasting soils. *Arid Land Research and Management* 17, 23-41.
3. Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecología* 143, 1-10.
4. Colombani, E. N., Costa, J. L., Studdert, G. A., & Suero, E. (2002, April). Evaluación de propiedades físicas de suelos del sudeste bonaerense bajo distintos manejos. In *Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
5. Dalurzo, H.C., P.G. Caballero, C. Szymitowski, V.B. Diaz, F.A. Paredes, L. Gnoatto, N.I. Stahringer, M. Sánchez Petris, y G.A. Dellamea. 2022. Variables de suelo bajo efecto de incendios en un Argiudol de Corrientes. *Tomo 1- XXVIII CACS2022*, p 81.
6. Dexter, A. R. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research* 11:199-238
7. Dexter, AR. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Till. Res.* 20: 87-100.



8. Domínguez, GF; GA Studdert & HE Echeverría. 2005. Propiedades del suelo: efectos de las prácticas de manejo. En: Echeverría, HE & FO García. (eds) Fert. de Suelos y Fertiliz. de Cult. Ediciones INTA. Buenos Aires. pp 207-229
9. Escobar, E. H., Ligier, H. D., Melgar, R., Matteio, H., & Vallejos, O. (1996). Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1: 500.000. Convenio MAGIC-INTA. Recursos Naturales, EEA INTA Corrientes. [\[Links\]](#).
10. Giovannini, G., Lucchesi, S. 1997. Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. Soil Science 162, 479-486.
11. Guerrero, C., J. Mataix-Solera, J. Navarro-Pedreño, F. García-Orenes, and I. Gómez. 2001. Different patterns of aggregate stability in burned and restored soils. Arid Land Research and Management 15(2):163-171.
12. Hernanz, JL; R López; L Navarrete & V Sánchez-Girón. 2002. Longterm effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. Soil & Till. Res. 66: 129-141.
13. Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego, 771 pp.
14. Ingaramo, O.E. 2003. Indicadores físicos de la degradación del suelo. Tesis doctoral. Universidade da Coruña. España. 341 pp.
15. Katsvairo, T; WJ Cox & H van Es. 2002. Tillage and Rotation Effects on Soil Physical Characteristics. Agron. J. 94: 299-304.



16. Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425-441. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. ASA and SSSA, Madison, WI.
17. Ketterings, Q. M., Bigham, J. M. and Laperrche, V. 2000. Changes in soil mineralogy and texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 1108-1117.
18. Kladvko, EJ. 1994. Residue effects on soil physical properties. In: Managing Agricultural Residues. P. Unger Ed. Lewis Publishers. Pp. 123-142.
19. Ligier, HD & DB Kurtz. 2001. Agricultura de Bajos Insumos en Minifundios de Corrientes: Estrategias para una Agricultura Sustentable. 363-370. En: Siembra Directa II. Panigatti, JL; H Buschiazso & H Marelli (eds). Ediciones INTA.
20. Mataix-Solera, J., S.H. Doerr. 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain. Geoderma 118, 77-88.
21. McIntyre, D.S. 1958. Permeability measurements of soil crust formed by raindrop impact. Soil Science 85, 185-189.
22. Minervini, M. G, H. J Morrás, & M. A. Taboada, (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo: Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. Ecología austral, 28(1), 12-27. Recuperado en 28 de septiembre de 2022, de [\[Links\]](#).



23. Paredes, FA; MG Tellería & HC Dalurzo. 2014. Carbono orgánico y sustancias húmicas de un Argiudol Hipertérmico bajo diferentes manejos. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca, Argentina.
24. Pilatti, MA; JA Orellana & O Felli. 1998. Indicadores edáficos en agricultura sostenible. II) Idoneidad de variables edáficas para evaluar sostenibilidad en agroecosistemas, 15 p. XVI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz. p 235.
25. Rey Montoya, T.S., F.A. Paredes, H.C. Dalurzo; C. Fernández López & R. M. Kersting. 2017. Physical properties of an Acuic Argiudoll under different management systems. Pág. 171-180. <http://www.suelos.org.ar/sitio/volumen-35-numero-1-julio-2017/> (última visita 12/10/2021).
26. Silenzi, J, A.M. Moreno & J Lucero. 1987. Variaciones temporales de la estabilidad estructural de un suelo no disturbado. Ciencia del Suelo Vol. 5 N° 1:1-7pp.
27. Smichowski, H., Montiel, M. del R., Romero, V., Kowalewski, M., & Contreras, F. I. (2022). Evaluación de incendios en áreas periurbanas de la ciudad de Corrientes (Argentina) durante el año 2020. Papeles de Geografía, (67), 151–167. <https://doi.org/10.6018/geografia.486441> (Original work published 17 de octubre de 2021)
28. Szymitowski, C.A., H.C. Dalurzo y N.I. Stahringer. 2023. Contenidos orgánicos del suelo ante el efecto de incendios en un Argiudol Ácuico de



Corrientes. XXVIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas de la UNNE.

29. Torres-Guerrero, C. A., B. Etchevers, J. D. Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, Bram, F. De León-González, y J. M. Herrera. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*. 2013; 31 (1): 71-84. [Fecha de Consulta 26 de septiembre de 2021]. ISSN. [[Links](#)].
30. Unger, PW. 1997. Aggregate and organic carbon concentration interrelationships of Torrertic Paleustoll. *Soil and Tillage Research* 42:95-113.
31. Caballero, P.G. , Gnoatto, L.O., Dellamea G.A., Paredes, F.A. , Stahringer, N.I, Garay, J.M., Brandolin, A., Slukwa, M., Dalurzo, H.C. 2021. Actas de las Jornadas Nacional Conservación de Suelos 2021. Balcarce - Argentina