



MAESTRIA EN
MANEJO INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRAFICAS

Universidad Nacional de La Plata.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

MAESTRÍA
MANEJO INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

TESIS

TITULO: Erosión hídrica y Generación de sedimentos, en la
Cuenca del Bañado del Juncal.
Partido de Colón. Provincia de Buenos Aires

ALUMNO: Ing Agr. José E Bozadjie
DIRECTOR: Ing Agr. M. Sc Carlos Irurtia.
CO – DIRECTOR: Ing Ftal. M. Sc Fernanda Gaspari

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.	Página
I. 1.	Introducción	
I. 2.	Marco teórico.	
I. 3.	Hipótesis.	
	I. 3. 1 Planteo del problema.	
	I. 3. 2 Hipótesis.	
I. 4.	Objetivos	
	I. 4. 1 Objetivo General.	
	I. 4. 2 Objetivos específicos.	
II.	MATERIALES Y MÉTODOS.	
	Recopilación de Información.	
II. 1.	Estimación de sedimentos.	
	II. 1. 1. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.	
II. 2	Utilización del Microsimulador de lluvias.	
	II. 2. 1. Descripción del Microsimulador	
	II. 2. 2. Mediciones con Microsimulador.	
II. 3.	Materia orgánica del suelo.	
III.	RESULTADOS PRIMERA PARTE. ESTUDIO DEL AREA DE ESTUDIO.	
III. 1	Ubicación Geográfica.	
III. 2	Caracterización general de la cuenca del Bañado del Juncal	
III. 3	Clima.	
III. 4	Geología.	
III. 5	Geomorfología.	

- III. 6 Suelos.
 - III. 6. 1. Serie Las Gamas.
 - III. 6. 2. Serie Rojas.
 - III. 6. 3. Serie Huemul.
 - III. 6. 4. Serie El Arbolito
 - III. 6. 5. Complejos y Asociaciones.
- III. 7 Capacidad de uso del suelo.
 - III. 7. 1. Clase de capacidad de uso.
 - III. 7. 2. Sub clase de capacidad de uso.
 - III. 7. 3. Unidad de capacidad de uso
- III. 8 Hidrología
 - III. 8. 1 Sistema de Drenaje.
- III. 9. Características morfométricas.
 - III. 9. 1 Longitud.
 - III. 9. 2 Perímetro.
 - III. 9. 3 Area.
 - III. 9. 4 Densidad de Drenaje
 - III. 9. 5 Pendiente del cauce.
 - III. 9. 6 Coeficiente de compacidad.
- III. 10 Uso del suelo
 - III. 10. 1 Asociación de series de suelos y curvas de nivel.
 - III. 10. 2 Sistema de labranza
 - III. 10. 3 Distribución espacial de los cultivos

IV. RESULTADOS SEGUNDA PARTE. DETERMINACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO

- IV. 1 Sedimentos estimados mediante aplicación de la U.S.L.E
 - IV. 1. 1. Factor de potencialidad erosiva de la lluvia. R:
 - IV. 1. 2. Factor de erosionabilidad del suelo. K

- IV. 1. 3. Grado y longitud de la pendiente. S y L
- IV. 1. 4. Factor de cultivo. C
- IV. 1. 5. Factor de prácticas culturales. P
- IV. 1. 6. Resultados de Pérdidas de Suelo.
 - IV. 1. 6. 1. Por rotación
 - IV. 1. 6. 2. Por cultivo
 - IV. 1. 6. 3. Perdidas a nivel de la Cuenca.
- IV. 2 Pérdidas determinadas con Microsimulador
- IV. 3 Materia orgánica.
 - IV. 3. 1. Evaluación del contenido de Materia orgánica.
- V. DISCUSION.
- VI. CONCLUSIONES.
- VII. PROPUESTAS.
- VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Nº	Tablas	Pág.
1	Factor exponencial	
2	Factor C	
3	Factor P	
4	Coeficientes de humificación y mineralización	
5	Porcentajes de ocupación por partido	
6	Superficie y porcentajes de ocupación por cultivo	
7	Cantidad de productores y superficies	
8	Registros climáticos de la ciudad de Pergamino.	
9	Temperaturas de la E.M INTA Pergamino.	
10	Serie de suelos y capacidad de uso	
11	Labranzas utilizadas en la cuenca y rotaciones por lote	
12	Superficie ocupada por cada cultivo	
13	Valores de R ($J.cm/m^{-2}.hora^{-1}$) mensuales para la ciudad de Pergamino	
14	Determinación del factor R ($J / ha^{-1} . año^{-1}$)	
15	Factor de erosionabilidad de los suelos	
16	Grado de pendiente y longitud promedio	
17	Valor de C calculado para diferentes cultivos	
18	Pérdida de Sedimentos por rotación estudiada	
19	Perdida de ingresos en función a las pérdidas de suelos	
20	Incidencia de la superficie destinada a cada cultivo	
21	Estimación de las pérdidas económicas	
22	Valores hallados de sedimentos para cada tipo de labranza y cultivos	
23	Sedimentos emitidos en los cultivos con labranza convencional	
24	Porcentajes de pérdidas de materia orgánica por tipo de rotación	

Nº	Gráficos	Pág.
1	Porcentajes de ocupación por cultivo	
2	Tamaño de establecimientos y % de ocupación	
3	Precipitación media mensual, 1990 – 2007	
4	Superficie por cultivo y porcentajes de ocupación	
5	Distribución del valor de R y las precipitaciones mensuales	
6	Sedimentos producidos por cada rotación	
7	Estimación de la erosión por cada cultivo	
8	Incidencia de cada cultivo	
9	Erosión hídrica total de la cuenca (A), por cultivo seleccionado	
10	Sedimentos calculados para siembra directa	
11	Representación de los sedimentos hallados en labranza convencional	
12	Porcentaje de pérdida de materia orgánica por tipo de rotación	
13	Valores de rendimiento de cultivo y materia orgánica humificada	
14	Balance de materia orgánica de la rotación	

N°	Figuras	Pág.
1	Curva D - I - F Junín	
2	Curva D - I - F San Pedro	
3	Ubicación del área de estudio	
4	Imagen Satelital, Cuenca Río Arrecifes	
5	Curvas de nivel de la cuenca	
6	Sistema de fracturas con dirección NO-SE y NE-SO	
7	Perfil transversal de S. O. a N. E. del Bañado	
8	Diseño de la pendiente	
9	Series, asociaciones y complejos de suelos	
10	Red de drenaje	
11	Zonificación del uso del suelo definido por las curvas de nivel	
12	Imagen Satelital de la fecha con soporte a campo	
13	Distribución espacial de los cultivos	

N°	Fotos	Pág.
1	Placa porta gotero	
2	Micro simulador	
3	Profundidad del perfil húmedo	
4	Porcentaje de cobertura	
5	Cabecera del A Sin Nombre	
6	Formación de Cárcavas	
7	Estructura laminar en suelos de Siembra Directa	
8	Descompactador en funcionamiento	
9	Profundidad del perfil húmedo y compactación sub superficial	
10	Profundidad del perfil húmedo	

- ANEXOS.

1. REGISTRO DE LLUVIAS.
2. FACTOR C DE CULTIVOS.
3. PLANILLAS MICROSIMULADOR.

I. INTRODUCCION:

I. 1. Introducción.

El uso indiscriminado de los recursos naturales está ocasionando una degradación de los mismos, como ser la tala de los bosques nativos, contaminación de recursos hídricos superficiales y subterráneos, la degradación de suelos por erosión hídrica y eólica, desertificación, y salinización; procesos que culminan con la pérdida de productividad de los suelos. Con el crecimiento de la población mundial y la demanda mayor de alimentos, se está extendiendo la frontera agrícola sobre áreas marginales, las cuales son más inestables o susceptibles de sufrir procesos de degradación.

Como lo describe (Casas, 2003) el proceso de agriculturización y sus efectos de la siguiente forma: Desde comienzos de la década de 1970 se inició éste proceso de agriculturización en coincidencia con la expansión del cultivo de soja que impactó negativamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y también sobre su integridad. Los aspectos mas graves de la expansión e intensificación de la agricultura fueron la disminución acelerada de la materia orgánica y la fertilidad de los suelos como así también de los procesos de erosión hídrica. La intensificación de la agricultura en la Región Pampeana y las isohietas hacia el oeste, provocó el desmonte de los bosques de Caldén en la Pcia. de La Pampa sobre suelos de alta susceptibilidad a la erosión eólica. También en la provincia de Entre Ríos, la frontera avanzó en bosques de Ñandubay, en suelos susceptibles a la erosión hídrica. Con el estímulo del ciclo húmedo imperante y el escaso valor de la tierra, comenzó un importante proceso de expansión de la frontera agropecuaria en la región Chaqueña.

En éste proceso de agriculturización el cultivo de la soja es el que cubre el mayor porcentaje.

La acción del hombre sobre los recursos naturales, ha generado un desequilibrio en los suelos generado por la carencia de medidas de conservación, técnicas de cultivos utilizadas y la incorporación de nuevas tierras a la agricultura, como lo hallado en la cuenca del Arroyo Belisario en el Partido de Tornquist (Hauri, 2007)

Para afrontar esta problemática, se crearon metodologías preventivas para disminuir el deterioro de los recursos naturales, como por ejemplo el manejo de cuencas hidrográficas, consideradas como “los sistemas naturales productivos donde el hombre

puede interactuar con los recursos, armonizando las potencialidades que ellos ofrecen con las actividades destinadas a su aprovechamiento para satisfacer las necesidades de la población”. El manejo de la cuenca es de carácter interdisciplinario, abarcando el uso de los recursos hídricos, edáficos, faunísticos, agrícolas, pecuarios, forestales, logrando administrar el recurso natural escaso con el mejor criterio de conservación, con el objetivo de realizar una producción sustentable (Magnani, 2000).

La cuenca hidrográfica es un área natural en la cual el agua se desaloja a través de un sin número de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común, que sirve de eje de la zona. Henaos (1978) y Bruno (2000) expresan que una cuenca representa un espacio físico, tangible, pues permite la concurrencia de los distintos factores físicos, intereses humanos y actividades económicas y constituye la unidad de actuación de la comunidad, para la administración de las actividades productivas, conciliar intereses, conservar la biodiversidad y permitir un desarrollo sustentable. De éste enfoque integral y multisectorial el objeto de estudio para diseñar una estrategia, no es la cuenca en sí, sino el hombre en el espacio de la cuenca, con los recursos naturales que lo sustentan.

En la Argentina en la década de 1970, Casas y su grupo de investigación iniciaron los estudios de los procesos erosivos en una cuenca en el sur de Santa Fe, con el objetivo de aplicar una planificación conservacionista y contribuir al establecimiento de una metodología de estudio en un área con severos problemas de erosión hídrica (1978).

La erosión hídrica y eólica que se produce en los suelos, se debe a causas naturales y antrópicas. La acción del hombre sobre los recursos naturales, ha generado un desequilibrio en los suelos por la falta de aplicación (generado por la carencia) de medidas de conservación, técnicas de cultivos utilizadas inadecuadas y la incorporación de nuevas tierras a la agricultura de baja o inadecuada capacidad de uso, como lo expresado por Hauri en la cuenca del Arroyo Belisario en el Partido de Tornquist (2007).

Chagas y colaboradores (1993), mencionan que en la década pasada se evidencian signos de erosión hídrica en pampa ondulada, en suelos con pendientes menores al 1%, atribuibles al escurrimiento erosivo. Además menciona que cerca del 50 % de la superficie de dicha región está siendo afectada por erosión hídrica. Durante los últimos 20 años el cultivo continuo ha ido desplazando al planteo más sustentable de rotaciones agrícola - ganaderas, y a su vez el cultivo de soja pasó a ser el más importante de los realizados en la región pampeana. Por otra parte ese cultivo incorpora escasa cantidad de carbono orgánico al suelo, importante para la formación de agregados del suelo.

En la década de 1980 se menciona que en esta zona la erosión potencial es moderada y la falta de aplicación de pautas conservacionistas ha provocado importantes daños por erosión hídrica al recurso suelo. Como también mencionan que el mantener elevado el nivel de materia orgánica disminuye la susceptibilidad de éste a la erosión hídrica y la tendencia al planchado (Irurtia et al, 1984).

El proceso erosivo se desencadena en la medida en que actúen otros factores tales como las lluvias, longitud y grado de las pendientes y la acción antrópica a través del manejo infringido a los suelos y cultivos (Casas, 1978).

Michelena menciona el impacto que tiene sobre las propiedades del suelo el sobrepastoreo, el monocultivo y la quema de rastrojos a través de la reducción del aporte de materia orgánica al suelo, que conducen a la disminución del contenido de materia orgánica del suelo (1988).

Las rotaciones de cultivos y los tipos de labranzas utilizados, tienen un efecto directo sobre el comportamiento físico del suelo, donde las diferencias de manejo se ven reflejadas en la productividad de los suelos, y que en situaciones de altas intensidades de precipitación, producen diferentes grados de erosión hídrica.

Los suelos en los cuales se practica una rotación acorde a su capacidad de uso del suelo, presentan variaciones como las encontradas por Oliverio (1990) que evaluó los niveles de fertilidad física (estabilidad estructural) y química de suelos rotados y no rotados, hallando deterioros del orden del 70% en la estructura de suelos con 10 años de agricultura.

Los diferentes sistemas de labranza y rotaciones, producen un balance entre la materia orgánica perdida por mineralización y la ganada por humificación con la incorporación del rastrojo. Además, Oliverio (1990) expresa que *“proporciona al suelo una protección frente al impacto de la gota de lluvia, que evita el proceso de desagregación y disminuye el proceso de erosión hídrica”*, indicando que el proceso de agriculturización produce en el suelo variaciones a nivel físico, químico y biológico, generándose una degradación de las características de los suelos reversibles (pérdida de materia orgánica, nitrógeno) llevando al suelo a una degradación irreversible (erosión hídrica y eólica).

La estimación de la erosión hídrica superficial en la cuenca del Bañado del Juncal, que se produce por diferentes rotaciones y tipos de labranza, permitirá establecer una planificación de manejo del suelo acorde a su capacidad de uso, siendo el objeto de estudio de la presente tesis.

I. 2. Marco Teórico

La cuenca del Bañado del Juncal es una unidad geográfica con lomas extendidas de baja pendiente con un uso del suelo destinado a la agricultura en los sectores altos de la cuenca y en los sectores bajos del bañado se destinan a la ganadería. En periodos de alta precipitación el bañado funciona como reservorio de agua.

En un estudio realizado en la década de 1980 en la cuenca del Río Arrecifes, en la cual la cuenca del Bañado del Juncal es tributaria, se estableció que se encuentran afectadas 560.245 ha por erosión hídrica (Irurtia et al, 1988).

Los productores del área destinan gran parte de la superficie al cultivo de soja, en detrimento del cultivo de maíz, debido a la situación coyuntural de la diferencia de precios de los granos. La incorporación del cultivo de soja a la rotación, aporta un rastrojo rico en nitrógeno, pero con descomposición rápida, y poca cobertura, por lo que aporta poca materia orgánica, tendiendo la estructura del suelo a volverse inestable y a densificarse. Según Casas, el monocultivo de soja, no puede contrarrestar éste efecto (2006), coincidiendo con lo observado por Chagas et al. (1995) que expresa que la estabilidad estructural bajo monocultivo de soja con labranzas convencionales, resulta muy baja.

El rastrojo que se incorpora al suelo, está en función a los cultivos que integran la rotación y al sistema de labranza utilizado, para luego ser transformado en materia orgánica. La incorporación de materia orgánica influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como ser: sobre la mayor capacidad de retención de humedad, menor densidad aparente o mayor porosidad, mayor estabilidad estructural, fertilidad química y resistencia a la erosión hídrica y eólica; siendo además afectado por las labranzas, la cantidad de años de agricultura, cultivos, rotaciones y el manejo de los cultivos. (García, 2004)

Las rotaciones más habituales que se realizan en la cuenca del Bañado del Juncal son las siguientes:

Soja 1° - Trigo / Soja – Maíz	Labranza Convencional
Soja 1° - Trigo / Soja – Soja- Maíz – Maíz	Labranza Convencional
Soja 1° - Trigo /Soja – Maíz. – 4 Pastura	Labranza Convencional
Soja 1° - Trigo /Soja – Trigo /Soja	Siembra Directa
Soja 1° - Trigo /Soja – Maíz - Trigo /Soja	Siembra Directa

Uno de los objetivos de las rotaciones agrícolas regionalmente, es reponer mediante la incorporación de rastrojos, los nutrientes que extraen los cultivos, a su vez ayudan a mantener el contenido de materia orgánica, elemento vital para la vida del suelo y las plantas. El rastrojo incorporado y que se degrada en el suelo está determinado por la cantidad (expresada en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y calidad expresada en la relación Carbono / Nitrógeno.

Cuando la cobertura es escasa, por falta de rotaciones adecuadas, el impacto de las gotas de lluvia produce la ruptura de los agregados superficiales del suelo, que genera la dispersión y orientación de las partículas más finas de limo y arcilla, produciendo la oclusión o sellado de los poros al penetrar dichas partículas en el suelo. Se forma así una delgada capa o sello superficial de 0,1 a 0,2 milímetros de espesor en la que la permeabilidad se reduce hasta 2000 veces respecto de un suelo normal, seguida de otra que puede alcanzar más de un centímetro, en la que la permeabilidad se reduce hasta 200 veces. En suelos con estructura estable con buena cobertura, los agregados no llegan a dispersarse, por lo que la permeabilidad prácticamente no es afectada (Casas, 2005).

Cabe destacar que la intensificación de la agricultura produce un decremento de los niveles de materia orgánica, aumentando la degradación de los suelos y el escurrimiento superficial, haciéndose hoy visible a través de lotes cansados, con presencia de erosión laminar, voladuras o cárcavas. La erosión laminar significa la pérdida de un espesor mas o menos uniforme de suelo (difícilmente percibido por el productor) pero a medida que el agua corre, pasa al segundo estado que es erosión en surcos (cuando el agua se encauza en pequeños surcos que se van profundizando y arrastre de material superior del suelo). Si no se detiene el proceso erosivo, se llega al estado mas grave de la erosión hídrica que es la formación de cárcavas en los lugares de concentración de agua de escurrimiento (Casas, 1978).

La acción del escurrimiento superficial, depende del régimen de las precipitaciones y de las características hidrológicas del suelo (capacidad de infiltración), ya que la precipitación que llega al suelo, puede evaporarse, infiltrarse o quedar en superficie, para luego ponerse en movimiento sobre la misma. (Mintegui Aguirre et al, 1990). Cuando disminuye la infiltración, comienza el escurrimiento del agua superficial, que priva al ecosistema del agua que le es necesaria, se reduce el suministro subterráneo y esto contribuye a la erosión. Muchos de los factores relacionados con la erosión también están relacionados con el escurrimiento.

El proceso de erosión es, particularmente, el movimiento de las partículas del suelo causado por las fuerzas de arrastre del agua y el viento, que desprenden y transportan

partículas de suelo culminando con la sedimentación. Los factores que determinan el grado de erosión producido en el suelo son: el clima (intensidad y duración de la precipitación); el suelo (textura, estructura, infiltración, materia orgánica); el relieve (grado y longitud de la pendiente); la vegetación (ciclo del cultivo, épocas de labores, porcentajes de cobertura, tipo de vegetación) y las prácticas culturales realizadas por el hombre.

De acuerdo a la intensidad y la cantidad de lluvia, tipo de suelo y grado de protección de la superficie (desnudo, rastros, cultivo verde) se producirá erosión hídrica de distinta gravedad (Michelena, 2003)

Berón et al, 1982, midieron los volúmenes de aguas escurridas en un tiempo de 6 meses, sobre un suelo moderadamente erosionado, con tres parcelas de escurrimiento, concluyendo que los escurrimientos estuvieron en orden de importancia en función de la cantidad e intensidad de las lluvias, protección del suelo por el cultivo, dirección de laboreo y de siembra, largo de la pendiente y estado de humedad del suelo.

En un ensayo con tres sistemas de labranza, Berón et al (1993) aplicó una lluvia de 120 mm en 60 minutos en un cultivo de soja, donde se registraron pérdidas de suelo en casi todos los casos a los 5 – 10 minutos de iniciada la lluvia, en contraposición con Labranza combinada (Lc), y Siembra Directa (SD) que se inicia con un retardo de 10 – 15 minutos.

Los mismos autores, en el año 1995, compararon tres sistemas de labranza: Convencional con arado de Reja y Vertedera (RyV), Lc y SD, con el objetivo de cuantificar la pérdida de suelos y la eficiencia en la captación de la agua de lluvia, en una rotación agrícola continua trigo - soja 2º- maíz, en parcelas. Se encontró que el tratamiento de RyV fue el más susceptible a sufrir pérdidas de suelo y demostró antes la erosión, en relación con Lc y SD.

Estudios antecedentes de Chagas et al (1997) determinaron la erosión en un suelo Argiudol típico sobre tres sistemas de labranza, (RyV con 15 años de agricultura; agricultura con pastura; y pradera natural) encontrando que el tratamiento de agricultura continua produjo mayores pérdidas de suelo y escurrimiento que el tratamiento con pastura.

Michelena et al (2002) trabajaron en la evaluación de un suelo Haplustol éntico en siembra directa con rastrojo y sin rastrojo de maíz, determinando que el suelo sin - rastrojo produjo, índices de erosión superiores, infiltración de 23 mm menos y pérdidas de suelo de $1,75 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1}$.

En la Cuenca del Plata se estimaron valores de erosión potencial entre 72 y 96 $\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, en un estudio realizado en 1984 por Irurtia y colaboradores.

También se pueden comparar las pérdidas estimadas por erosión hídrica en la zona en estudio, como las halladas para la serie de suelo de Rojas y Hughes, encontrando una erosión potencial de $49,6 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$; $47,7 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en rotación de agricultura continua y de $48,8 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$; $47,7 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en rotación agrícola ganadera, respectivamente (Michelena et al, 1986).

Al analizar estudios sobre las coberturas de rastrojo de diferentes especies y la potencial erosión, se encontró que la cobertura de trigo presentan mayor perdurabilidad, conserva mejor la humedad y brinda mayor protección física al suelo, que un rastrojo de maíz (Giordano, 1995). De esta forma se confirma que los procesos erosivos están muy relacionados al uso del suelo, al tipo de labranzas y al aporte de rastrojos que hacen los cultivos.

Los aportes de rastrojo que incorporan al suelo los diferentes cultivos generan un aumento en el contenido de la materia orgánica, cuyo beneficio se ve reflejado en las propiedades que ella posee (García, 2003) como ser:

- Física: Densidad, capacidad de retención de agua, agregación, estabilidad del agregado, color y temperatura.
- Química: Reserva de nutrientes, (N, P, K, y otros), pH, capacidad de intercambio catiónico, capacidad tampón, y formación de quelatos.
- Biológica: Biomasa microbiana, actividad microbiana y fracciones lábiles de nutrientes.

Cualquier proceso de degradación que se produce en el suelo, debido al efecto indebido de la capacidad de uso del suelo, se inicia un descenso del contenido de la materia orgánica, y por ende aumenta la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica.

Los tipos de labranzas utilizadas, las rotaciones planificadas y las prácticas culturales ayudan a mejorar el estado de agregación del suelo, estableciendo una tendencia en descenso de los niveles de erosión hídrica.

La presente tesis desarrollada en el ámbito de la cuenca del Bañado del Juncal, permitió identificar la influencia de las labranzas y rotaciones, como efecto desencadenante de los procesos erosivos. Se comparan situaciones con agricultura continua (trigo / soja – maíz) en planteos de labranza convencional con disco y planteos de siembra directa. Por otro lado se analizó el comportamiento de suelos rotados con ganadería en la cual intervienen pasturas perennes.

I. 3. Hipótesis

I. 3. 1 Planteo del problema

El incremento de la agricultura sobre la ganadería y la inclusión de la soja como cultivo de verano en detrimento del maíz, ha llevado a producir en el suelo cambios en su estructura, en la estabilidad de los agregados y en el contenido de materia orgánica.

Los cambios de uso del suelo antrópicos, junto con la intensidad de las precipitaciones y distribución de los tipos de suelos generan en alguna medida cambios procesos en los procesos de erosión hídrica.

La acción antrópica es un factor importante y desencadenante de los procesos erosivos que afectan directamente en el comportamiento agrohidrológico de la cuenca.

I. 3. 2 Hipótesis

El comportamiento agrohidrológico de la cuenca esta asociado al manejo de suelos y al cambio de las propiedades físicas de los suelos.

I. 4. Objetivos

I. 4. 1 Objetivo General:

- Determinar las pérdidas de suelo por erosión hídrica actual en la cuenca del Bañado del Juncal, en situaciones de agricultura continua con labranza convencional y siembra directa; y en rotaciones agrícolas ganaderas.

I. 4. 2 Objetivos específicos:

- Estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial en la cuenca.
- Medir la perdida de suelo para una tormenta modal con simulador de lluvia.
- Proponer una alternativa superadora de las condiciones actuales de rotación en el ámbito de la cuenca, en función de los cultivos y prácticas culturales zonales.

II. MATERIALES Y METODOS

La elección del Bañado del Juncal como zona de estudio, se estableció por las siguientes razones:

- Lograr extrapolar las prácticas de manejo de suelos realizadas en un predio al nivel de cuenca hidrográfica.
- Ponderar la participación e interés de los productores en el proyecto de estudio.
- Identificar la cuenca hidrográfica con una heterogeneidad de actividades mixtas, que permiten comparar los factores que interactúan en el proceso de erosión hídrica en el norte de la Provincia de Buenos Aires.
- Accesibilidad para el levantamiento de datos y reconocimiento a campo.

En relación al uso del suelo estudiado, cabe destacar que el área destinada a la agricultura está ocupada por trigo, maíz, y soja; presentándose dos sistemas de labranza; uno convencional con disco y otro con siembra directa. Los sectores de menor capacidad de uso, están destinados a la ganadería con implantación de pasturas o en su defecto campo natural.

En la presente tesis se han aplicado dos procedimientos de cálculo para determinar las pérdidas de suelo por erosión hídrica superficial generadas en la zona en estudio. Los mismos forman parte de la metodología, que fue la siguiente:

1. Caracterización de la cuenca del Bañado del Juncal.
2. Estimación de la pérdida de suelo mediante la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos (E.U.P.S.) (Universal Soil Loss Equations) (Wischmeier y Smith, 1978), (expresada en $\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), como elemento diagnóstico.
3. Cuantificación de la erosión hídrica por medio de la implementación del Microsimulador de lluvia, el cual determina el escurrimiento y los sedimentos generados en una tormenta de diseño para cada cultivo de la cuenca (Irurtia et al, 2004). De esta manera se estudió el comportamiento del suelo frente a una tormenta de diseño de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ en diferentes situaciones de uso, donde se obtiene el sedimento que pierde un cultivo (en $\text{gr} \cdot \text{m}^{-2}$) y el índice de erosión.
4. Determinación del contenido de materia orgánica del suelo y las diferentes rotaciones de cultivos, asociado a las pérdidas de suelos.

La aplicación de estas metodologías permitió establecer las pérdidas de suelo superficial para generar pautas de manejo a nivel predial y zonal.

Las tareas que se desarrollaron para el cumplimiento de la metodología aplicada a la cuenca del Bañado del Juncal, fueron las siguientes:

- Recopilación de información climática de la zona de Pergamino, Colón, y Juncal. INTA, SRA.
- Recolección de cartas topográficas. I.G.M. Mariano Alfonzo. 1958. Hoja 3360-32-3. Estancia Las Gamas. Hoja 3360-32-1. Escala 1: 50.000. Wheelwright. 1959. Hoja 3360-31-2 y Colón. Hoja 3360-31-4. Escala 1:50.000.
- Procesamiento de cartas de suelo del INTA. Colón. 1974 Hoja 3360-31. y Pergamino 1972. Hoja 3360-32.
- Entrevista a productores y contratistas de la zona.
- Análisis, interpretación y elaboración de conclusiones de trabajos científicos y técnicos referidos a erosión hídrica superficial y al manejo del suelo.
- Delimitación de la cuenca por análisis topográfico.
- Generación de un análisis morfométrico de la cuenca, estableciendo características intrínsecas y particularidades de la misma.
- Elaboración de un plano de referencia con cartas IGM a escala y posterior digitalización.
- Digitalización del mapa de suelos, con referencias espaciales y posterior procesamiento de su base de datos.
- Relevamiento de datos paisajísticos y los accesos viales de la cuenca por medio reconocimiento a campo.
- Digitalización de curvas de nivel, predios, red de drenaje, caminos, cascos, límite del bañado, entre otros.
- Cálculo de superficies del Bañado y áreas de influencia.
- Cuantificación de la superficie de las áreas de uso agrícola en forma digital.
- Levantamiento de información de cultivos presentes en cada lote.
- Procesamiento de Imagen satelital de para clasificación supervisada de cobertura vegetal. Se completó la información con análisis visual sobre las Cartas de Imagen Satelital. I.G.M. Colón. 3360-31 (Enero 1993) y Pergamino 3360-32 (Febrero 1994). Escala 1: 100.000. La combinación de bandas fue RGB 345, para el análisis digital de la imagen satelital.

- Procedimiento de análisis de vegetación y uso del suelo con soporte a campo de la Imagen Satelital de CONAE, (Marzo, 2005) de los cultivos existentes en el momento de realizar la simulación.
- Digitalización de los cultivos en pantalla sobre la imagen satelital mencionada anteriormente.
- Identificación y ubicación de los sitios para realizar el muestreo y simulación de lluvias en la cuenca.
- Regulación de la intensidad e lluvia del microsimulador para aplicar una lámina de 5 mm . 5 min⁻¹ para aplicar 60 mm . h⁻¹.
- Determinación del porcentaje de cobertura del suelo por comparación con gaceta de producción con rastrojos. INTA.
- Extracción de muestras de suelo en casa sitio para analizar el contenido de materia orgánica en donde se aplico el microsimulador de lluvias.
- Recolección del escurrimiento emitido por el microsimulador para la cuantificación de sedimentos en laboratorio.
- Determinación del índice de erosión establecido por la aplicación del microsimulador.
- Medición del perfil húmedo o profundidad de infiltración (cm) por medio de la exploración por calicatas de suelo.
- Determinación de cada factor de la ecuación universal de pérdida de suelo: R, K, S, L, C, P, para la zona en estudio.
- Estimación de las pérdidas generadas en cada rotación y cada cultivo con la utilización de la U.S.L.E.
- Determinación y comparación de los sedimentos emitidos en cada cultivo y tipo de labranza, y entre ellos.
- Elaboración de propuestas que aporten sobre la reducción de los sedimentos emitidos.
- Desarrollo de las conclusiones de la tesis.

A continuación se presenta en forma detallada la metodología aplicada en esta tesis.

II. 1. Estimación de sedimentos

II. 1. 1. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.

Los sedimentos que se producen en el lote, están en función de la intensidad de las precipitaciones, la estabilidad del suelo, longitud y grado de la pendiente, el manejo del suelo y las prácticas culturales realizadas en el lote. Mediante la Ecuación de Pérdida de Suelos (U.S.L.E. *Universal Soil Loss Equations*) generada por Wischmeier y Smith (1978) se puede estimar los sedimentos generados en $\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. Los factores de la ecuación, son los siguientes:

$$A (\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}) = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A: Pérdidas de suelo.

R: Factor de índice de erosión pluvial.

K: Factor de erosionabilidad del suelo.

L: Longitud de la pendiente

S: Gradiente de pendiente

C: Ordenación de los cultivos.

P: Control de la erosión mediante prácticas de cultivo.

A continuación se detalla el cálculo de los factores de la ecuación U.S.L.E..

R) Es el índice de potencialidad erosiva de las lluvias. Este índice se calcula mediante la intensidad de precipitación máxima en 30 minutos y la energía de la precipitación.

$$R = \text{Energía} (\text{kgm} \cdot \text{ha}^{-1}) \times \text{Intensidad máxima 30 minutos} (\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot 10^{-6}$$

Debido a que se carece de fajas pluviográficas en la ciudad de Colón, para hallar el valor **Intensidad** 30 minutos (I_{30}) se tomó como referencia el **Intensidad máxima** 30 minutos ($I_{\text{max}30}$) hallado por (Rojas y Conde, 1984) para la ciudades del SE de Entre Ríos con una precipitación similar a la zona de estudio, para el período 1950 – 1971, y el valor hallado por Berón et al (1981) para la ciudad de Pergamino; resultando 32 mm y 29,4 mm respectivamente. Estas intensidades se corrigieron con precipitaciones actuales.

En las localidades que no poseían pluviógrafo, Rojas y Conde (1984) establecieron una ecuación de regresión que representa el valor de R. Con dicha metodología (1984), se aplicó la ecuación de regresión para calcular el valor de R para la localidad de Colón. Se utilizaron las precipitaciones diarias entre los años 1990 – 2007, y se calculó la media mensual y la media diaria. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Y = 137,95 + 0,0001533 \cdot (I \max_{30} \cdot \text{Precipitación máx día} \cdot \text{Precipitación media anual})$$

$$R^2 = 0,90$$

K) El factor expresa la erosionabilidad o susceptibilidad del suelo a ser erosionado, en función de la textura, estructura, permeabilidad y contenido de materia orgánica.

La ecuación que resulta para determinar este factor es producto de las pérdidas ocasionadas en una parcela de 22,1 m largo, con pendiente 9 %, donde el suelo se halla desnudo, estableciendo para ello que tiene un valor de $K = 1$, con el valor de R conocido de la zona. Si se conoce el la pérdida de suelo (A) y la erosionabilidad de las precipitaciones (R), se calcula el valor K ($\text{tn} \cdot \text{Joule}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) de la siguiente forma:

$$K = \frac{A}{R}$$

Si se desconocen A y R, la determinación de K se establece según la siguiente ecuación:

$$K = \frac{2,71 M^{1,14} \cdot (10^{-4}) \cdot (12-a) + 4,20 (b-2) + 3,23 (c-3)}{100}$$

Donde:

M = Textura superficial, expresada en: (fracción entre 0,002 a 0,1 mm) . (100 – (% de arcilla))

a = Porcentaje de materia orgánica (%).

b = Estructura superficial.

1- granular muy fina, agregados de < 1 mm.

2- granular fina, agregados de 1 a 2 mm

3- granular media a gruesa, agregados de 2 a 10 mm

4- bloques, laminar a masiva, todos los tamaños de agregados.

c = Permeabilidad en la capa menos permeable del perfil:

Tipo de permeabilidad	Velocidad de infiltración (cm . h ⁻¹)
1- rápida.	mayor a 12,5
2- moderada a rápida.	de 6,25 a 12,5.
3- moderada	de 2 a 6,25 .
4- moderada a baja.	de 0,5 a 2.
5- baja.	de 0,12 a 0,5
6- muy baja.	menor a 0,12.

L S) Éste factor, denominado en su conjunto factor topográfico, expresa la incidencia del gradiente de la intensidad de la pendiente y su longitud.

El largo de la pendiente (L) compara pérdidas de suelo a campo con parcelas estándar de 22,1 m teniendo como valor L = 1.

El grado de pendiente (S) compara las pérdidas de suelo a campo con parcelas estándar con pendientes del orden del 9 %, donde S = 1, representando la diferencia de cotas expresada en m cada 100 m del terreno.

$$L = \left(\frac{\text{Long}}{22,1} \right)^F$$

$$S = 0,065 + (0,045 \cdot S) + (0,0065 \cdot S^2)$$

Referencia:

Long: Es la longitud de la pendiente (m).

22,1: Es un factor de la parcela estándar para el calculo de la U.S.L.E.

F: Factor exponencial que está en función de la pendiente (Tabla 1).

S: Gradiente de pendiente (%).

Pendiente (%)	Factor F
1	0,2
1-3	0,3
3-5	0,4
> 5	0,5

Tabla 1: Tabla que expresa el valor de Factor exponencial en función de la pendiente general del terreno.

C) Es el factor que define la relación entre la pérdida de suelo para un terreno cultivado bajo condiciones específicas y otro que se encuentra en barbecho labrado continuamente. Compara diferentes situaciones de manejo de cultivos con un tratamiento estándar a favor de la pendiente con suelo desnudo, cuyo valor C = 1. El factor expresa la pérdida de suelo relativa, respecto del que se produciría en las peores condiciones.

En la Tabla 2 se presenta la metodología utilizada para obtener el C en la cuenca del Bañado del Juncal. Se observa un ejemplo de la cuantificación del factor C para los cultivos de la zona, en función a las fechas de labranza, factor R período (Joule.cm.m⁻².h⁻¹) según Wischmeier y Smith (1978).

	Estado cultivo	Fecha	R acumulado	R Periodo	SRL	C
Cs		-				
S	Siembra D	15-11	82,97	0,228	0,00	0,000
1	Cobertura 10 %	15-1	105,78	0,062	0,21	0,013
2	Cobertura 50 %	1-2	111,95	0,086	0,20	0,017
3	Cobertura 75 %	1-3	120,54	0,291	0,16	0,047
4	Cosecha	15-5	149,67	0,333	0,30	0,100
B	Barbecho	15-11	182,97			
					Total	0,177

Tabla 2: Planilla de calculo tipo del factor C de cultivo de Soja en siembra directa.

Estado del cultivo: Indica las labores realizadas en el ciclo del cultivo y el % de cobertura del cultivo. Es la fase en que se encuentra el cultivo al momento de calcular el valor R

Fecha: Inicio de la labor indicada.

R acumulado: Es el valor de R en la fecha de la labor realizada.

R Período: Es la diferencia del R entre dichos períodos.

SRL: Proporción de pérdida de suelo según tablas, por estadio de crecimiento y manejo del cultivo (Wischmeier y Smith, 1978).

C: Es el valor de C obtenido por de cada período.

P) Con las prácticas conservacionistas, se determina el factor P, que representa la influencia de las prácticas conservacionistas sobre las pérdidas de suelo, respecto del cultivo a favor de la pendiente, que se toma como $P = 1$.

La tabla 3 presenta el valor de P, para distintas situaciones de manejo conservacionistas, como fajas protectoras o laboreo en contorno, que reducen el valor de la erosión.

Pendiente	FAJAS PROTECTORAS			CONTORNO
	Rotación A	Rotación B	Rotación C	
	G, F, Pp	G, Pp	G, F	
1 - 2 %	0,30	0,45	0,6	0,6
3 - 5 %	0,25	0,38	0,5	0,5
6 - 8 %	0,25	0,38	0,5	0,5

Tabla 3: Valores de P para prácticas culturales en función de la pendiente general y el tipo de rotación.

G: Cultivo de cosecha gruesa.

F: Cultivo de cosecha Fina.

Pp: Pasturas.

II. 2. Utilización del Microsimulador de Lluvias.

Se realizaron mediciones de pérdida de suelo a campo mediante aplicación del microsimulador de lluvias en situaciones de cultivos con varios tipos de labranzas en diferentes rotaciones; como ser agricultura continua con labranza convencional con disco y siembra directa y rotación ganadero agrícola.

Las mediciones realizadas con el microsimulador de lluvia, se efectuaron con el fin de cuantificar los sedimentos emitidos en los sistemas de labranza preponderantes en la cuenca.

Además de utilizar el microsimulador de lluvias portátil, para realizar mediciones de escurrimiento, infiltración y pérdidas de suelo, a campo, para una lluvia de lámina e intensidad conocida (Iruetia y Mon, 1994), también se determinó el Índice de Erosión (IE) que corresponde a cada situación analizada (Michelena y col., 2000). El IE es una medición de la resistencia del complejo suelo-cobertura a la erosión hídrica, que se mide de acuerdo a la cantidad de sedimento removido de la parcela del microsimulador, en gramos, por cada kilojoule de energía aplicada al suelo (g.KJ^{-1}). Los resultados alcanzados con el IE se evalúan de acuerdo a la siguiente clasificación general:

IE (g.KJ^{-1})	Denominación
0-100	Muy resistente a la erosión (MRE)
100-300	Resistente a la erosión (RE)
300-500	Medianamente resistente a la erosión (MEDRE)
500-800	Baja resistencia a la erosión (BRE)
>800	Muy baja resistencia a la erosión (MBRE)

Mediante esta metodología se analizaron diferentes cultivos con varios tipos de labranzas, en diferentes rotaciones; como por ejemplo, soja en agricultura continua con labranza convencional con disco y siembra directa y rotación ganadero agrícola. Las mediciones realizadas con el microsimulador de lluvia, se efectuaron con el fin de cuantificar la capacidad de generar sedimentos de en un momento dado de cada cultivo y sistema de labranza.

II. 2. 1 Descripción del Microsimulador de Lluvias

El microsimulador es un prisma cuadrado de 150 cm de altura y 50 cm de base. La estructura es de hierro en ángulo, que sostiene las paredes de acrílico transparente que actúa como rompeviento (Foto 1).

En la parte superior se apoya la caja porta goteros de acrílico, en cuya base se encuentran 49 picos formadores de gotas. Los picos son tubos de plástico, con un diámetro de 0,5 mm. Las gotas formadas pueden ser de 4,7 mm con el gotero corriente o de 5,1 mm aplicando una funda de plástico a los goteros que aumenta la superficie de adherencia de la gota.

Esta caja tiene una alimentación de agua, proveniente de un reservorio, de agua de acrílico transparente, colocado en la parte superior de la estructura de hierro. .

El reservorio de agua está graduado en milímetro de lámina de agua aplicada en la micro parcela, para simplificar la lectura durante la medición. También por la manipulación del reservorio se puede variar de altura, con lo que varía consecuentemente la intensidad de la lluvia, hasta un límite permitido de $300 \text{ mm} \cdot \text{hora}^{-1}$.

El aparato de hierro se clava en el suelo, con un costado en forma de vertedero, por donde se recibe el escurrimiento, en un reservorio graduado en mm de lámina escurrida.

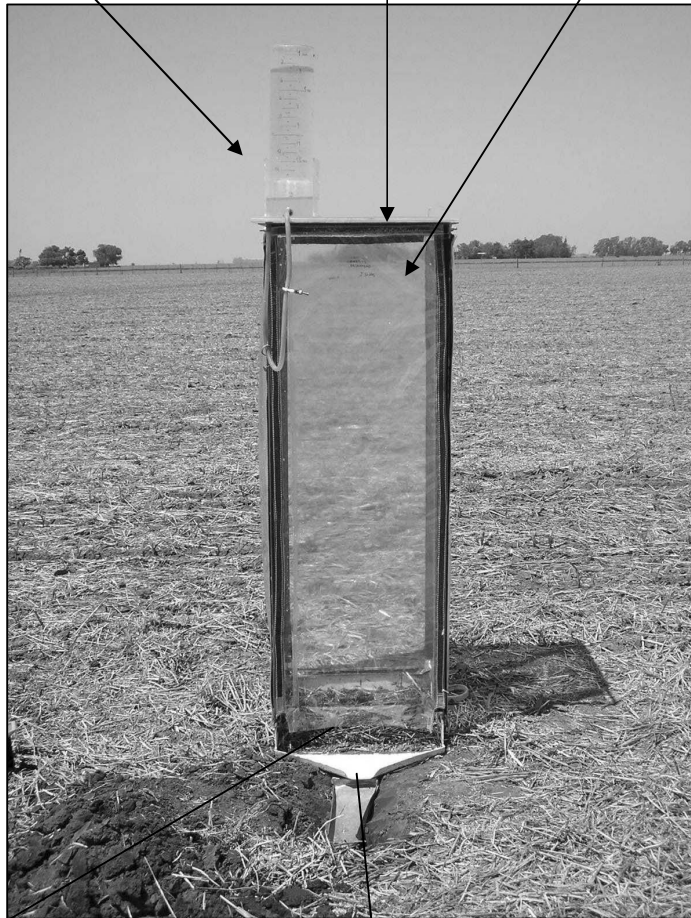


Foto 1: Placa porta goteros.

RESERVORIO DE AGUA. CALIBRADO.

PLACA PORTA GOTEROS

PANEL DE ACRILICO



PARCELA DE MUESTREO

BANDEJA RECOLECTORA DE AGUA

Foto 2: Microsimulador de lluvia

II. 2. 2. Mediciones con Microsimulador

Las mediciones que se realizaron fueron consideradas y ejecutadas en lotes representativos del uso del suelo de la cuenca del Bañado del Juncal, según las siguientes rotaciones:

- Agrícola con Siembra directa de 5 a 18 años, con cultivo de soja, trigo.
- Agrícola continúa con Labranza convencional con disco.
- Ganadero - agrícola.

La lluvia de diseño simulada fue de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, durante una hora de aplicación. La elección de esta lluvia se basó en la información provista por la Ing Agr. Adriana Ferreira, investigadora de la EEA-INTA de Pergamino, que con registros pluviográficos, entre los años 1996- 2003, determinó que la precipitación con mayor intensidad se produjo en octubre de 2002, registrando $54 \text{ mm} \cdot \text{hr}^{-1}$. También se han recolectado datos de precipitaciones similares que se registraron en la localidad de Juncal, (registros de la S.R.A) distante 10 km al NO de la cuenca.

Durante el transcurso de la aplicación del ensayo, se tomaron datos de lámina aplicada, infiltración y escurrimiento. Para el análisis se realizaron dos repeticiones por lote aplicando una lluvia de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. La lectura en el microsimulador de lluvia se realizó cada 5 minutos, registrando lluvia caída y volumen escurrido. Una vez iniciado el escurrimiento, el mismo se recolectó en botellas para la cuantificación de sedimentos. Además, una vez terminada la medición con el microsimulador, se extrajo una muestra de suelo de cada sitio, para determinar materia orgánica.

En cada sitio muestreado, se determinó el porcentaje de cobertura del suelo, mediante la comparación con fotos de gacetilla del INTA. Foto 3.



Foto 3: Cobertura de rastrojo en cultivo de Maíz, en una parcela de muestreo con el microsimulador en la cuenca.

Cuando finalizó el ensayo de simulación, se excavó una calicata en cada uno de los sitios evaluados, a una profundidad de suelo de 20 cm, con el fin de observar el perfil húmedo e identificar la profundidad de infiltración del agua. Foto N° 4.



LÍMITE DEL FRENTE HÚMEDO.

Foto 4: Determinación del perfil húmedo en la cuenca.

II. 3. Materia orgánica del suelo.

En las mediciones realizadas se analizó en conjunto con la pérdida de suelo, el contenido de materia orgánica en las diferentes rotaciones. Se compararon los diferentes porcentajes que se pierden entre cada rotación.

En ésta etapa del trabajo se analizó la variación del contenido de materia orgánica mediante el modelo realizado por el Ing Agr Andriulo (2006) para evaluar el balance de materia orgánica.

III. RESULTADOS.

Los resultados alcanzados durante el desarrollo de esta tesis, son presentados en dos partes. La primera parte se refiere a la caracterización del área en estudio, que abarca la cuenca del Bañado del Juncal. La segunda parte expone los resultados de la determinación de pérdida de suelo por erosión hídrica, arribados con la aplicación de la metodología expuesta con anterioridad.

PRIMERA PARTE. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.

III. 1. Ubicación geográfica:

La cuenca del Bañado del Juncal se ubica en el sector oeste de la Pampa Ondulada y forma la cuenca alta de aporte al Arroyo Pergamino, al cual se une por medio del Arroyo Sin Nombre que es tributario de la cuenca del Río Arrecifes (Figura 3), ocupando éste río un total de 1.278.653 has en el noroeste bonaerense.

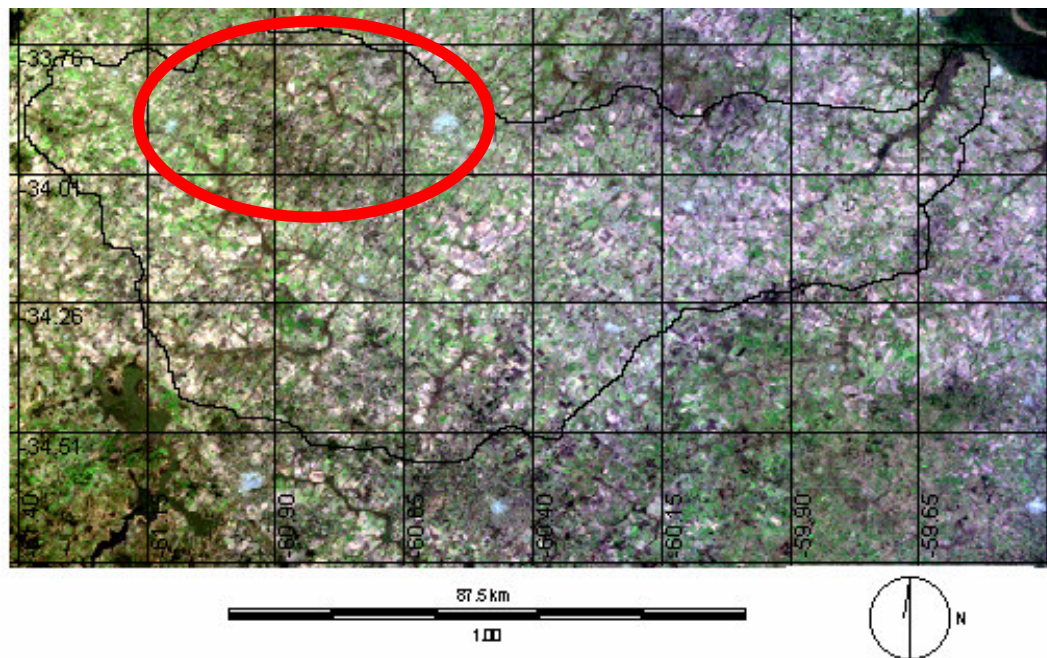


Figura 3. Imagen Satelital de la Cuenca del Río Arrecifes y ubicación del Bañado del Juncal.

La imagen satelital de la figura 3 presenta la cuenca del Río Arrecifes y la ubicación geográfica del Bañado del Juncal, situado en el sector NO de la cuenca, en su cabecera. Este bañado desemboca en el Arroyo Sin Nombre, que se une al Arroyo Pergamino para verter sus aguas en el Río Arrecifes.

La cuenca del Bañado del Juncal está comprendida entre los paralelos $33^{\circ} 42' 11''$ y $33^{\circ} 54' 55''$ de Lat. Sur y se extiende desde los meridianos de $60^{\circ} 49' 24''$ hasta $61^{\circ} 5' 55''$ de Long. Oeste (Figura 4).

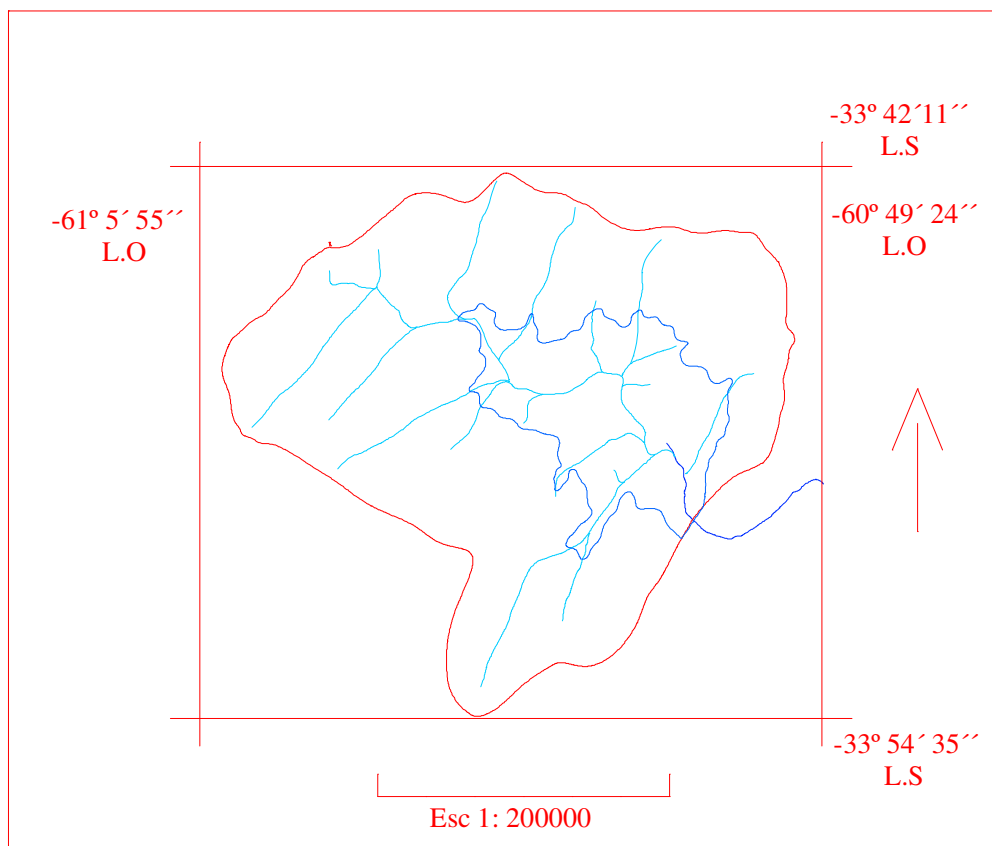


Figura 4. Ubicación del área en estudio, Cuenca del Bañado del Juncal.

La cuenca del Bañado del Juncal, se ubica en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, ocupando los Partidos de Colón, Pergamino y Departamento de Constitución en la Provincia de Santa Fe. La cuenca ocupa una superficie de 30.725 ha. (Ministerio Pcia. Bs As, censo 2003). En la Tabla 5 se presenta la superficie de cada partido en la cuenca.

	Área	Porcentaje
Partido de Colón. Bs. As	23.536 ha	(76,6 %)
Partido de Pergamino. Bs. As	5.377 ha	(17,5 %)
Departamento de Constitución. Sta. Fé	1.812 ha	(5,9 %)

Tabla 5: Ocupación en superficie y porcentual de cada partido en la Cuenca del Bañado del Juncal.

En la figura 5 se presenta el mapa topográfico del bañado, con curvas de nivel de una equidistancia de 2,5 m, representando en color rojo las cotas mayores a 77,5 m.s.n.m. y curvas de nivel de cota menor a 77,5 m.s.n.m, en color azul.

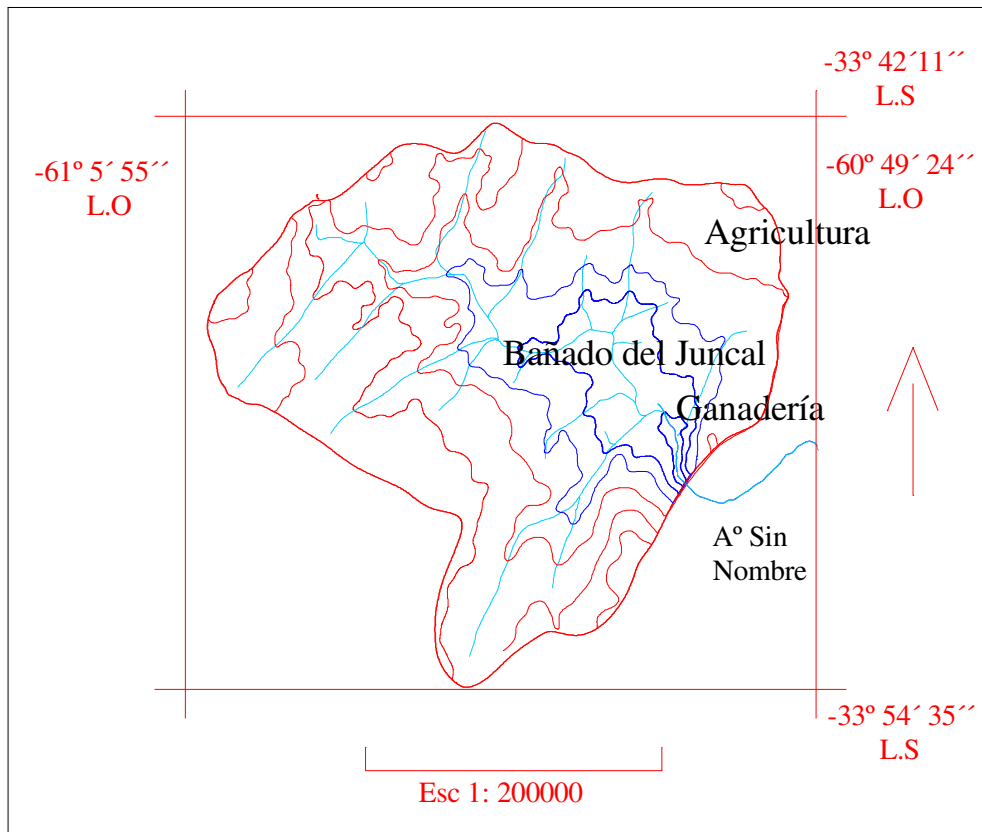


Figura 5: Representación de las curvas de nivel y sectorización del Bañado del Juncal.

En la figura 5 también se visualiza la relación directa que existe entre las cotas del terreno y el uso del suelo. Se presenta en el mapa topográfico del bañado, con curvas de nivel con cotas mayores a 77,5 m.s.n.m. cuyo uso del suelo es la agricultura, específicamente y las menores a 77,5 m.s.n.m, donde se localizaron sectores destinados a las rotaciones ganadero - agrícolas y ganaderas. En color celeste se visualiza el drenaje superficial.

III. 2. Caracterización general de la Cuenca del Bañado del Juncal

La cuenca del Bañado del Juncal se ubica dentro de la pampa ondulada, la cual se define como la región de la llanura pampeana comprendida entre el curso de los ríos Paraná, de la Plata y el Salado de la Provincia de Buenos Aires.

Uno de los accesos viales a la cuenca, es por medio de la ruta 178, que une las localidades de Pergamino en Buenos Aires y Juncal en Santa Fé, cruzando de S.E a N.O, en la zona agrícola del noreste de la cuenca. También lo hacen dos caminos que cruzan la cuenca en forma transversal con sentido N.E - S.O, en uno de ellos se encuentra un puente en el cual inicia el cauce del A° Sin Nombre (Foto 5). El segundo camino atraviesa el bañado en un sector más alto de la cuenca, en la cabecera del bañado.



Foto 5: Cabecera del A° Sin Nombre.

Dentro de la cuenca en estudio se pueden identificar tres zonas por tipos de suelos que rodean al bañado de la siguiente forma:

- ❖ Al Norte y Noroeste del bañado encontramos la serie Las Gamas y sus asociaciones LG 9, que está vinculado con el bajo del Juncal. En las zonas un poco mas deprimidas, encontramos LG 11, ocupando los manchones ligeramente deprimidos y alcalinos sódicos del microrelieve.
- ❖ Al Oeste encontramos la serie El Arbolito y la serie Hughes con sus asociaciones Hg 6, con perfiles profundos y bien drenados.
- ❖ Al Sur encontramos las series Rojas con suelos muy productivos, destinados a la agricultura y sus asociaciones Ro 25, Ro 21 en sectores ligeramente inclinados.

En determinados sectores de la cuenca, se observan signos de erosión en lotes próximos a la zona de aumento de pendiente, generando un aumento de velocidad de circulación del agua superficial que produce pequeñas grietas hasta convertirse en cárcavas, como se puede apreciar en la foto 6.



Foto 6 Formación de cárcava.

Los sedimentos que se generan en la cuenca, son conducidos al arroyo Pergamino, el cual en épocas de alta intensidad de precipitación, produce desbordes en la ciudad homónima con grandes inconvenientes por excesos hídricos y sedimentarios, generando gran cantidad de evacuados en la población (Herzer et al, 2000).

En relación al uso del suelo en la fecha que se realizó el trabajo, año 2005, los cultivos mantenían un porcentaje de ocupación que se presenta en la tabla 6 y gráfico 1:

Cultivo	Superficie (has)	%
Maíz	4.710,7	26
Soja 1°	8.037,3	44
Tr /Soja 2°	4.921,4	27
Sorgo	440,5	2
Total ha	18.109,8	

Tabla 6: Superficie y porcentaje de ocupación por cultivos en la cuenca

Según reconocimiento a campo y encuesta a productores la superficie de Soja de 2° se hace sobre trigo.

Cabe mencionar que la superficie ocupada por actividades ganaderas es de aproximadamente el 20% de la cuenca, siendo el resto de bañado propiamente dicho.

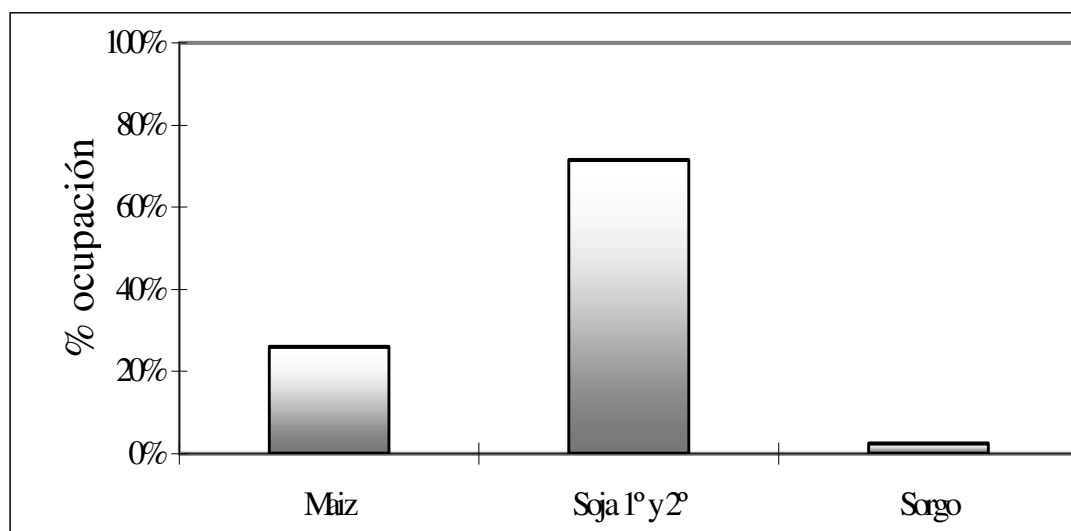


Gráfico 1: Representación de ocupación en superficie por cultivo en el Bañado del Juncal.

El rendimiento promedio para la zona en maíz es de 7.091 kg, trigo con 2.934 kg y soja con 2.714,6 kg. (S.A.P y A. Dirección estadísticas; 1995-2000).

La ganadería ha sufrido un retroceso en los últimos años, por su desplazamiento hacia zonas más desfavorables. Específicamente en el partido de Colón hubo una reducción de la cantidad de animales del orden del 35 %, del 1994 al 2003 (S.A.P y A. Dirección estadísticas, 1995 -2000).

Las unidades prediales halladas en la cuenca del Bañado del Juncal, están representadas por 202 establecimientos agropecuarios, (Mapa Catastral Colon, 1995) y presentan una distribución según cantidad de hectáreas, como se observa en la Tabla 7 y Gráfico 2

Superficie (ha)	Productores Unidades prediales
<100	137
101-250	33
251-500	17
501-1000	10
>1.000	5

Tabla 7: Superficie por productor y cantidad de productores

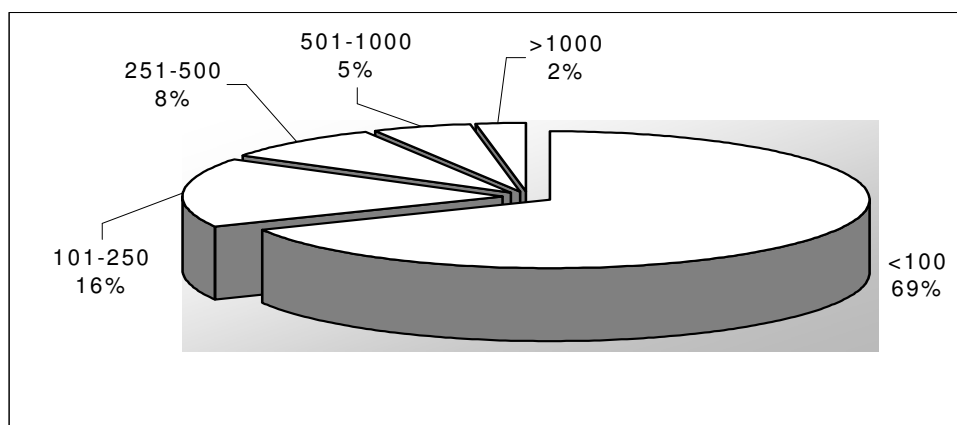


Gráfico 2: Tamaño de los establecimientos según superficie (ha) y porcentaje de ocupación en la cuenca del Bañado del Juncal (1995).

III. 3. Clima:

Para la caracterización climática de la cuenca en estudio se consideró la serie de datos climáticos de la Estación Meteorológica de INTA Pergamino (1967-2006) por poseer todos los registros necesarios para la caracterización de la zona. (Tabla 8). Para trabajar específicamente con las precipitaciones, se recurrió a registros de lluvia de 1990 – 2007 de la Sociedad Rural de las zonas de Colón y Juncal.

1967 – 2006	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T° Media (°C)	23,4	22,1	20,3	16,6	13,4	10,2	9,8	11,2	13,3	16,4	19,3	22,3
T° Máxima Media (°C)	30,2	28,6	26,7	22,9	19,5	15,6	15,5	17,6	20	22,7	25,9	29,2
T° Mínima Media (°C)	16,5	15,6	14	10,3	7,4	4,7	4,1	4,8	6,5	10	12,7	15,4
T°. Máxima Absoluta (°C)	39,9	39,3	37,3	34,8	31	27,4	30,6	35,1	36,5	35,8	37,8	40,3
T° Mínima Absoluta	5,5	5,3	2,3	-0,8	-5,3	-10,8	-7	-6,5	-4,5	-3,6	-0,9	2,7
Precipitación Media (mm)	108	102	126	99,6	59,3	38	36,3	40,6	54	105	101	106
Evaporación Media (mm)	180	135	120	74,4	56,4	36,1	41,2	66,2	106	114	146	183
Humedad Relativa Media (%)	69	72	74	74	76	78	77	73	70	72	69	66
Velocidad Media del Viento (km/h) a 2 m de altura	9	8,3	8	8,1	8,6	9,8	10,3	10,7	11,4	11,2	10,6	9,8
T° Media de Suelo (°C) a 5 cm de profundidad.	26,5	24,9	24,5	18	14,1	10,7	9,9	11,3	14,1	18,3	22	26,9
Fecha promedio primera helada meteorológica	1967/2006:					24/5						
Fecha promedio primera helada agronómica	1992/2006:					28/4						
Fecha promedio última helada meteorológica	1967/2006:					11/9						
Fecha promedio ultima helada agronómica	1992/2006:					7/10						

Tabla 8: Registros climáticos de la ciudad de Pergamino.

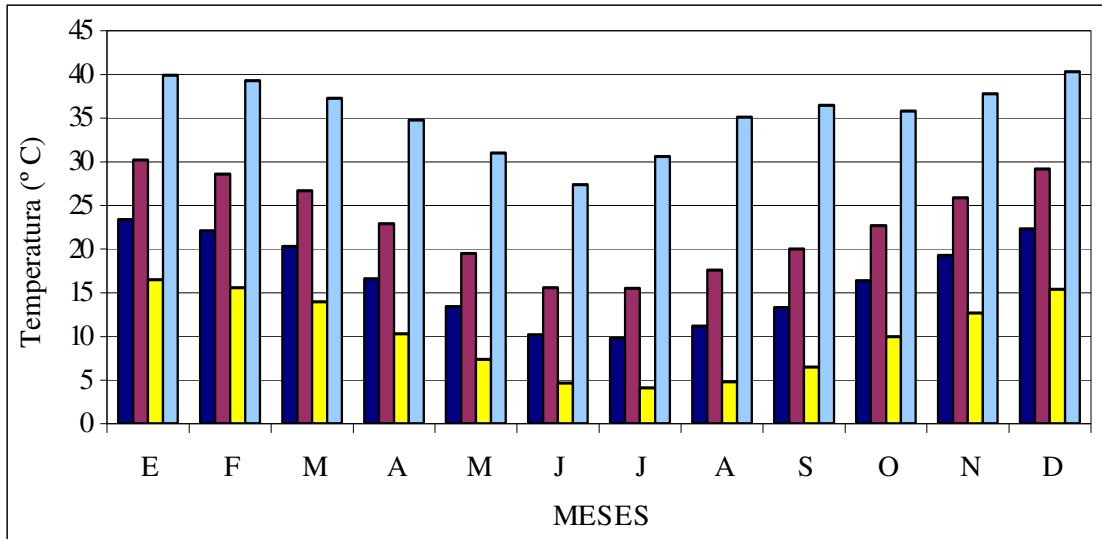


Tabla 9: Datos de temperaturas de la Estación Meteorológica INTA Pergamino. 1967 – 2006

Referencias:

- Celeste: Temperatura Máxima Absoluta
- Violeta: Temperatura Máxima Media.
- Amarilla: Temperatura Mínima Media.
- Azul: Temperatura Media.

La tabla 9 presenta las diferencias térmicas medias mensuales, considerando los valores medios con una amplitud de aproximadamente 14 °C. Existen valores extremos mínimos de -10,8°C y máximos de 40,3°C, siendo la amplitud en este caso de 50°C, aproximadamente.

Como se explicó anteriormente, los registros pluviométricos para la zona de la cuenca del Bañado del Juncal, se obtuvieron de las sociedades rurales de Colón y Juncal. En el Gráfico 3, se expresan las lluvias medias mensuales de la serie 1990 – 2007 en esta zona.

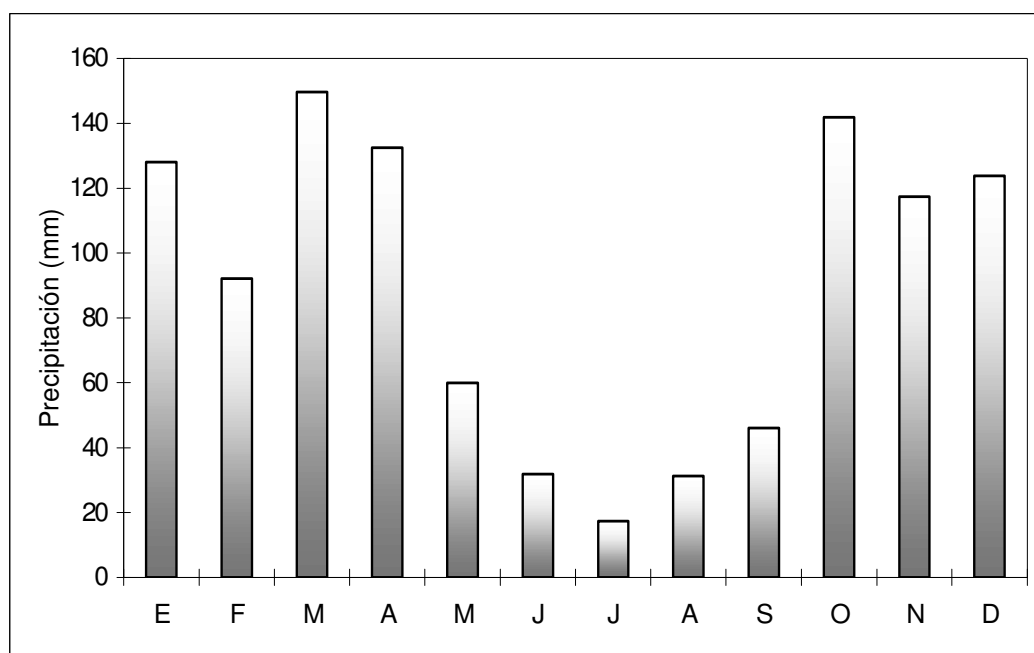


Gráfico 3: Precipitación media mensual de la serie 1990 – 2007.

En gráfico 3 se observa la distribución mensual de las precipitaciones para la zona del Bañado del Juncal, donde se visualiza que los meses de invierno presentan precipitaciones menores a 40 mm mensual.

III. 4. Geología

El material a partir del cual se formaron los suelos de la mayor parte de las lomas de la pampa ondulada es un sedimento fino de carácter loessico, de textura franco limosa, rico en minerales que proveen abundantes elementos nutritivos, denominado loess pampeano (Frenguelli, 1925). Está constituido por elementos limosos, con proporciones menores de arena y arcilla destacándose en su composición mineralógica, los materiales de origen volcánico-piroclástico. Contienen carbonatos de calcio terroso, no presentan estratificación y su color es pardo claro, generalmente con tonalidades rojizas. Este sedimento limoso de naturaleza eólica se conoce comúnmente como Loess pampeano – por similitud a loess típicos de otras partes del mundo, según la Carta de suelos de la República Argentina. Para la presente descripción se analizaron las cartas correspondientes a los

partidos de Colón, Hoja 3360-31, 1974, y partido de Pergamino, Hoja 3360-32, 1972 del INTA.

III. 5. Geomorfología

La zona considerada en esta tesis, es una fracción de la Pampa ondulada, llamándose así a la región comprendida entre el curso de los ríos Paraná, Plata y Salado de la Provincia de Buenos Aires.

El límite norte y noroeste es el río Carcarañá; el límite oeste es algo indefinido, está constituido por una franja irregular que a partir de la cañada de Santa Lucia, sigue un sistema de depresiones tectónicas en gran parte ocupadas por bañados y lagunas, siendo la de Melincué y Quirno las más importantes. El límite sudeste coincide aproximadamente con el río Matanzas (Cappannini, D, carta de suelos, Colón. INTA).

Como su nombre lo indica la Pampa Ondulada constituye una unidad fisiográfica caracterizada por un relieve predominantemente ondulado y en partes recortado por cañadas, arroyos y ríos. Este relieve se debe principalmente a un activo proceso de disección superficial originado por el ascenso diferencial más marcado que, durante el cuaternario, habría afectado a todos los bloques que componen su basamento cristalino profundo. Aparentemente estos bloques fueron afectados por un sistema de fracturas con dirección NO-SE y NE-SO, a menudo reflejadas en superficie por el trazo de los principales cursos que la atraviesan. Figura 6

En general posee una red de avenamiento bien definida y los materiales sobre los cuales se formaron los suelos están representados por sedimentos loésicos de textura predominante franco limosa

Entre los cursos más importantes que la recorren, de noroeste a sudeste, son: Río Carcarañá, los arroyos Saladillo, Pavón y del Medio, el sistema Pergamino- Arrecifes (con sus tributarios Rojas- Salto) el Río Areco, la Cañada de la Cruz y los ríos Luján, Reconquista y Matanzas.

En la figura 6 se presentan los planos de disección de los bloques, graficados por una línea azul y con flechas el sentido de escurrimientos de las cuencas vecinas. Como se puede visualizar el sistema de drenaje principal del bañado sigue la dirección de una fractura y la tendencia de escurrimiento transversal del bañado está regida por las otras dos

fracturas estructurales. Esta figura ha sido digitalizada e interpretada de cartografía geomorfológica por el autor.

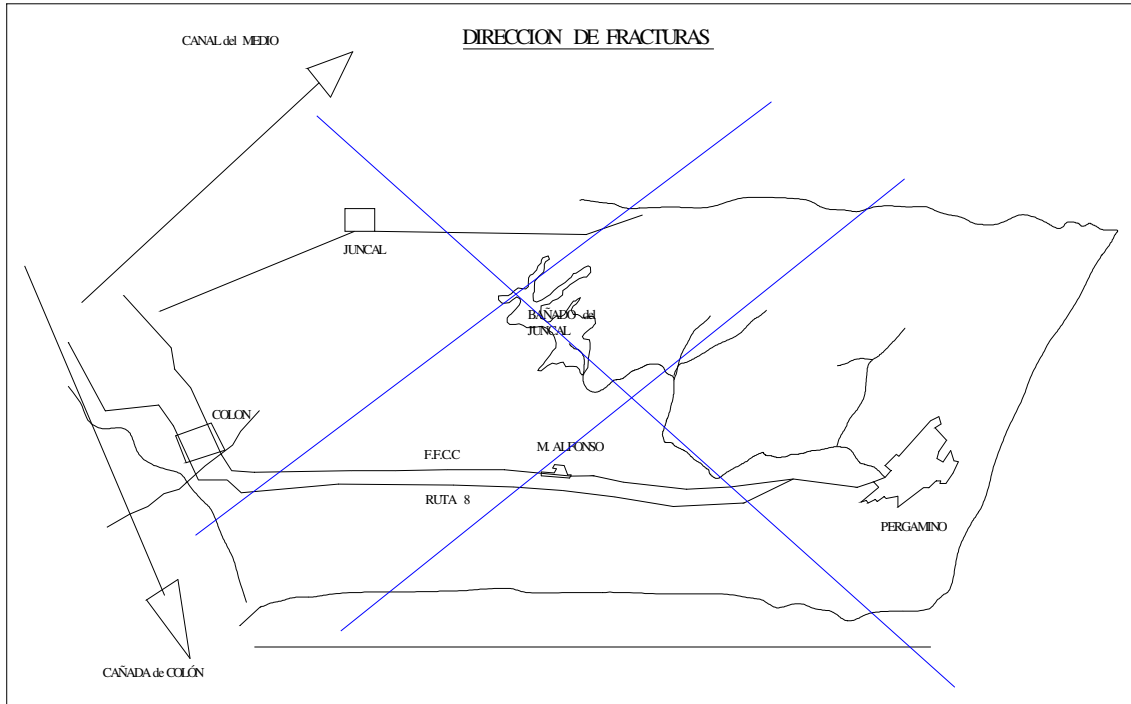


Figura 6: Sistema de fracturas con dirección NO-SE y NE-SO en la cuenca en estudio.

En línea azul se observa el plano de disección de los bloques.

Con flechas el sentido de escurrimientos de las cuencas vecinas

El relieve claramente ondulado, posee pendientes que por lo general no superan el 2 %, especialmente en el curso medio del Arroyo del Medio, Carcarañá, y Arrecifes, que supera el 3 %.

Específicamente en la cuenca del Bañado del Juncal, las pendientes predominantes en los sectores altos de la cuenca, donde prepondera la agricultura, alcanzan valores cercanas al 0,1 %, con una longitud de 3000 a 5000 metros. Al pie de estas lomas, se encuentra un escalón que acelera el curso del agua, con una pendiente del orden del 0,33 %. A la finalización de éste escalón, se entra en el bañado propiamente dicho, con una pendiente menor al 0,10 %.

En los interfluvios y en las nacientes, el terreno suele ser bastante plano con pendientes muy cercanas al 0,5 %. La mayor parte de los cursos mencionados tienen su origen en bañados de desagüe lento.

El perfil transversal de S. O. a N. E. del Bañado presenta el diagrama expresado en la figura 7.

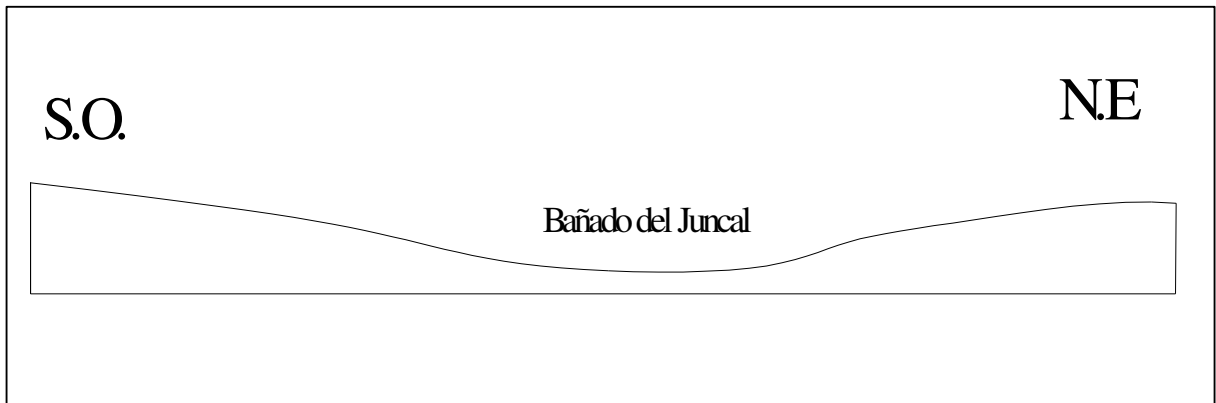


Figura 7: Perfil transversal de S. O. a N. E. del Bañado del Juncal.

En el siguiente plano se puede observar la pendiente general del Bañado del Juncal con su parte terminal, donde se inicia el cauce del A° Sin Nombre, establecida por un eje paralelo al curso principal (Figura 8).

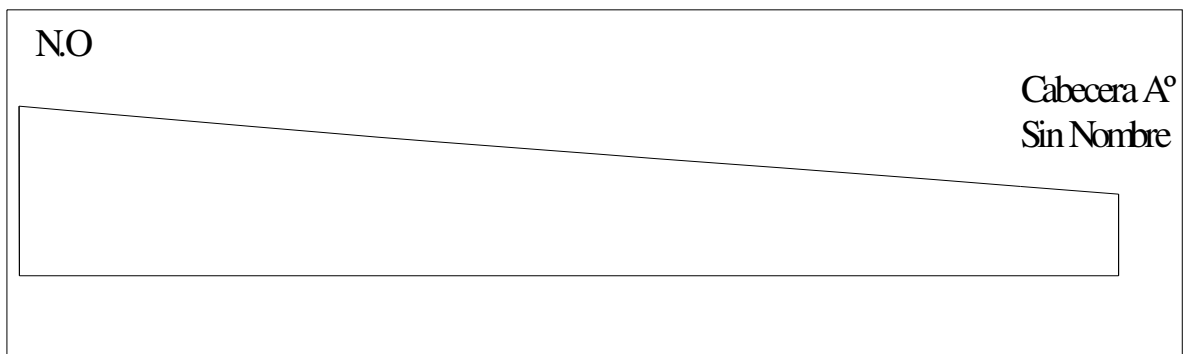


Figura 8: Diseño de la pendiente en la desembocadura del bañado.

Los bajos que forman el bañado del Juncal tienen suelos pobremente drenados, predominantemente alcalinos y anegables. Los canales trazados para aliviar el problema de anegamiento no han resultado muy efectivos.

Sobre las lomas suavemente onduladas, situadas fuera del sector de las nacientes de los ríos y ocupados por los bañados temporales, se encuentran los suelos de mejor calidad y más productivos de la zona. Sin embargo cuando estos suelos ocupan la posición de la pendiente hacia los cauces suelen mostrar evidencias de erosión.

Los bajos, cañadas y arroyos presentan materiales aluvionales redepositados por las aguas. Son comunes en la región, los suelos con engrosamiento superficial debido al arrastre proveniente de las partes más altas del relieve (INTA, 1974 y 1972).

III. 6. Suelos.

Se encuentran una diversidad de suelos en la cuenca, representados por las series Las Gamas, Rojas y Huemul como también complejos y asociaciones, que figuran en “*Carta de Suelos de la República Argentina*”, publicada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Para la descripción de los suelos de la cuenca del Bañado del Juncal se recurrieron a las siguientes cartas de suelo, a escala 1: 50.000, del año 1958.

Colon: 3360-31

Pergamino. 3360-32

En la cuenca del Bañado del Juncal se encuentran las series de suelos, representadas espacialmente en la figura 9.

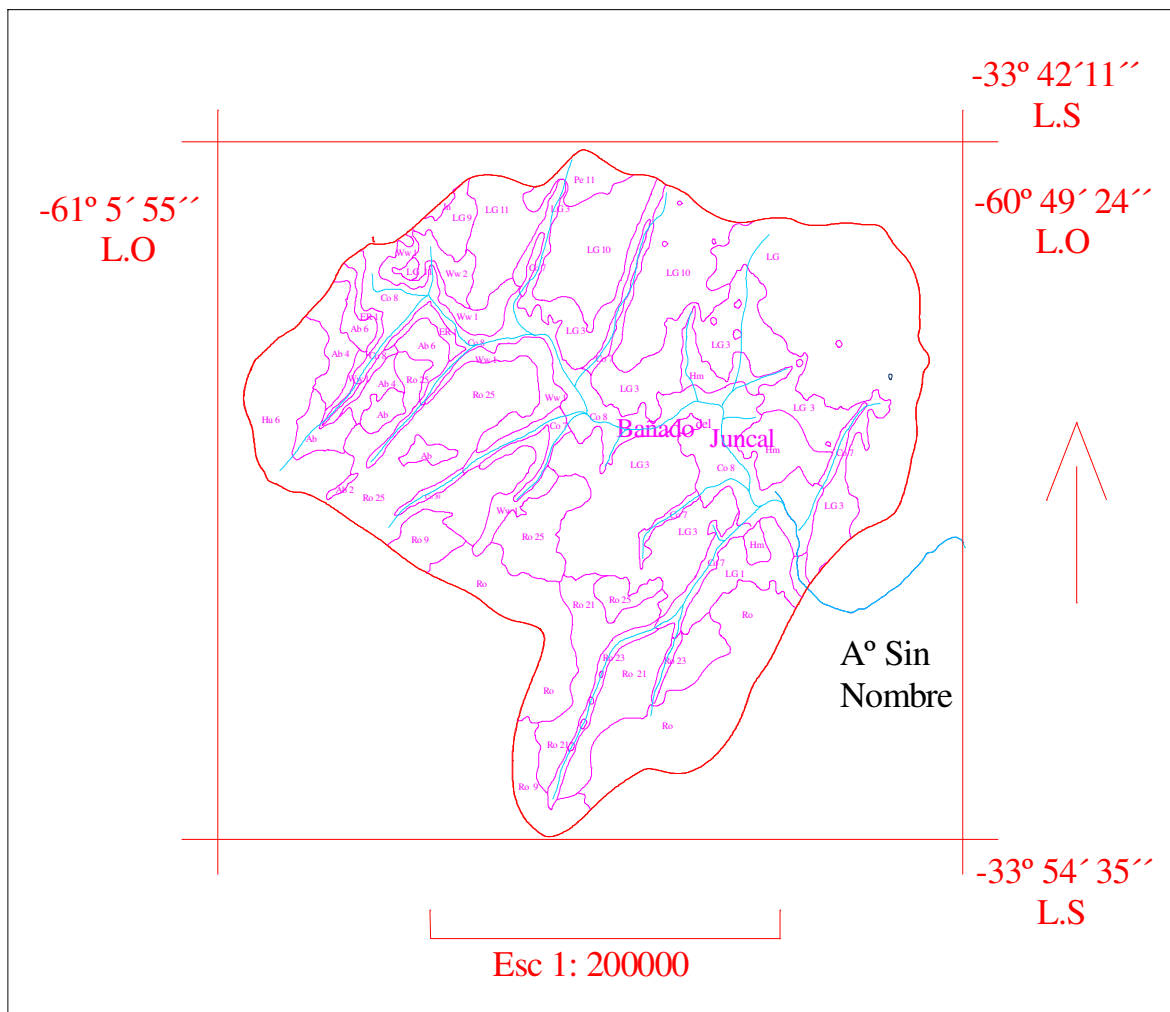


Figura 9: Distribución de series, asociaciones y complejos de suelos presentes en la cuenca del Bañado del Juncal

Referencias:

SÍMBOLO NOMBRE

LG Serie LAS GAMAS

Ro Serie ROJAS

Hm Serie HUEMUL

Ab Serie EL ARBOLITO

LG 3, LG 9, LG 10, LG 11. Serie Las Gamas y Juncal, Wheelwright

Ro 25 Complejo Serie Rojas, Wheelwright, El Arbolito

Co 7 - Co 8 Complejo Bañado del Juncal

Ww 1 - Ww 2 Complejo Wheelwright, El recuerdo y Los leones.

Hu 6 Asociación Hughes y El Arbolito

Ab 4 Complejo El Arbolito y Wheelwright

Ab 6 Complejo El Arbolito, Wheelwright y El recuerdo

ER 1 Complejo El recuerdo, Los leones y Hughes

A continuación se expone un detalle descriptivo de las series y asociaciones de suelos presentes en la cuenca del Bañado del Juncal.

III. 6. 1. Serie Las Gamas

Es un suelo oscuro, profundo, moderadamente bien drenado, que se encuentra en un paisaje muy llano con desagüe algo deficiente, al oeste del partido de Pergamino y norte de Colón, en el área de las nacientes del arroyo Pergamino y en los alrededores del Bañado del Juncal.

El horizonte superficial es de textura franco limosa y tiene una profundidad de 40 – 45 cm, distinguiéndose un A₁ de 30 cm de color pardo grisáceo oscuro, bien provisto de materia orgánica y con abundantes raíces, que le otorgan una estructura granular; por debajo de este se encuentra un A₂ mas débil y clara, lixiviada y a veces con pequeños moteados de hierro.

Por debajo se encuentra un horizonte B_{2t} hasta el metro de profundidad, arcillo limoso, pardusco, con abundantes barnices brillosos y algo moteado. La estructura es de formas prismáticas en las que se notan algunas concreciones aperdigonadas de hierro manganeso.

A partir de esta profundidad, el B pasa gradualmente al horizonte C o material del substrato, alcalino, franco limoso, suelto, de color rosado a pardusco, que contiene tosquillas y una cantidad moderada de sodio intercambiable. La capa freática suele ascender hasta 1,5 m en épocas lluviosas.

Es un suelo moderadamente bien a imperfectamente drenado, que ocupa ambientes intermedios a altos con pendientes inferiores a 0,5 % y desagüe lento.

Se presentan pequeñas hoyas con superficies pequeñas de no mas de 5 ha, que se hallan en los planos altos y muy llanos de la serie Las Gamas, presentando una unidad similar a esta serie de suelos, donde el relieve cóncavo determina que el agua cubra parcialmente el terreno por periodos prolongados, que el paisaje circundante, identificándose – LG 1 - como una fase anegable de la serie Las Gamas. El drenaje es imperfecto.

Clasificación del suelo y su aptitud para el uso:

Los suelos de la serie Las Gamas pertenecen a los Argialboles aéricos (Brunizems planosólicos, con H A₂ escasamente desarrollado y HB muy fuertemente textural).

Se lo encuentra en un relieve de lomas extendidas, con pendientes inferiores al 5 %.

Son suelos buenos, sobre todo cuando la capa arable es profunda, pero tienen drenaje deficiente y tenores de sodio intercambiable que no llega al 10 %. Peligro de anegamiento: subanegamiento ocasional (falta de piso).

Son suelos generalmente fértiles, debido a la profundidad del H A, y presenta buena capacidad de retención de agua. Pero en épocas de lluvias abundantes, sufren por falta de desagüe, reflejándose por la presencia de moteados.

Por ello se los considero en la subclase II s, presentando aptitud para todos los cultivos, forrajes y pasturas del área.

La carta de suelos sugiere para estos suelos, las siguientes rotaciones o prácticas culturales: Ciclo total de 13 años, de los cuales 8 - 9 agricultura y 5-6 Pastura, incluida una leguminosa cada 3 - 4 años.

III. 6. 2. Serie Rojas:

La serie Rojas es un suelo oscuro, profundo y bien drenado, desarrollado sobre loess pampeano, en las lomas planas y extendidas. La capa arable que se extiende hasta los 30 cm (A₁) está formada por un material franco limoso de color pardo oscuro, estructura granular y muy bien provisto de materia orgánica.

La parte superficial del suelo pasa gradualmente a otra algo más arcillosa (H B_{2t}) que se inicia a unos 40 cm y se extiende hasta los 80 cm.

Es de color pardo amarillento oscuro, pues posee una textura franco arcillo limosa y una estructura en prismas débiles con abundantes barnices.

Este suelo se ha desarrollado sobre un substrato loessico friable (H C) franco limoso grueso, de color pardo amarillento, que aparece a 1 o 1,20 mt de profundidad, libre de calcáreo hasta cerca de los 2 mt.

Clasificación del suelo y su aptitud para el uso:

Los suelos de la serie Rojas son Argiudoles típicos (Brunizem medios con horizonte B textural moderadamente desarrollado).

En estado normal se adaptan a una amplia selección de cultivos, forrajes y pasturas. Si se los somete a un uso agrícola intensivo suelen desarrollar un piso de arado, denso y muy compacto.

Se lo clasifico como clase I, sin restricciones, ni limitaciones para uso agrícola, ganadero o forestal.

La carta de suelos sugiere la misma rotación que los suelos de la Serie Las Gammas.

III. 6. 3. Serie Huemul:

La serie Huemul, es un suelo poco profundo, alcalino, sódico, levemente salino, pobre a imperfectamente drenado, con una capa freática fluctuante que puede ascender hasta 50 cm de la superficie o aun menos en épocas lluviosas; que se presenta en las áreas bajas con desagüe impedido, en los alrededores de los Bañados del Juncal.

El horizonte A₁ de 10 cm, es de color pardo grisáceo y de textura franco limosa; apareciendo por debajo de este un horizonte A₂ mas claro, y mas pobre en materia orgánica y con moteados. El horizonte B₂ t de textura arcillo limosa, estructura en prismas y con abundantes concreciones calcáreas. Es frecuente encontrar moteados como consecuencia de las fluctuaciones de la capa freática. Todo este perfil es fuertemente alcalino con mas del 30 % del sodio intercambiable.

No son productivos ni aprovechables en su estado natural; solo sirven para un pastoreo muy extensivo, caracterizado por pelo de chanco (*Distichlis* sp)

III. 6. 4. Serie El Arbolito

La serie El Arbolito es un suelo oscuro, profundo y moderadamente bien drenado que se ha desarrollado sobre un sedimento loessico franco limoso, ocupando áreas muy llanas.

La parte superficial del suelo se extiende hasta los 20 cm, en un horizonte Ap y A₁₂ de color gris muy oscuro, de textura franco limosa y estructura en bloques sub angulares, hacia abajo aparece un horizonte B₁ débil y algo moteado.

El horizonte arcilloso se extiende desde los 40 cm hasta los 90, tiene una estructura franco arcillo limosa y estructura semicolumnar, con abundantes barnices brillosos. El horizonte C aparece a 120 cm, suelo presentarse escasamente moteado con tosquillas calcáreas y su reacción es alcalina, con tenores de sodio intercambiable que puede superar el 15 % de CIC.

Los suelos de esta serie pertenecen a los Argiudoles ácuicos, Familia Limosa, mista, térmica.

III. 6. 5 Complejos y Asociaciones:

- LG 9:

Se trata de una asociación de suelos moderadamente bien drenados y desarrollados en un plano alto transicional donde el nivel freático puede fluctuar afectando temporariamente la base del perfil. El 30 % de los suelos pertenece a la serie Las Gamas,, tienen lixiviada la parte inferior de la capa arable y puede presentar leve alcalinidad en profundidad. El resto de la unidad corresponde a la serie Juncal. La unidad no tiene peligro de anegamiento no presentar erosión actual. La mayor parte de la unidad se utiliza con agricultura con buenos rendimientos en años normales.

- LG 3:

Son complejos que presentan un patrón muy intrincado, ocupando planos en suave pendiente con un declive que no supera el 1%. Presenta una erosión hídrica muy ligera y es imperfectamente a moderadamente bien drenada. La aptitud esta condicionada por el % de del suelo alcalino que presenta. III_s. Se utilizan para ganadería.

- LG 10 y LG 11.

Asociación serie las Gamas 95 % y Wheelwright 5 % - LG 10 - y Las Gamas 70 % y Wheelwright 30 % - LG 11 -. Están situados en el noroeste de la hoja pergamino, ocupan llanos altos muy planos con pendientes de 0,5 %. Sub clase II s

Estas tierras se utilizan principalmente para agricultura con rendimientos buenos, especialmente con lluvias bien distribuidas. La limitación esta representada por la cantidad de suelos alcalinos (Wheelwright).

- Pe 11.

Asociación de serie Pergamino 60 % y Juncal 40 %. Esta unidad esta situada al norte de la hoja las Gamas, ocupa un plano alto, de relieve llano, con pendiente inferior al 1 %, con escurrimiento medio y sin erosión. Sub clase I. *Esta unidad se utiliza para agricultura, con rendimientos similares a la serie Pergamino.*

En años lluviosos la napa freática asciende, y puede presentar escasas limitaciones debidas al drenaje.

- Ro 25.

Complejo serie Rojas, fase moderadamente bien drenada 20 %, Wheelwright 50 % Y El Arbolito 30 %. Estas unidades se hallan desarrolladas en planos altos, con pendientes no mayores del 1 % o en planos ligeramente inclinados. Sub clase II s

En ella se encuentra asociada la serie Rojas, en un patrón complejo, con suelos no alcalinos, o alcalinos a cierta profundidad, como la serie Arbolito, Wheelwright.

Están situada al oeste de la hoja Estancia Las Gamas, en lomas planas. La mitad de la unidad esta afectada por alcalinidad sódica.

Esta unidad se utiliza especialmente para ganadería y también se practican cultivos adaptados al área, pero estos no rinden bien en los manchones que presenta el suelo.

- Co 7 y 8.

Estos suelos ocupan un sistema de cubetas plano cóncavas con muy escasa pendiente (menos de 1%). Están formadas por suelos con fuerte alcalinidad y drenaje pobre. Dominan los suelos con alcalinidad sódica desde la superficie, entre los cuales el principal es la serie Huemul. Es pobre a imperfectamente drenada con un nivel freático cercano a la superficie, especialmente en periodos lluviosos.

Ambas unidades Co 7 y Co 8 se hallan con praderas naturales de poca capacidad de carga animal. Por las limitaciones que presentan se la ha designado como VII w s.

- Ww 1.

Conformado por Wheelwright fase imperfectamente drenada 20 %, El Recuerdo 60 % y Los Leones 20 %. Se presentan en partes de las pendientes cortas y medias que descienden desde los planos altos hacia los cauces de los canales del Juncal y del medio. También se presentan en algunas cubetas de los planos altos, no superando el 1 % de pendiente y con drenaje imperfecto. Se la considera una fase imperfectamente drenada, debido a que al serie Wheelwright manifiestan más hidromorfismo que lo normal.

- Ww 2:

Este complejo ocupa una pequeña loma plana a muy suavemente ondulada situada a 5 km al sudeste de la localidad de Juncal. Es similar a la unidad LG 11, pero sus suelos son alcalinos sódicos, cubriendo el 80 % de la superficie. El Recuerdo ocupa un 40 % que es mas alcalino con sodio a 20 – 30 cm, apareciendo los campos manchoneados y en algunos sectores ligeramente erosionados. Es imperfectamente drenada por estar en una posición intermedia entre la loma de LG 11 y la pendiente corta con suelos sódicos de la unidad Ww1.

- Hu 6.

Asociación que se encuentra ubicada en los planos altos con pendientes no mayores del 1 %. Comprende un 70 % de la serie Hughes con perfiles que se caracterizan por ser profundos y bien drenados, y 30 % de la serie Arbolito, suelo sin sodio hasta los 125 cm y moderadamente bien drenado.

- Ab 4:

Este complejo se halla ocupando los planos altos con pendientes no mayores del 1 %. El escurrimiento es lento pero sin peligro de anegarse. Comprende 70 % de la serie Arbolito con perfiles caracterizados por presentar hidromorfismo y algo de sodio a 1,5 mt de profundidad y 30 % de la serie Wheelwright que tiene alcalinidad sódica a menos de 1 mt y es imperfectamente drenado.

- Ab 6:

Se trata de una combinación de tres tipos de suelos, El Arbolito, Wheelwright y El Recuerdo, entremezclado en un patrón complejo con 25, 50 y 25 % respectivamente.

Se hallan en planos altos, pero por presentar los suelos de El Recuerdo, encontramos alcalinidad sódica. El escurrimiento es lento y el drenaje es moderadamente bueno en los sectores ocupados por El Arbolito o Wheelwright, pero imperfectamente drenado en El Recuerdo.

- ER 1:

Este complejo se halla en áreas de muy leve pendiente situadas hacia los bajos del Canal del Medio, en posición similar a la unidad Ww1. Este complejo comprende 50 % de

El Recuerdo, 40 % de Los Leones y 10 % de Huemul. Todos son suelos alcalino-sódicos: El Recuerdo desde los 20 – 30 cm y el resto desde la superficie.

El escurrimiento es lento y puede sufrir anegamiento por lapsos cortos en años excepcionalmente lluviosos. Esta unidad es imperfectamente drenada y esta vinculada a complejos pero drenados con suelos salinos y sódicos.

III. 7. Capacidad de Uso del suelo

La capacidad de uso del suelo utilizada en la República Argentina es una adaptación del sistema utilizado por el USDA en los E.E.U.U. (USDA ,1958) generada por el Ing Agr C Puriccelli. Esta clasificación agrupa los suelos con un mismo grado de libertad para producir, durante un periodo prolongado y sin dañar el suelo, asociando cultivos labrados comunes, pasturas artificiales, naturales o arboles forestales y frutales. Esta clasificación comprende tres categorías:

III. 7 .1. Clase de capacidad uso

III. 7. 2. Sub clase de capacidad de uso

III. 7. 3. Unidad de capacidad de uso

III. 7. 1. Clases:

Las clases se clasifican según el grado de libertad para producir, durante un período determinado y sin dañar el suelo. Se distinguen dos grandes grupos: tierras aptas para cultivos y aquellas no aptas para dicho fin. Se clasifican de I a VII.

Clase I: Suelo con pocas limitaciones o riesgos de uso. Escaso peligro de erosión hídrica y eólica. Reúnen condiciones óptimas para cultivos labrados, pasturas etc. Hay buenas condiciones de labranza del suelo. Almacenan gran cantidad de agua útil. No se hallan expuestos a inundaciones.

Clase II, III, IV. Son suelos con limitaciones o riesgos de uso moderados, severos o muy severos. Requieren practicas de manejo o conservación, moderados, severos o muy

severos respectivamente, cuando se hallan sometidos a una explotación agrícola continua. De lo contrario su productividad sufre un progreso deterioro.

A partir de la clase V, son suelos no aptos para cultivos.

Clase V: Suelos con problemas de exceso de humedad, no corregibles. Se restringe a la producción de pasturas y árboles forestales o a la conservación de la fauna silvestre. Además pueden presentar limitaciones climáticas o pedregosidad.

Clase VI y VII: Son suelos de uso restringido a pasturas, forestales, algunos frutales, recreación, conservación e la fauna y regulación del agua. Los de clase VI se justifica la mejora en pasturas (siembra, encalado, fertilización, zanjas de drenaje, canales derivadores). Los de clase VII solo utilizado para pastoreo de hacienda.

III. 7. 2. Sub clases

Se refieren al tipo de limitación de uso más importante que sufre el suelo, que puede ser de origen edáfico o climático.

e: Riesgo de erosión.

w: Limitación por exceso de humedad, por drenaje deficiente o inundación.

s: Limitación en la zona de actividad radicular.

c: Limitaciones climáticas.

III. 7. 3. Unidad de capacidad de uso.

Agrupar los suelos que tengan las mismas exigencias y alternativas de manejo, los mismos riesgos de daño e igual aptitud de uso. Se establecieron unidades en función de la erosión hídrica y eólica, anegamientos, capa freática, profundidad sales, alcalinidad.

En el presente trabajo de tesis, se analizaron las características de la capacidad de uso del suelo y se estableció la clase y subclase de cada serie (Tabla 10).

SÍMBOLO	SERIE DE SUELO	CLASE - SUB CLASE
LG	LAS GAMAS	II S
Ro	ROJAS	I
Hm	HUEMUL	VII ws
Ab	EL ARBOLITO	I
ASOCIACIÓN		
LG 9		II s
LG 10 – LG 11		II s
LG 3		III s
Pe 11		I
Ro 25		II s
Co 7 - Co 8		VII ws
Ww1 - Ww2		VII ws
Hu 6		I
Ab 4		II w
Ab 6		III ws
ER 1		VI ws

Tabla 10: Serie de suelos y capacidad de uso.

A partir de la tabla 10 se establece que la series Las Gammas, Rojas, El Arbolito, Pergamino y Huemul son clase I y II, mientras que restan asociaciones y complejos con limitaciones por exceso de agua.

III. 8. Hidrología

La divisoria de aguas en la cuenca en estudio, es muy difusa debido a que la baja pendiente del terreno. Como se puede observar en el mapa expresado en la figura 10, la red de drenaje, presenta una cantidad de pequeños cauces temporarios que concurren a un cauce principal, que es el bañado del Juncal.

Los cauces que se forman como producto de las fracturas producidas en superficie, presentan pequeñas cubetas, las cuales en épocas de altas precipitaciones, se cargan de agua y comienzan a escurrir, formando cauces de pequeño caudal y de poca pendiente. Se observa en la Imagen Satelital la distribución de las cubetas presentes en los cauces.

III. 8. 2. Sistema de drenaje.

La cuenca del Bañado del Juncal es una red de drenaje transitorio, en la cual se distribuyen 16 cauces de primer orden, y dos de segundo orden, con una orientación NE – SO, que confluyen al principal, de tercer orden, (Horton, 1988) que es propiamente el bañado del Juncal.

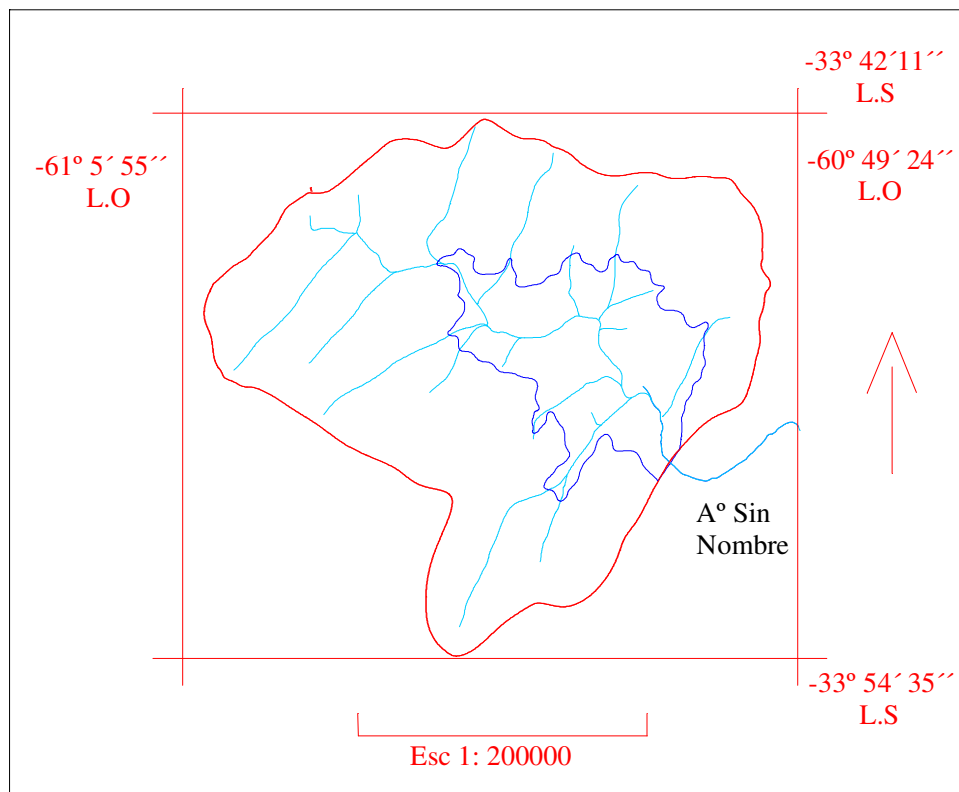


Figura 10: Red de drenaje del Bañado del Juncal.

El sistema de drenaje superficial forma una red de tipo dentrítica, con descarga en el Arroyo Sin nombre, descargando sus aguas al Arroyo Pergamino, como se visualiza en la figura 10.

III. 9. Características Morfométricas

Para realizar la descripción del área en estudio se establecieron cada uno de los parametros morfométricos, como se presentan a continuación.

III. 9. 1. Longitud:

El bañado presenta una longitud total de 16 km con una orientación NO-SE, desde la divisoria de aguas en forma recta hasta la desembocadura del arroyo sin nombre en el final de la cuenca. Considerando los giros que produce el cauce principal, recorre una distancia de 19 km.

III. 9. 2. Perímetro:

El perímetro es de 74,335 km.

III. 9. 3. Area:

El área que ocupa la cuenca, es de 30.725 ha

III. 9. 4. Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación de la longitud del cauce (L) de una cuenca con su superficie (A) (Gaspari, 2000). En la cuenca se estableció que:

$$Dd = \text{Longitud} \cdot \text{Area}^{-1}$$

$$L = 95,08 \text{ km}$$

$$A = 307,25 \text{ km}^2$$

$$Dd = 95,08 \text{ km} \cdot (307,25 \text{ km}^2)^{-1} = 0,31 \text{ km}^{-1}$$

El dato obtenido manifiesta que es una densidad muy baja, siendo insuficiente el número de cauces de drenaje, que posee la cuenca, y por lo tanto es necesario hacer un manejo cuidadoso de la cuenca.

III. 9. 5. Pendiente del cauce:

La pendiente media del cauce, se determina mediante el desnivel de cotas (H) y la longitud total del cauce principal (L):

$$S \% = (H \max - H \min)x (L \bullet 1000)^{-1}$$

$$(87,5 - 72,5) \bullet (19 x 1000)^{-1}$$

$$0,0007 \text{ m } \bullet \text{ m}^{-1} = 0,07 \%$$

La pendiente transversal media es del orden de 0,5 %, establecida a partir del análisis topográfico realizado con las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (1959) de Colón y Pergamino.

III. 9. 6. Coeficiente de compacidad:

Se define así el valor de dividir el perímetro de la cuenca por el perímetro de un círculo de igual área que la de la cuenca. Esta relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte mas lejana de la cuenca hasta el desagüe (Gaspari, 2000).

$$Kc = \frac{\text{Perímetro}}{2 \sqrt{\pi \bullet \text{Area}}} = \frac{74,335}{62,1} = 1,19$$

El valor hallado, corresponde a una cuenca de forma casi redonda a oval oblonga. De esta forma las crecidas que se producen en la cuenca, hace que sean menos continuas y que sea mayor el tiempo de retardo que tiene el agua de llegar desde la divisoria hasta el desagüe.

III. 10. Uso del suelo

III. 10. 1. Asociación de series de suelos y curvas de nivel

El uso actual de los suelos en la cuenca del Bañado del Juncal, se puede dividir en cuatro sectores definidos por los tipos de suelos presentes.

- 1) En los sectores más altos, próximo a las cotas de 80 y 82,5 m.s.n.m, se hallan las series Las Gamas, Rojas, Hughes, y sus asociaciones, con capacidades de uso I, Is. En estos sectores se desarrolla la agricultura, en la que se aplica una

rotación con Soja de primera, trigo / soja y maíz, en algunos casos se continua con otro ciclo de trigo - soja. No se realiza rotación con ganadería.

- 2) En los suelos que se ubican en su mayoría por debajo de la cota de 80 mt, encontramos las asociaciones LG 10, LG 3, Co 8, Ro 21 y Ww1. En estos suelos se practica la ganadería, con implantación de pasturas.
- 3) Por debajo de la cota de 77,5 m.s.n.m, se presentan las asociaciones LG 3, Huemul, Co 8, y en las vías de desagüe hallamos la asociación de suelos Co7 encontrando campo natural.
- 4) En el bañado propiamente dicho, encontramos dos asociaciones, en su mayor parte Co8 y en sectores pequeños, Huemul.

La superficie de la cuenca es de 30.725 ha, como se representa en la figura 11, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- 18.280 ha son de **aptitud agrícola**, las que se ubican en su mayoría por encima de la cota de 80 m.s.n.m.
- 6.250,7 ha son de **aptitud ganadera – agrícola**, y se ubican entre la cota de 80 m.s.n.m. y la de 77,5 m.
- 3.570,5 ha son de **aptitud ganadera**, y se hallan por debajo de la cota de 77,5 m.s.n.m, y se encuentran en la parte alta del bañado.
- 2.467,6 ha corresponden al bañado propiamente dicho, que en épocas secas se utilizan para ganadería exclusivamente.
- 156,2 ha corresponden al inicio del cauce del arroyo Sin Nombre y son de **aptitud ganadera** ubicadas en cotas bajas.

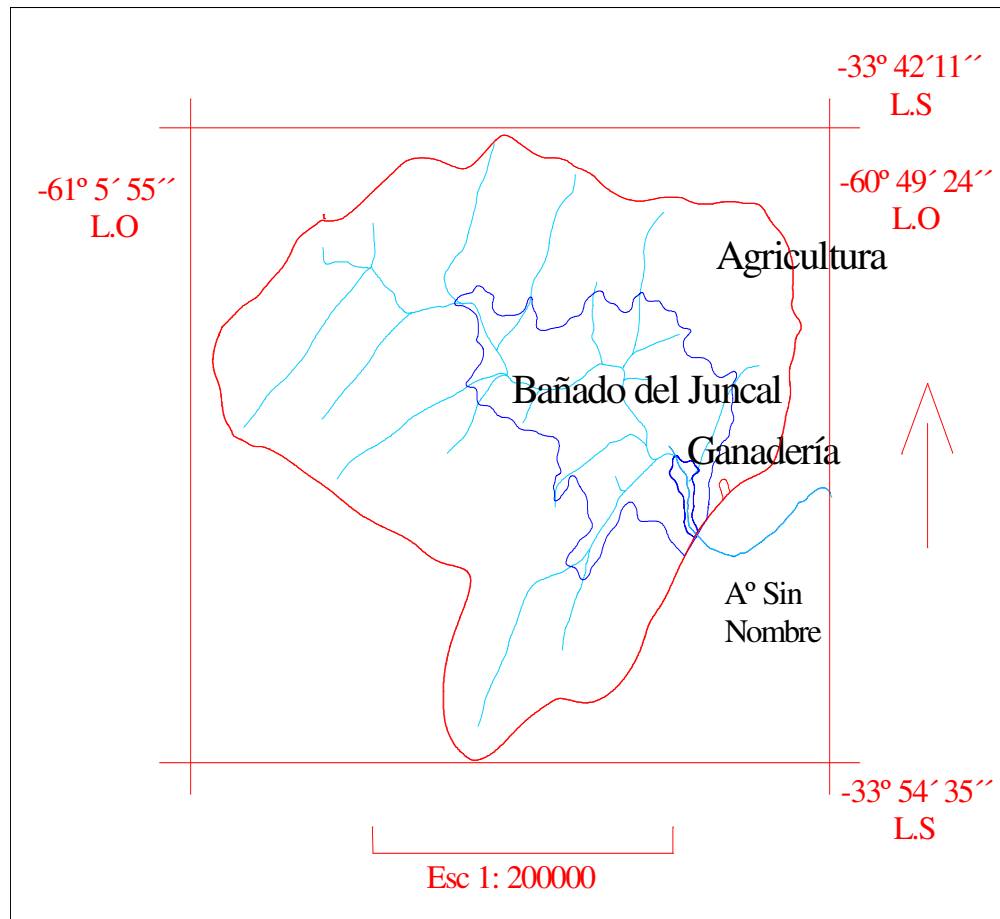


Figura 11 Zonificación del uso del suelo definido por las curvas de nivel.

En la figura 11 se presenta la zonificación del uso del suelo definido por las curvas de nivel de cota 77,5 msnm, estableciendo 24.530,7 ha de agricultura y 6.163,3 predominantemente ganadera y bañados, cerca del 20% de la superficie de la cuenca.

III. 10. 2. Sistemas de labranza

El relevamiento a campo y con GPS, de los diferentes sistemas de labranza en la cuenca del Bañado del Juncal, se efectuó en sectores escogidos por aptitud de uso del suelo y tipo de labranza implementada.

Se denomina labranza convencional en la zona, al uso de los discos pesados, de cuerpos desencontrados, que realizan una labranza del suelo a una profundidad de 12-15

cm. La utilización repetida de esta herramienta provoca la formación de un “piso de disco” por aumento de la densidad aparente del suelo, por debajo de la profundidad de labranza, debido al peso que ejerce la herramienta. Es similar a un piso de arado pero a menor profundidad y con su borde horizontal superior más indefinido (Foto 9 y 10).



Foto 9: Compactación sub superficial.



Foto 10: Compactación sub superficial

Los productores locales utilizan descompactadores para romper los pisos de disco, hasta una profundidad de 30 cm, favoreciendo el ingreso del agua en el perfil del suelo (Foto 11).



Foto 11: Descompactador utilizado en la zona.

Los lotes de los productores que participaron de los ensayos se clasifican según manejo del suelo en: *agricultura permanente con labranza convencional*, *siembra directa* y *ganadería con rotación agrícola* (Tabla 11), y se clasificaron según labranza en:

- Los lotes 1 al 6 / 12 y 13, con siembra directa, durante 5 a 18 años.
- El lote 7 que se realiza una labranza convencional con disco y descompactado.
- El lote 8, se realiza labranza convencional con disco pero sin descompactado.
- En el lote 9, se realiza labranza convencional, con siembra de soja en directa.
- Los lotes de 10 y 11 están realizados con labranza convencional con disco.

En la Tabla 11 se presentan los lotes estudiados, caracterizando el cultivo y las diferentes rotaciones y sistemas de labranza, para el muestreo del año 2005.

LOTE	CULTIVO	LABRANZA	ROTACIÓN
SIEMBRA DIRECTA			
1	Maíz	SD 10 años	Sj -Tr / Sj - Mz -Tr / Sj
2	Avena	7 SD c / descompactado 04	Tr / Sj -V inv./ Sj - Mz
3	Trigo	SD 7 años	Sj -Tr / Sj - Mz -Tr / Sj
4	Trigo	SD 4 años	Sj -Tr / Sj - Mz -Tr / Sj
5	Trigo	SD 18 años	Sj -Tr / Sj - Mz
6	Trigo	SD 5 años	Sj - Tr / Sj - Tr / Sj
7	Soja	LC c / descompactado en 05	Sj - Tr / Sj - Mz
8	Soja	LC s / descompactado	Sj - Tr / Sj - Mz
9	Maíz	LC - Sj 2° SD	Sj - Tr / Sj- Sj - Mz - Mz
10	Maíz	LC con disco	Sj - Tr / Sj - M
12	Pp 3°	Pp SD	agricultura 3 x ganadería 5
11	Pp 1°	LC con disco	agricultura 2 x ganadería 4
13	Pp 5°	Pp SD	agricultura 4 x ganadería 5

Tabla 11: Labranzas utilizadas en la cuenca y rotaciones por lote

Cultivos: Sj: Soja. Tr: Trigo. Mz: Maíz. V inv: Verdeo de Invierno Pp: Pastura

Labranza: LC: Labranza convencional. SD. Siembra Directa. c/ con s/ sin

III. 10. 3. Distribución espacial de los cultivos

Los cultivos para la zona fueron identificados en un relevamiento a campo, con apoyo de esta información georreferenciada y con el procesamiento e interpretación de una imagen satelital del área en estudio, path/row 226/084, CONAE, cuya fecha de la toma: 15/03/2005, coincidente con la toma de datos en el terreno. A partir de este relevamiento se confeccionó el mapa base de ubicación de los lotes, anteriormente mencionados, como se presentan en la Figura 12. Este mapa se generó por clasificación supervisada en un sistema de información geográfica.

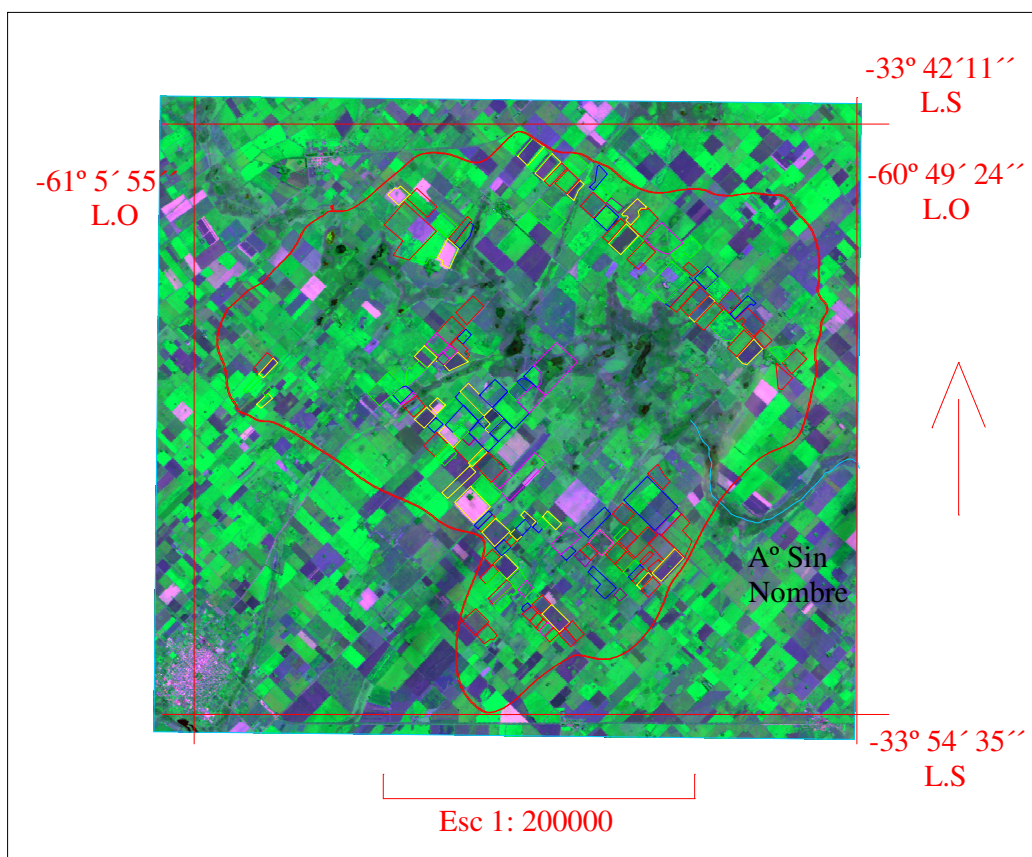


Figura 12: Imagen Satelital de la cuenca del Bañado del Juncal, detalle de lotes estudiados.

En la siguiente tabla 12, se observa el análisis realizado por interpretación y procesamiento de la imagen satelital, donde se expresa la superficie ocupada con Ganadería y las destinadas a las rotaciones Agrícolas, según el uso del suelo, específicamente en el momento de la toma de datos a campo y fecha de toma de la imagen satelital.

	SUPERFICIE (ha)
Superficie Total	30725,0
Superficie Ganadera	8732,5
Superficie Agrícola	22520,5

Tabla 12: Superficie ocupada por cada cultivo en la cuenca del Bañado del Juncal.

En Gráfico 4 se puede observar que las hectáreas ocupadas por diferentes cultivos en la zona del Bañado del Juncal, al momento de realizar la presente Tesis, con sus porcentajes de incidencia de ocupación, donde también se expresa que el cultivo de soja de primera y segunda alcanza valores superiores al 50%. El cultivo menos relevante es el sorgo.

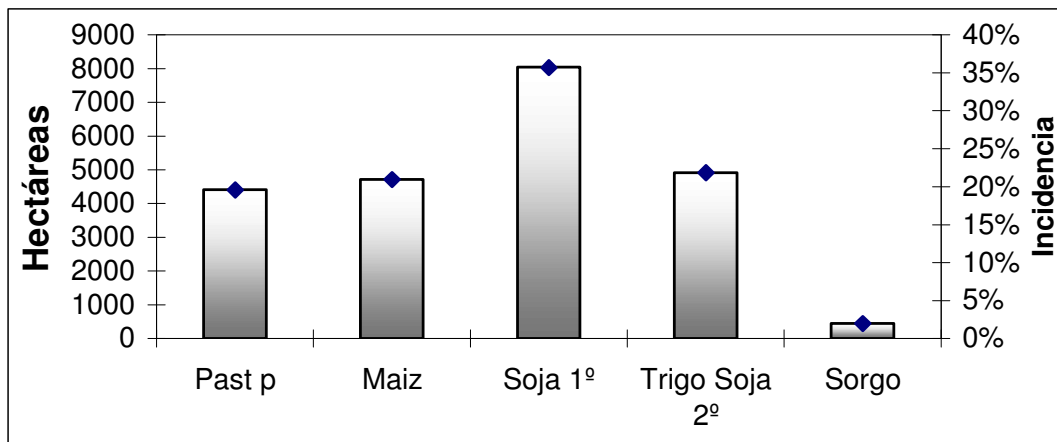


Gráfico 4: Superficie por cultivo y porcentajes de ocupación, en la cuenca del Bañado del Juncal.

En la Figura 13 se puede observar la distribución espacial de las parcelas de muestreo de cada cultivo en la zona del Bañado del Juncal, al momento de realizar la recorrida a campo para la tesis.

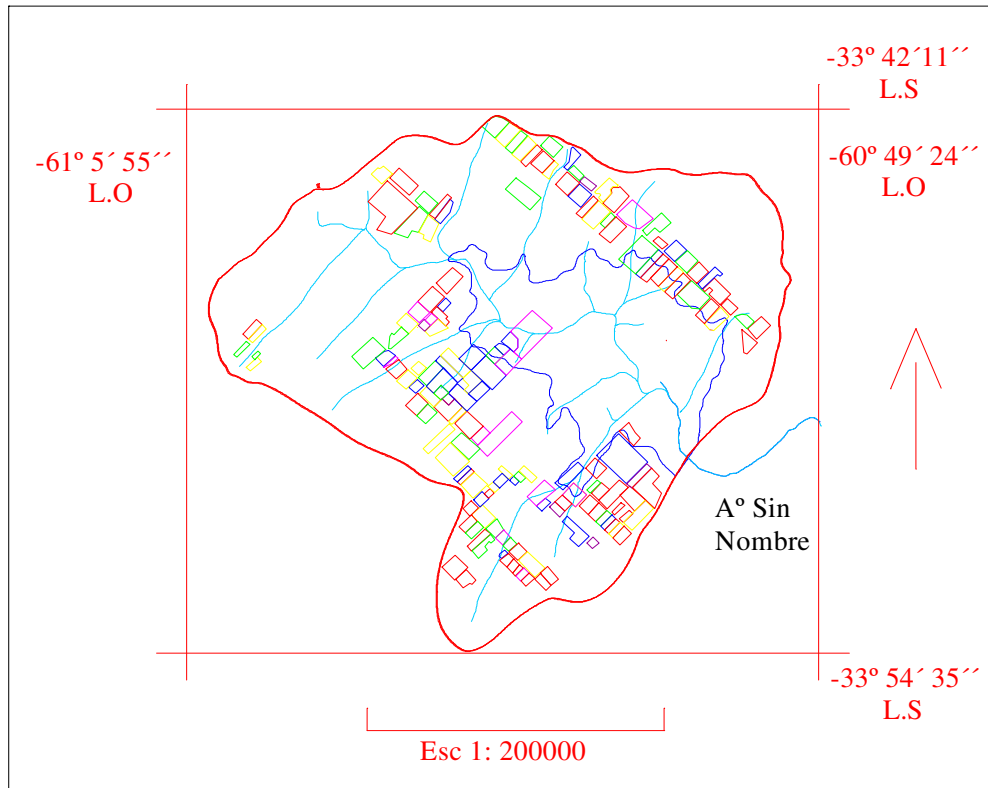


Figura 13: Distribución espacial de los lotes con los cultivos relevados en la Cuenca del Bañado del Juncal.

Referencias:

POLIGONO COLOR	TIPO DE CULTIVO
ROJO	Soja 1°
VERDE	Soja 2°
AMARILLO	Maíz
MAGENTA	Campo natural
AZUL	Pastura
VIOLETA	Sorgo forrajero

A partir del mapa de la Figura 13 se estableció la clasificación supervisada de los polígonos reconocidos para generar el mapa final de la vegetación del Bañado del Juncal, al momento de realizar la recorrida a campo para la tesis.

IV. RESULTADOS.

SEGUNDA PARTE. DETERMINACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO.

IV. 1 Estimación de sedimentos mediante la U.S.L.E

IV. 1. 1. Factor de potencialidad erosiva de la lluvia. R.

La intensidad de la precipitación zonal, de la serie 1990 – 2007 (Gráfico 5), sufrió un aumento del orden del 10 % en relación a la serie 1980 - 1989, en el Bañado del Juncal, presentando años con picos del 47 % con respecto a la década del '80 y de 33 % de incremento con respecto al promedio anual de la serie.

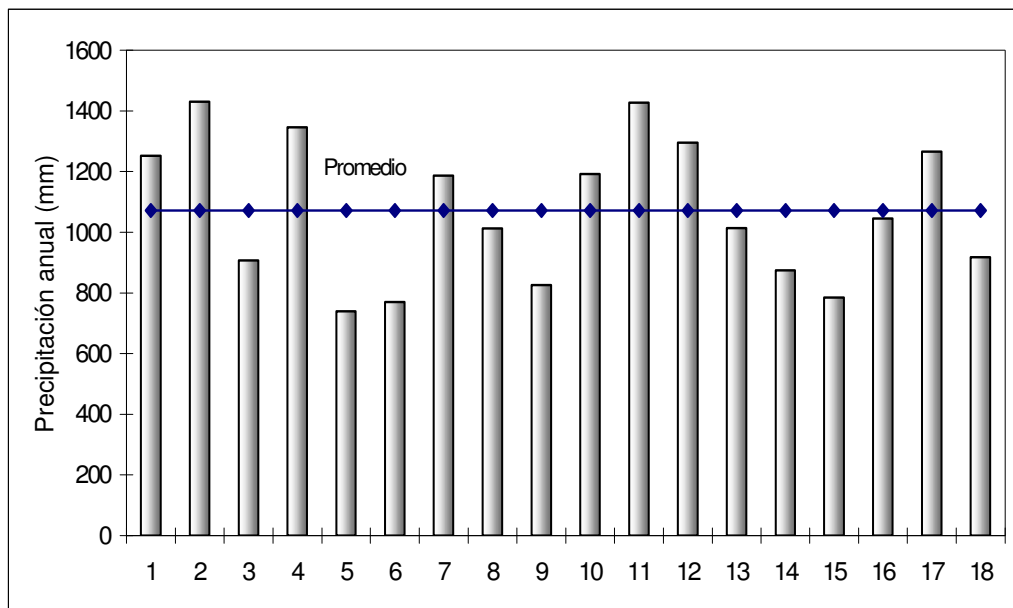


Gráfico 5: Precipitaciones medias anuales y promedio para la serie 1990 – 2007 (18 años).

La determinación del factor R, potencialidad erosiva de las lluvias, se trabajó sobre la precipitación diaria, obtenidas de las sociedades Rurales de Colón y Juncal (1990 – 2007). Los valores de I_{30} fueron estimados, según valores hallados para Pergamino.

Los valores de referencia de precipitación en ciudad de Pergamino se muestran en la tabla 13.

Precipitación	
	mm
E	128,0
F	92,1
M	149,7
A	132,4
M	60,0
J	31,8
J	17,3
A	31,2
S	46,0
O	141,9
N	117,4
D	123,8
1071,6 mm	

Tabla 13 Valores de precipitación mensual para el período y zona en estudio.

El valor de R calculado para la cuenca del Bañado del Juncal para el período considerado, se representa en la tabla 14.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
R	42,73	30,76	49,96	44,21	20,02	10,63	5,76	10,40	15,37	47,36	39,19	41,34

$$\mathbf{R\ anual = 358\ J / ha^{-1} \cdot año^{-1}}$$

Tabla 14: Determinación del factor R ($J \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) en la Cuenca del Bañado del Juncal.

En el gráfico 5 se presenta la distribución del valor de R y las precipitaciones mensuales en la localidad de Pergamino, localidad distante aproximadamente 30 km al noroeste de la cuenca del Bañado del Juncal, con el fin de presentar un valor representativo zonalmente.

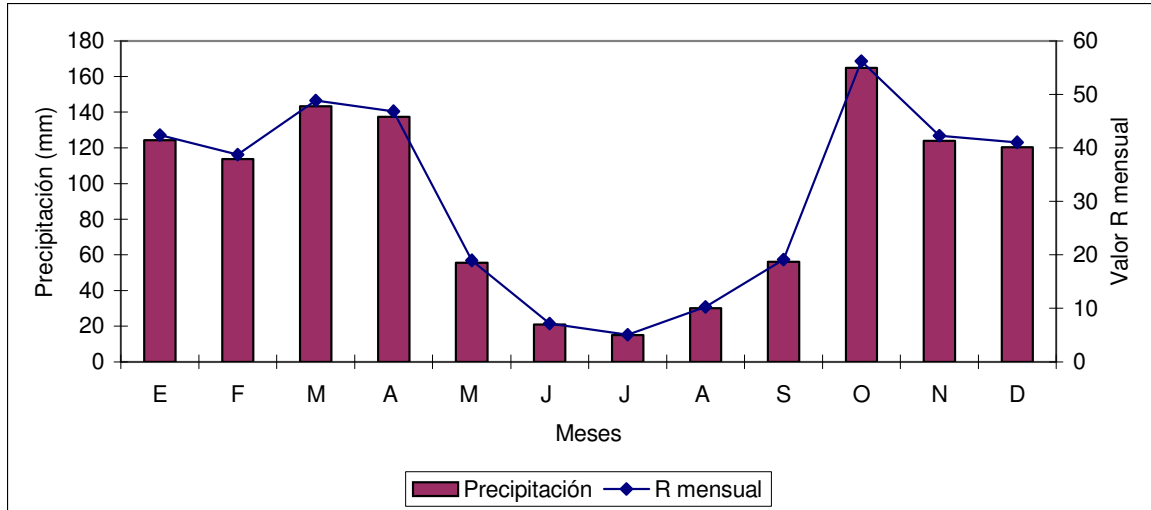


Gráfico 5: Distribución del valor de R ($J \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) y las precipitaciones mensuales en Pergamino.

El valor R presenta una marcada distribución en el año con picos en primavera y verano y una notable disminución durante los meses de invierno.

IV. 1. 2. Factor de erosionabilidad del suelo. K:

En la Tabla 15 se presenta el valor de K para cada zona productiva con sus respectivas labranzas (LC, SD, LC con Ganadería), la serie de suelo correspondiente y el valor promedio de materia orgánica, cuyos valores fueron los calculados para la cuenca en estudio.

SUELO	Labranzas y rotaciones	K.
Serie		($tn \cdot J^{-1} \cdot año^{-1}$).
Rojas / Huemul	Rotación agrícola con Labranza convencional con disco (LC)	0,436 y 0,402.
Wheelright / El Recuerdo	Rotación agrícola ganadera con Labranza convencional con disco (LC c / G)	0,429
Las Gamas / Hughes / El Arbolito	Siembra directa (SD)	0,451 y 0,524

Tabla 15. Factor K por serie de suelo y tipo de labranza y rotación.

Los valores hallados del factor K, corresponden a los diferentes suelos componentes del paisaje de la cuenca, que corresponden a suelos de mediana a alta erosionabilidad. En el anexo se presentan las tablas de dichos valores.

IV. 1. 3. Grado y longitud de la pendiente. LS.

Las pendientes promedio de la cuenca se encuentran en el orden del 0,16 %, con longitudes que van desde los 1500 a 2000 mt, siendo muy homogénea en toda su extensión.

En la Tabla 12 se presentan los valores de grado de pendiente y longitud, para hallar el factor LS de la ecuación.

Pendiente	Longitud
(%)	(m)
0,200	1250
0,156	1600
0,100	2000
0,167	1500
0,156	1587,5

Tabla 16: Grado de pendiente promedio y longitud promedio en la cuenca en estudio.

El Factor L resulto de 2,355 y el Factor S calculado fue de 0,072.

Los valores de LS en el bañado del Juncal indican que es una cuenca plana con pendientes escasas y largas longitudes, con una baja incidencia sobre el proceso erosivo.

IV. 1. 4. Factor de cultivo. C.

Para ajustar la ecuación de perdida de suelos en la cuenca del Bañado del Juncal, se calculó para cada cultivo presente en la zona (Maíz, Trigo, Soja):

- ✓ la fecha de implantación,
- ✓ el grado de cobertura,

- ✓ la fecha de cosecha, y
- ✓ el tipo de labranza utilizada, para determinar el valor C.

En la tabla 17 se presentan los valores calculados para cada cultivo en particular.

Cultivos	Factor C
Soja 1° D c/ rastrojo pobre Trigo o Soja	0,150
Soja 2° D c/ rastrojo bueno Trigo	0,092
Soja 1° Convencional, c/ rastrojo bueno maíz	0,216
Soja 1° Convencional, c/ rastrojo Soja.	0,267
Trigo D /Soja D	0,076
Trigo D	0,108
Trigo LC, después de Soja.	0,274
Trigo LC	0,253
Trigo LC, rastrojo pobre Maíz / Soja D	0,198
Trigo LC, rastrojo bueno Maíz / Soja D	0,154
Maíz D	0,173
Maíz sin / cobertura	0,324
Maíz LC rastrojo de Soja en superficie	0,420

Tabla 17: Valor de C calculado para diferentes cultivos y manejo del suelo de la cuenca.

D: siembra directa

LC: labranza convencional

Los sistemas de siembra directa poseen los valores mas bajos de C, ya sea para un solo cultivo o integrando una rotación combinada con labranza convencional. Por otra parte maíz en labranza convencional mostró el valor mas elevado.

IV. 1. 5. Factor de prácticas culturales. P.

Debido a que la zona no posee pendientes importantes y que los productores no han implementado ninguna practica conservacionista, se consideró para todas los cálculos de erosión el valor de $P = 1$.

IV. 1. 6. Resultados la aplicación de USLE para determinar Pérdidas de Suelo:

IV. 1. 6. 1 Pérdidas de suelo por rotación.

A partir de la aplicación y análisis de resultados por la USLE, se generó la tabla 18. En ella se observan las perdidas de suelo ocasionadas en cada rotación y tipo de labranza utilizada en la cuenca.

Rotación		A
		tn . ha⁻¹ . año⁻¹
<u>Labranza Convencional con Disco</u>		
1	Sj1°-Tr/Sj-Mz	10,00
2	Sj1°-Tr/Sj-Sj – Mz – Mz	10,09
<u>Rotación mixta</u>		
3	4 Pastura p / Sj- Tr / Sj- Mz	4,23
<u>Siembra Directa</u>		
4	Sj –Tr / Sj – Mz – Tr/Sj	4,64
5	Sj –Tr / Sj -Tr/Sj	3,48

Tabla 18: Pérdida de Sedimentos por rotación estudiada. A (tn . ha⁻¹ . año⁻¹).

Se observa en la tabla 18, que la diferencia de pérdida de suelo en siembra directa es un 50 % menor que el sistema de labranza convencional.

Del el rango central participa un sistema mixto, con labranza convencional, el cual el aporte de la Pastura amortigua los efectos de la agricultura, teniendo pérdida de sedimentos similares a los sistemas de siembra directa.

Las perdidas de suelos calculadas, se asemejan a las halladas por Michelena et al (1986) en las series Rojas y Hughes, las cuales para una rotación agrícola ganadera era del orden de 12,3 tn . ha⁻¹ . año⁻¹ ; para una rotación agrícola continua del 18,1 tn . ha⁻¹ . año⁻¹ y de 11, 9 y 17,5 tn . ha⁻¹ . año⁻¹ respectivamente. Estas rotaciones se realizaban completamente con labranza convencional.

En el gráfico 6 se muestra la diferencia de pérdida de suelo (en $\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) estimadas para cada sistema de labranza y rotación utilizada.

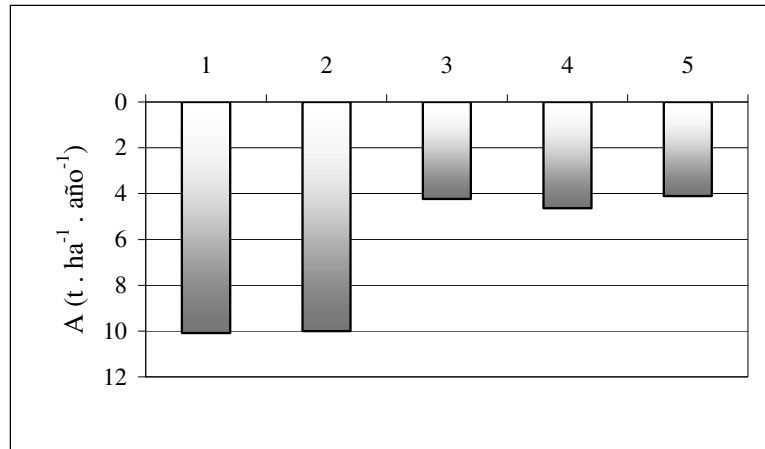


Gráfico 6: Sedimentos producidos por cada rotación determinados por USLE.

- 1 y 2. Agricultura permanente con Labranza convencional con Disco
- 3. Agricultura – Ganadería con Labranza convencional.
- 4 y 5. Siembra Directa.

Compatibilizando la Tabla 18 y el Gráfico 6 de la cantidad de sedimentos cuantificados con la USLE se establece que las tasas de erosión alcanzadas en las distintas rotaciones son inferiores a las tasas tolerables de erosión estimadas para suelos profundos ($11 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).

IV. 1. 6. 2. Pérdidas de suelo por cultivo

La estimación de la erosión producida por cada cultivo, teniendo en cuenta los tipos de labranza se presenta en el gráfico 7.

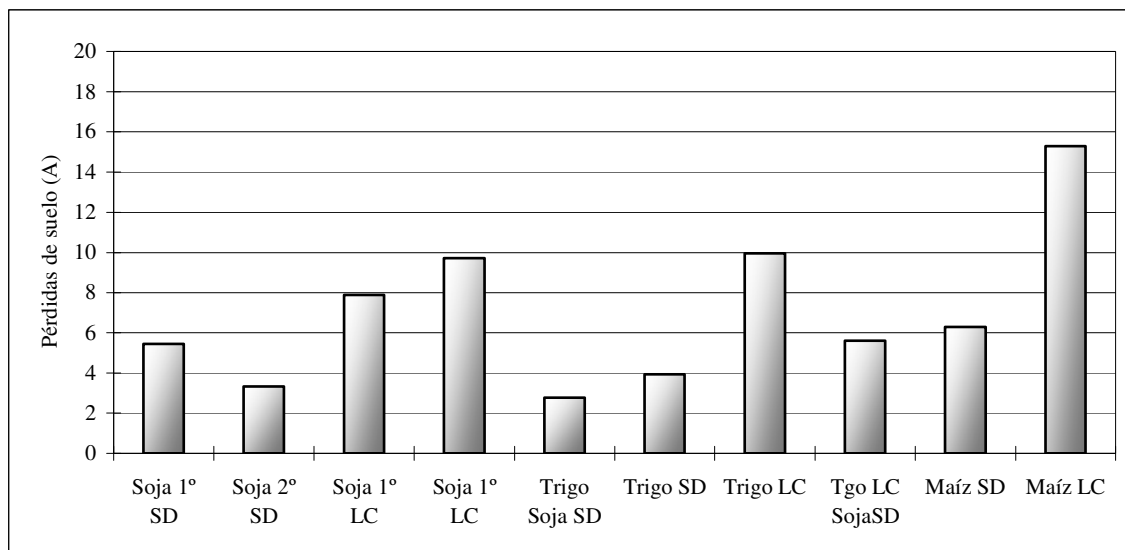


Gráfico 7: Estimación de la erosión (A) en tn . ha⁻¹ . año⁻¹ , producida por cada cultivo y tipo de labranza, en el ámbito de la Cuenca del Bañado del Juncal.

El gráfico 7 confirma que el maíz, trigo y soja en labranza convencional presentan las mayores pérdidas de suelo en la cuenca del Bañado del Juncal.

	A (tn . ha ⁻¹ . año ⁻¹)	Valor relativo (%)
SIEMBRA DIRECTA	4,5	42
LABRANZA CONVENCIONAL	10,77	100

Tabla 19: Efecto del sistema de labranza sobre la pérdida de suelo en la cuenca del Bañado del Juncal.

El uso de la siembra directa presenta pérdida de suelo del 42% con respecto a los sistemas convencionales. De esta manera se resalta el impacto positivo de la siembra directa sobre la sustentabilidad del sistema productivo.

IV. 1. 6. 3. Pérdidas de suelo a nivel de cuenca.

Las pérdidas de los cultivos estudiados en el área de la cuenca del Bañado del Juncal, se estimaron para determinar el grado de erosión que producen y tener herramientas suficientes a la hora de planificar el uso del suelo en la siguiente etapa.

En el gráfico 8 se observa el porcentaje de ocupación areal de cada cultivo, considerando que soja, de primera y de segunda, representan el 72% del total de la cuenca del Bañado del Juncal.

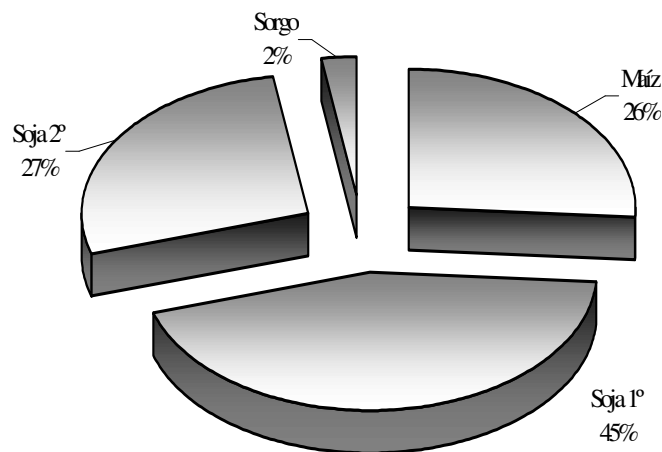


Gráfico 8: Porcentaje de ocupación de cada cultivo en la Cuenca del Bañado del Juncal.

El resultado de la erosión producida por cada cultivo y sistema de labranza, se ve reflejado en la tabla 20 y gráfico 9.

	Tasa de erosión (A) (tn. ha ⁻¹ . año ⁻¹)	Sup ocupada (ha)	A total %
Soja 1° SD	5,46	6429,6	28
Soja 1° LC	7,88	1607,4	10
Soja 2° SD	2,49	4921,0	10
Trigo SD	3,93	3936,8	13
Trigo LC	9,96	984,2	8
Maíz SD	6,29	3768,0	19
Maíz LC	15,29	942,0	12

Tabla 20: Incidencia de la superficie destinada a cada cultivo, la cantidad de sedimentos (tn . ha⁻¹ . año⁻¹) y la incidencia en la cuenca.

Si se considera que las toneladas erosionadas para los cultivos presentes, se obtiene como resultado en la cuenca del Bañado del Juncal un promedio ponderado de 5,46 tn. ha⁻¹ . año⁻¹ en la zona agrícola. El 28% de las pérdidas totales se debe a la superficie ocupada por soja de primera con siembra directa, aunque presenta la menor tasa de erosión. En relación a la mayor tasa de erosión se expresa en maíz con labranza convencional, realizando un aporte del 12% de las pérdidas totales.

En el gráfico 9 se presenta la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial en la cuenca del Bañado del Juncal por tipo de cultivo y porcentaje de erosión.

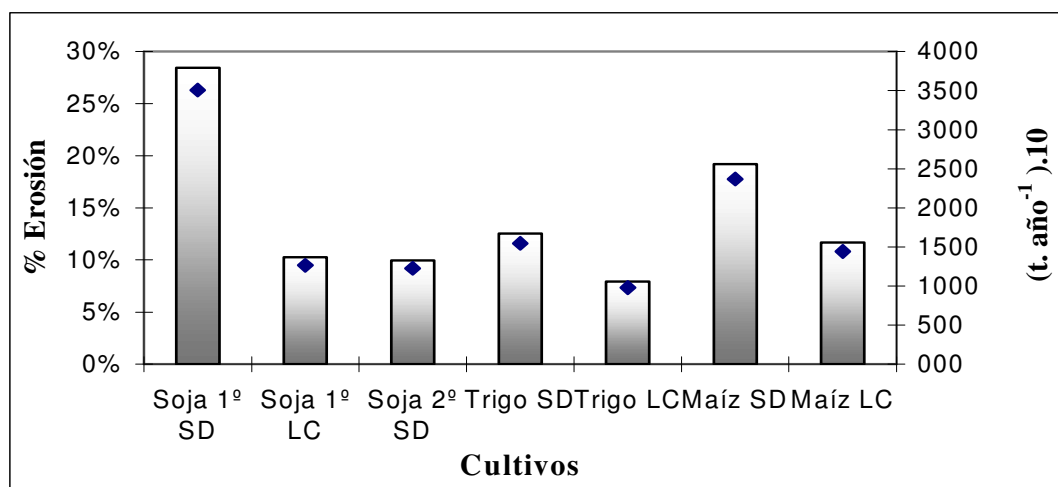


Gráfico 9 Erosión hídrica total (% y en t. año⁻¹) de la cuenca por cultivo.

IV. 2. Pérdidas determinadas con microsimulador de lluvia:

Los sedimentos hallados con la aplicación del microsimulador de lluvia, sobre cada sitio, y situación de labranza, se presentan en la tabla 21. Los valores obtenidos corresponden a un promedio de dos repeticiones dentro del mismo lote.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
Uso	Maíz	Avena	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Pp 3°	Pp 5°
Lote	1	2	3	4	5	6	12	13

Tabla 21: Distribución del muestreo con el microsimulador de lluvia.

En la tabla 22 figuran los sedimentos y el Índice de Erosión calculado para cada situación. Todas las situaciones consideradas presentan un Índice de Erosión muy bajo o sea que son muy resistentes a la erosión (MRE) y por lo tanto generan un bajo nivel de sedimentos.

Lote	Sedimento (kg.ha ⁻¹)	Índice de erosión	Clasificación
1	85,50	11,25	MRE
2	45,55	5,75	MRE
3	66,80	8,55	MRE
4	37,80	4,65	MRE
5	35,80	4,55	MRE
6	193,25	24,75	MRE
12	0,04	-	MRE
13	0,00	-	MRE

MRE: Muy resistente a la erosión.

Tabla 22: Valores hallados de sedimentos por lote con la aplicación del microsimulador de lluvias e índice de erosión respectivo.

De acuerdo a estos resultados, las situaciones consideradas con el microsimulador de lluvias indican que al menos en el momento de la medición la generación de sedimentos era muy baja. Los dos valores, corresponden a las repeticiones dentro del mismo lote.

En el gráfico 10 se manifiesta la cantidad de sedimentos emitidos en siembra directa para diferentes especies de cultivo, establecida por la implementación del microsimulador de lluvias en diferentes lotes, con dos repeticiones. En el mismo se visualiza que en áreas con pasturas las pérdidas de suelo son nulas (Pp).

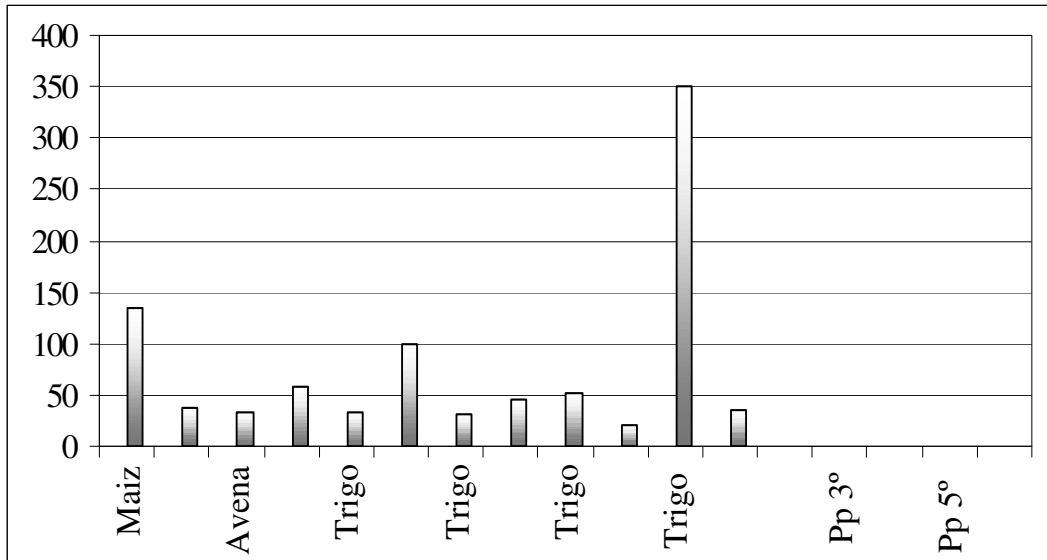


Gráfico 10: Sedimentos calculados para siembra directa, con el microsimulador de lluvia, (kg. ha⁻¹). Se presentan las dos repeticiones.

En la tabla 23 se refleja la cantidad de sedimentos obtenidos por la aplicación del microsimulador de lluvia en lotes con labranza convencional. Los dos valores, corresponden a dos repeticiones dentro del lote.

Lote	Uso	Sedimento (kg .ha ⁻¹)	Índice de erosión	
7	Soja con descompactador	60,15	7,7	MRE
8	Soja sin descompactador	297,40	38,15	MRE
9	Maíz	0,00	-	MRE
10	Maíz	0,00	-	MRE
11	Pp 1°	201,50	25,85	MRE

MRE: Muy resistente a la erosión.

Tabla 23: Representación de los sedimentos emitidos en los cultivos con labranza convencional e índice de erosión respectivo.

En el gráfico 11 se representa la cantidad de sedimentos determinados por la modelización con el microsimulador, donde se establece que el cultivo de maíz no presenta ningún tipo de generación de sedimentos. (el maíz se encontraba recientemente labrado), por lo cual infiltró toda la lluvia aplicada.

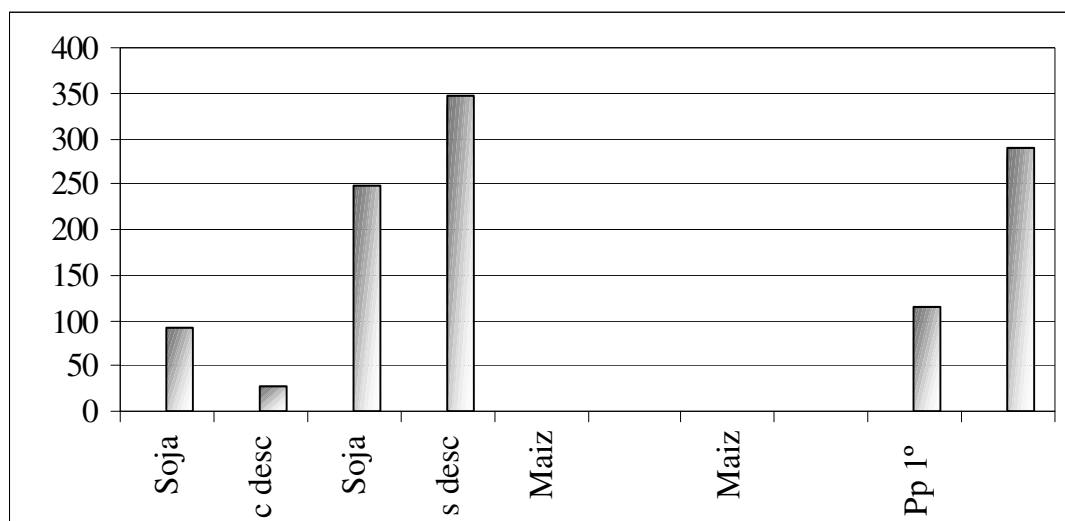


Gráfico 11: Representación de los sedimentos hallados en labranza convencional por microsimulador, (kg. ha⁻¹). Se presentan las dos repeticiones.

En los lotes 9 y 10, recientemente labrados para maíz, no se produjo escurrimiento, dado que toda el agua de lluvia fue captada por el suelo removido y seco, y por lo tanto no hubo sedimentos. En el lote 7, con 20 años de agricultura permanente, donde se paso un descompactador, se redujo la emisión de sedimentos en 41 % en comparación con el lote 8 que se trabajó sin descompactador.

Del análisis general de los resultados del microsimulador se obtiene valores bajos de índice de erosión, donde los lotes con siembra directa generaron sedimentos en promedio 58 kg . ha⁻¹ y 111 kg . ha⁻¹ como promedio del planteo de labranza convencional.

IV. 3. Materia orgánica.

IV. 3. 1. Evaluación del contenido de Materia Orgánica:

Juntamente con la aplicación de la USLE para determinar perdida de suelos, se trabajó para establecer el contenido de materia orgánica por rotación y por tipo de labranza utilizada. En la tabla 24 se observan los porcentajes de perdida de materia orgánica con respecto a un suelo testigo regional que presenta valores de aproximadamente 4,96% de materia orgánica.

		Diferencia de Materia Orgánica
Rotación Labranza Convencional con Disco		
1	Sj1°-Tr/Sj-Mz	0,82
2	Sj1°-Tr/Sj-Sj – Mz – Mz	1,85
Rotación mixta		
3	4 Pastura p / Sj- Tr / Sj- Mz	1,32
Siembra Directa		
4	Sj –Tr / Sj – Mz - Tr/Sj	0,25
5	Sj –Tr / Sj –Tr/Sj	0,43

Tabla 24 Diferencias de contenido de materia orgánica por tipo de rotación.

Si se compara el valor de la siembra directa con el de labranza convencional se visualiza que es inferior la pérdida ocasionada. La cantidad de materia orgánica en el suelo con rotación mixta es superior reduciendo estas pérdidas de suelo en los años que se aplica ganadería en esos lotes.

En el gráfico 12 se presenta el porcentaje de pérdida de materia orgánica por tipo de rotación, donde se establece que el valor más extremo se establece en agricultura permanente con Labranza convencional con Disco

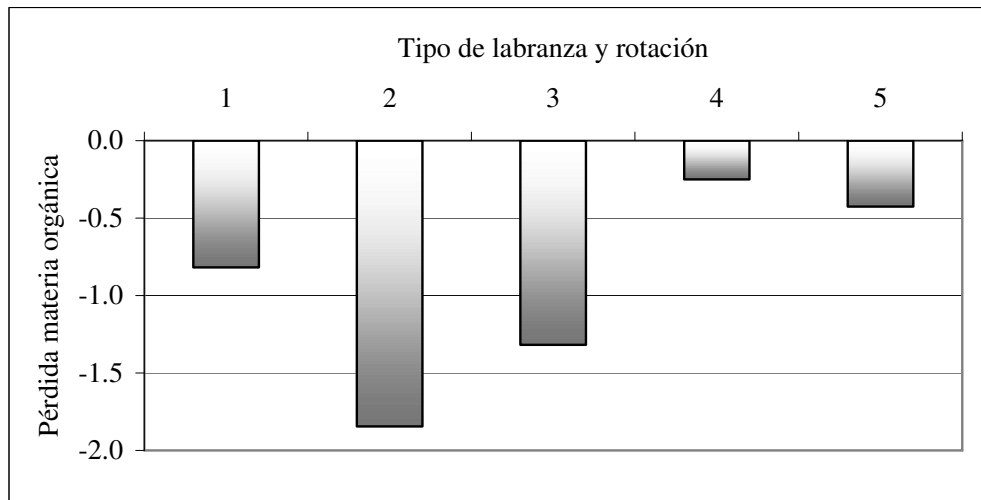


Gráfico 12: Porcentaje de pérdida de materia orgánica por tipo de rotación.

Referencias:

- 1 y 2. Agricultura permanente con Labranza convencional con Disco
- 3. Agricultura – Ganadería, con Labranza convencional.
- 4 y 5. Siembra Directa.

Las pérdidas de materia orgánica son similares a las halladas por Michelena et al (1986) para la serie Rojas y Hughes, encontrando decrementos del orden del 29 % para rotaciones agrícolas ganaderas del 40 % en agricultura continua (no habiendo siembra directa) y de 34,1% y 4015 % respectivamente.

En el gráfico 13 se puede observar el rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de los cultivos y de materia orgánica humificada por cultivo de la rotación. De acuerdo a los rendimientos zonales de los cultivos se observa que el cultivo de maíz presenta mayores beneficios.

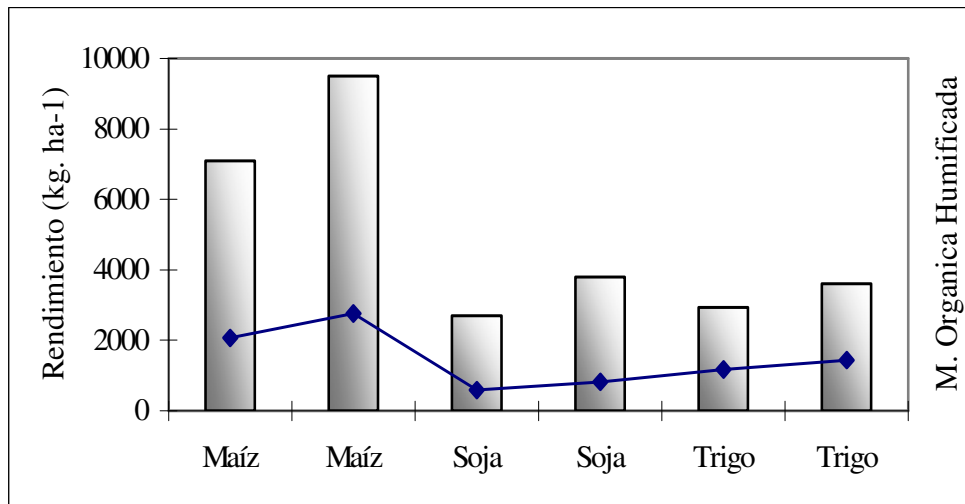


Gráfico: 13 Valores de rendimiento de cultivo y materia orgánica humificada calculada (en kg . ha⁻¹).

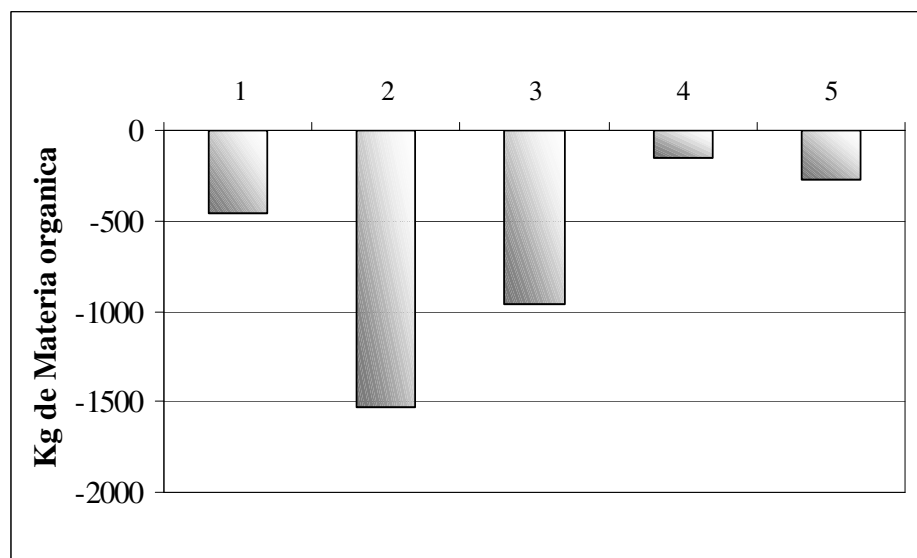


Gráfico 14: Pérdida de materia orgánica de la rotación (expresada en kg).

- 1 y 2. Agricultura permanente con Labranza convencional con Disco
- 3. Agricultura – Ganadería, con Labranza convencional.
- 4 y 5. Siembra Directa.

En el gráfico 14 se presenta la pérdida de materia orgánica de las diferentes rotaciones de suelo consideradas en esta tesis, tomada de datos de campo. Se puede observar que la agricultura permanente con labranza convencional con disco genera mayores pérdidas.

V. DISCUSION.

En la presente tesis se ha presentado una variedad de datos determinados por las diferentes metodologías implementadas, que aportan a otros trabajos estudiados. A continuación se detallan los alcances de la aplicación de la metodología de pérdida de suelo con la ecuación USLE, para la cuenca del Bañado del Juncal.

- Las pérdidas estimadas de suelo en labranza convencional son inferiores a $10 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, considerada tolerable para los tipos de suelo descritos en la cuenca.
- La rotación agrícola ganadera con labranza convencional, arrojó un valor de $4,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de pérdida de suelo con respecto a la labranza continua, verificándose el efecto benéfico de la Pastura.
- Las rotaciones con siembra directa arrojaron valores menores a la labranza convencional, en un 42%.
- Las pérdidas de suelos calculadas por cultivos arrojan valores desde de $2 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en trigo / soja SD a $15 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en maíz LC.
- La superficie destinada al cultivo de la soja, ocupa un lugar preponderante con el casi 72 % de la superficie, le sigue el maíz y en menor medida el sorgo forrajero.
- Del total de la erosión producida en la cuenca del Bañado del Juncal el cultivo de la soja produce el 48 %, el 21 % lo produce el Trigo y el 31 % el maíz.

Las mediciones realizadas con el microsimulador de lluvias arrojaron datos importantes para evaluar puntualmente cada lote.

- Los lotes de LC generaron en promedio 44 % mas de sedimento que los planteos con SD, pero con ciertas diferencias:
 - ✓ Los lotes como el 9 y 10 (LC) no generaron sedimento alguno.
 - ✓ El lote 7 (LC) generó un sedimento promedio de $110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, valores similares a los de SD.
 - ✓ El lote 8, (LC) en el cual no se pasó un descompactador, los sedimentos resultaron de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($0,3 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1}$), similares al lote 6 de SD, con valores picos de $351 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. En éste lote, una de las causas que es importante analizar y comparar, es que se hace una rotación agrícola con más presencia de

soja, Soja – Trigo / Soja - Trigo / Soja con respecto al resto de lotes donde se intercala un año de maíz.

➤ Los dos casos de Siembra directa en pasturas generaron dos situaciones diferentes.

✓ El lote 13 no produjo emisión de sedimentos y se visualizó una infiltración total de la lluvia aplicada, mientras que en el lote 12, produjo un valor bajo de casi 30 kg ($0,03 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1}$) pero con una infiltración del 50 %. La diferencia en estos casos se puede deber a la diferencia de series de suelo, a su capacidad de uso Clase II vs VII respectivamente y al mayor desarrollo de su sistema radicular

➤ Los sedimentos hallados en lotes con siembra directa se asocian a la presencia de una estructura laminar (Foto 7).



Foto 7: Estructura laminar en suelos de Siembra Directa con 18 años de agricultura

Otra herramienta utilizada en esta tesis para determinar los procesos de degradación del suelo, fue establecer la variación del contenido de materia orgánica por las rotaciones. Los resultados hallados permiten establecer el siguiente aspecto:

- Los lotes en SD presentaron menores de pérdida de materia orgánica.
- La rotación mixta si bien tiene 4 años de pastura la fase agrícola aumento las pérdidas de materia orgánica a valores similares a los de rotación convencional.

En cada rotación estudiada, se analizó el balance de materia orgánica que proveía al suelo los rastrojos. La incorporación de la estimación del balance de materia orgánica en la rotación, en esta tesis, permitió analizar otro aspecto de los procesos erosivos, ya que juega un rol significativo en la propiedad física de los suelos.

Es de resaltar la importancia que tiene la labranza convencional en el suelo, ya que agrega entre un 9 % a 20 % más de rastrojo humificado al suelo que la labranza en siembra directa. Éste rastrojo incorporado se manifestó en los suelos con mayor contenido de materia orgánica.

- La materia orgánica evaluada, resultó mayor en los suelos con mejor contenido de materia orgánica (LC) que aquellos que se realizó (SD), pero con la diferencia que los suelos con SD, poseían un contenido menor de materia orgánica inicial.
- La rotación con ganadería, aporta la misma cantidad de rastrojo humificado, que en S.D, pero con la diferencia que el decrecimiento de materia orgánica es menor (3,37 %).

La presente tesis desarrollada en el ámbito de la cuenca del Bañado del Juncal, permitió identificar la influencia de las labranzas y rotaciones, como efecto desencadenante de los procesos erosivos. Se comparan situaciones con agricultura continua (trigo / soja – maíz) en planteos de labranza convencional con disco y planteos de siembra directa.

Por otro lado se analizó el comportamiento de suelos rotados con ganadería en la cual intervienen pasturas perennes.

Es útil destacar que el manejo del suelo en la zona de estudio del Bañado del Juncal, permitiría reducir el caudal y sedimentos que son aportados y expulsados de la cuenca.

VI. CONCLUSIONES.

La utilización de la U.S.L.E. como elemento diagnóstico en la cuenca del Bañado del Juncal fue un avance significativo para cuantificar la pérdida de suelo que se genera en una rotación e indicar posibles prácticas de manejo.

Los resultados alcanzados en esta tesis sirven como elemento de diagnóstico, ya que es útil para el cálculo de mejoras en el suelo, obras de infraestructura como terrazas de desagüe, o para indicar puntos críticos en el manejo de los suelos. De esta forma se puede evaluar lo que sucede en el suelo en un momento definido y en las condiciones que presentan el cultivo y el suelo.

Al haber cuantificado los diversos factores como la erosividad de la lluvia, la estabilidad del suelo, el grado y largo de la pendiente, el cultivo y las prácticas culturales indica que sea una herramienta importante para el diagnóstico de degradación del suelo superficial. Los coeficientes incluidos en la U.S.L.E. (R, K, L, S, C, P), establecen que cualquier variante en ellos, pueda generar variaciones importantes en el nivel que se está midiendo.

Si se analiza por separado cada factor, se recomienda que el factor R, debería actualizarse con la incorporación directa de datos, por medio de estaciones meteorológicas continuas. Los valores considerados en esta tesis para un mes o año cualquiera son pequeños, y se encontraron tormentas de un día que ocasionan pérdidas mayores a las anuales. Las lluvias torrenciales han superado los cálculos estimativos y es por eso que utilizar otra herramienta como el microsimulador de lluvias, es una información que se ajusta más a los procesos naturales.

En forma particular de los resultados, se puede decir que las mediciones realizadas con el microsimulador, expresan en algunos casos valores superiores en los lotes de siembra directa que en los lotes con labranza convencional. Es importante remarcar que además los valores de erosión en siembra directa son superiores a los hallados en todos los trabajos publicados y mencionados en esta tesis.

Con respecto a los valores elevados hallados en estos suelos, se puede presumir los siguientes factores que podrían llegar a ser alguna de las causas de producir altos índices de erosión:

- a) La baja estabilidad de los agregados, producto de la alta incidencia del cultivo de la soja.

- b) La compactación subsuperficial, que reduce el proceso de infiltración, recargando de agua el horizonte superficial.
- c) La textura franco limosa de los suelos.
- d) Menor contenido de materia orgánica.

Estos factores además indican que la energía de la lluvia que incide sobre el suelo es reducida por la cobertura de rastrojos. Luego de pasados unos minutos de lluvia continua, la intensidad de la precipitación logra superar la cobertura de rastrojos y comienza el proceso de infiltración, hasta que se comienza a recargar el perfil del horizonte A, debido a la compactación sub superficial. Se observa que se produce una infiltración de apenas 80mm.

En esta instancia comienza a jugar un papel fundamental la historia temporal y espacial de uso de la tierra del lote, (estructura laminar, estabilidad del agregado y el contenido de materia orgánica), debido a que una vez que el agua saturó el horizonte A, comienza el escurrimiento y consecuentemente con el arrastre de sedimentos.

Es posible, que en los suelos de textura franco limosas, las fracciones finas pueden generar un sellado de los microporos que dificultan la infiltración, como lo expresa Marelli (1999) donde sostiene que el sistema de SD en suelos de textura limosa y sometidos a SD continua, generalmente presentan un aumento de la densidad aparente. Este efecto fue hallado también por Berón et al (1993) donde el suelo que practican LC con RyV tiene una densidad de 1,09 contra 1,2 de SD.

El análisis de los resultados de esta tesis también se definió un plan con diversas propuestas establecidas por acciones básicas para mejorar la degradación actual del suelo. Como recomendación del estudio de tesis es importante enfatizar en la continuidad del estudio y ampliar el rango de toma de datos extraídos para corroborar los resultados en forma temporal y espacial.

VII. PROPUESTAS.

Como respuesta a los datos analizados en éste estudio, se definen acciones básicas, para mejorar la degradación actual del suelo en la Cuenca del Bañado del Juncal.

Las propuestas son:

1. Incorporar una gramínea en la rotación, producirá un aporte de rastrojo muy importante para ser más estable el sistema.
2. En los casos en que la siembra directa se siga desarrollando, será positivo la utilización de un descompactador que ayude a mejorar la infiltración.
3. Implementar una forma de incorporar rastrojos en la siembra directa, ya sea por anclaje de los rastrojos o semienterrados, que ayuden a mejorar el contenido de materia orgánica.
4. Realizar ensayos demostrativos en la zona, para la utilización del descompactador y visualizar diferentes respuestas del suelo ante la pérdida.
5. Cabe destacar que la Siembra Directa, la fertilización y una rotación con gramíneas y poca soja de 1º, es un tipo de manejo del suelo óptimo para mantener el balance cero de la materia orgánica del suelo, que se manifiesta factible para estos suelos de la cuenca.
6. Las rotaciones más conservadoras no son solo las que aplican una cobertura de suelo, sino aquellas que aporten materia orgánica para que el sistema sea sustentable

VIII. BIBLIOGRAFÍA:

- Andriulo, A; Nasal, C; Cordone, C.** 2006. Evolución del contenido de materia orgánica en suelos bajo agricultura continua: Análisis y modelización. Comunicación personal.
- Apezteguía, H; Sereno, R.** 2001. Influencia de los sistemas de labranza sobre la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Gestión Ambiental de Suelo y Agua. Versión digital
- Berón, R; Lemos E.** 1982. Evaluación de escurrimientos hídricos en parcelas de la EE Pergamino. Carpeta de producción vegetal. INTA EE Pergamino. Tomo IV. Serie generalidades N° 38. Pp 1- 4
- ; **Blotta L.** 1993. Evaluación de erosión hídrica mediante lluvias intensas simuladas sobre cultivos de soja con diferentes sistemas de labranza. Carpeta de producción vegetal. INTA EE Pergamino. Tomo XII. Serie generalidades N° 105. Pp 1-5.
- ; ----- . 1995. Erosión y eficiencia de lluvias en un Argiudol típico con uso agrícola permanente y tres sistemas de labranza. Informe técnico N° 306. INTA EE Pergamino. Pp 5-15
- Casas, R.** 1986. El escurrimiento superficial. Métodos para su estimación en conservación de suelos. Tirada interna N° 81. INTA Castelar. 33 pp.
- ,-. 1978. Planeamiento conservacionista de la sub cuenca Coronel Bogado, Cuenca del Arroyo Pavón, Sta Fé. Publicación N° 156. INTA Castelar. Pp 116.
- Chagas, C; Marelli, H; Crottola, y M; Rienzi, E.** 1997. Influencia del uso de la tierra sobre la erosión entre surcos en un Argiudol típico de Argentina.
En Rev de Facultad de agronomía. UBA Tomo 17 N° 3. Pp 333-340.
- Cordone, G; Martinez, F; Ghio, H; Andriulo, A.** 2004. Contribución del cultivo de maíz a la sostenibilidad de la producción agrícola. (Comunicación personal)
- Gargicevich, A; Prieto, G; Massoni, S.** Balance de materia orgánica. Revista de Aapresid, Pp 27-28.
- Gaspari, F.J. 2000.** Ordenamiento territorial en Cuencas Serranas Aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). Ed. Cooperativas. Buenos Aires. 116 pp.
- García, F. 2003.** Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo. Siembra directa, rotaciones y fertilidad. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Bolivia. INFOPOS. Versión CD
- García Préchac, F.** 1990. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos.3° aproximación. INIA Uruguay. 63 pp.

Hauri, B. 2007. Determinación de la erosión hídrica superficial asociada al uso del suelo en la cuenca hidrográfica del arroyo Belisario; Tornquist, Buenos Aires, Argentina. Tesis de postgrado. 173 pp.

Henaos, J. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Sto Tomas. Ed. Centro de enseñanza desescolarizada. Bogotá. Colombia 396 pp

Herzer et al, 2000. Riesgo urbano. Grandes inundaciones en la ciudad de Pergamino. Ultimo acceso: Mayo 2004 Disponible en www.salvarelsalado.8m.com/notas.htm

INDEC Censo agropecuario, 2001. Estadísticas del Municipio de Colón. Ultimo acceso: Mayo 2004 Disponible en www.ec.gba.ar/estadística/ftp/cuadros/primar/ena2.htm

Instituto Geográfico Militar. 1958. Carta topográfica de Mariano Alfonzo. Hoja 3360-32-3. y Estancia Las Gamas. Hoja 3360-32-1. Escala 1: 50.000.

Instituto Geográfico Militar. 1959. Carta topográfica de Wheelwright. Hoja 3360-31-2 y Colón. Hoja 3360-31-4. Escala 1:50.000.

Instituto Geográfico Militar. Carta de Imagen Satelital. Colón. 3360-31. (Ene 1993) y Pergamino 3360-32. (Feb 1994). Escala 1: 100.000.

INTA. 1972. Carta de suelos de la República Argentina. Pergamino. Hoja 3360-32.

INTA. 1974. Carta de suelos de la República Argentina. Colón. Hoja 3360-31.

Irurtia, C, Berón, R; Costamagna, O; Glave, A. 1988. Erosión hídrica. Provincia Buenos Aires. El deterioro del ambiente en la Argentina. PROSA (Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua), FECIC (Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura). Pp 55-64

Irurtia, C; Mon, R. 1994. Micro- simulador de lluvia para determinar infiltración a campo. INTA. Castelar. Instituto de Suelos. Publ. N° 176.15 pp.

-----; -----; Impacto de la erosión hídrica en la producción de granos en un argiudol típico de la Pampa Ondulada. Disponible en http://www.insuelos.org.ar/Informes/Impacto_erosion_hidrica.htm

-----, ---; **Musto, J; Culot, P.** 1984. Evaluación a nivel nacional del potencial de degradación y riesgo de erosión de los suelos. Características y delimitación cartográfica de factores generadores de procesos erosivos en el sector Argentino de la Cuenca del Plata. Publicación N° 174. INTA Castelar. 32 pp.

Magnani, C. 2000. Políticas y legislación de Recursos Naturales y Medio ambiente con influencia en el ámbito de las cuencas hidrográficas. Magister Scientiae en Manejo de Cuencas Hidrográficas. U.N.L.P. Noviembre 2000. 43 pp.

- Marelli, H; 1999.** INTA Marcos Juárez. La siembra directa y la conservación del suelo. En Revista Pro campo, Pp 30-37.
- ,-----; **Weir, E; Lattanzi, A y Díaz, R.** 1983. Técnicas de conservación de suelos. Prácticas conservacionistas para el sector este del Río Carcarañá. Información para extensión. Suelos y agroclimatología N°3. EE Marcos Juárez. 99 pp.
- Martelotto, E; Gil, R.** Producción con Rastrojos. Proyecto agricultura conservacionista. INTA. Disponible en: www.inta.gov.ar
- Michelena, R; Irurtia, C; Vavruska, F; Mon, R; Pittaluga, A.** 1986. Degradación de suelos en el norte de la región pampeana. Publicación técnica N° 6. INTA. 118 pp
- , 1988. Propiedades físicas de los suelos y su relación con sus características hídricas. Manejo de Tierras Anegadizas. Cap IV. PROSA, FECIC; 1990
- , 2003. INTA Castelar. Como controlar la erosión hídrica para que no destruya los suelos. Ultimo acceso; Mayo 2004. Disponible en: (www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inundacion/00nundacion.htm)
- ; **Irurtia, C; Rivero, E y Rorig, M.** 2000. Caracterización físico hídrica de los suelos de la Región Pampeana a través de un índice de erosión. En 11 th ISCO 2000. Buenos Aires Argentina. Versión CD.
- ; **Irurtia, C; Rivero, E y Rorig, M.** 2002. Evaluación física de un Haplustol éntico con siembra directa en la provincia de Córdoba. XVIII Congreso Argentino de La Ciencia del Suelo. AACS-CENPAT. Puerto Madryn, Chubut. Disponible en CD
- Mintegui, Aguirre, J.A ; Lopez Unzú, F.** 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Ed. Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco. 308 pp
- Oliverio, G.** 1990. Producir conservando. Una nueva concepción agrícola. Ed. Fascículo técnico Semillas Cargill.
- Pimentel Gomez, F.** 1979. Iniciación a la estadística experimental. Ed Hemisferio Sur. 323 pp
- Rojas, A; Conde, A.** 1985. Estimación del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, para el centro este de la República Argentina. INTA EE Paraná. Ciencia del suelo. Volumen 3. N° 1-2. Pp 85-92.
- Rojas, A.** 2000. Estimación del factor R. Comunicación personal.
- S.A.P y A. Dirección estadísticas;** Período 1995-2000.
- Scotta, E,** 2003. Factor C de cultivos. Comunicación personal.
- Sociedad Rural de Colón.** Registro de Precipitaciones diarias. Serie 1996 - 2006.
- Sociedad Rural de Juncal.** Registro de Precipitaciones diarias. Serie 1990 - 2007.

Wischmeier, W. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook number 537. USA.