

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**EVALUACIÓN AGROECOLOGICA DE LAS TIERRAS DEL AREA DE  
WASHINGTON (CORDOBA). BASES PARA EL ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL.**

Pablo Sebastián Etcheverry

DNI: 29.876.609

Director: Lic. Msc. Jorge G. González

Co-Director: Ing. Agr. Msc. Alberto Cantero

Río Cuarto – Córdoba

Octubre 2007



A mis padres Juan José y Ana María,  
por haberme brindado en base a un gran esfuerzo la posibilidad de empezar y finalizar una  
carrera universitaria. A Rafael, Alejandro, Raúl y Emiliano,  
por las horas de estudio compartidas durante mi preparación como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Lic. Msc. Jorge G. González, por la invaluable ayuda prestada, la paciencia y dedicación para que la conclusión de este trabajo final fuera posible.

Al Ing. Agr. Eugenio Hamp por su permanente apoyo para el desarrollo de los análisis de suelo en laboratorio.

## **RESUMEN**

### **EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE LAS TIERRAS DEL ÁREA DE WASHINGTON (CORDOBA). BASES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.**

La evaluación de tierras es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos del uso propuesto y sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente (FAO, 1976). Los objetivos a alcanzar en el trabajo son: caracterizar las unidades de tierras; realizar una evaluación de tierras por su capacidad de uso; evaluar el uso actual de las tierras; determinar el uso más apropiado de las tierras, contemplando sus potencialidades y limitaciones; elaborar un mapa preliminar de unidades homogéneas de tierras a escala de semidetalle (1:50000) y evaluar la aptitud de las tierras para los cultivos de soja, girasol y alfalfa. La metodología aplicada para la evaluación de tierras es la propuesta por la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* (FAO, 1976) la cual establece los principios en base a los cuales realizar dicha evaluación. La evaluación pastoril se encaminó a estimar la producción potencial de materia seca por hectárea y por año para cada unidad de tierra a través del método planteado por Mendia *et al.*, 1993 y De Wit, 1965. Se pudo concluir que las condiciones climáticas son las limitantes estructurales más importantes, la susceptibilidad de los suelos a la erosión eólica es la limitante funcional más importante en toda el área; la producción potencial primaria expresada en kg de materia seca por año y por hectárea es mayor en la unidad Planicie medanosa semi-estabilizada y menor en la unidad Médanos; el área de estudio tiene no solo alta capacidad para producir pasturas sino también la producción cultivos de grano y teniendo en cuenta las limitantes funcionales del área se encuentran tierras que poseen sobreutilización y tierras con subutilización que se encuentran bajo cultivo de pasturas, posibles de ser utilizadas en actividades agropecuarias que representen un mayor beneficio económico

## **SUMMARY**

### **AGRO-ECOLOGICAL ASSESMENT OF THE WASHINGTON TOPOGRAPHICAL SHEET (CORDOBA). THE BASIS FOR TERRITORIAL ORGANOZATION.**

The evaluation of lands is the process of determination and prediction of the behavior of a piece of land to specific use, considering physical, economic aspects of the suggested use, and social aspects for the people in the area or the country in general, and the beneficial or adverse effect on the environment (FAO, 1976). The objectives to reach in the work are: to characterize the lands units; to make a lands evaluation by its capacity of use; to evaluate the present use of lands; to determine the most appropriate use of lands, contemplating its potentialities and limitations; to develop a preliminary map of lands homogenous units on semidetall scale (1:50000) and to evaluate the aptitude of lands for the cultures of soybean, sunflower and alfalfa. The methodology applied for the lands evaluation is the proposal by the United Nations for Agriculture and the Feeding (the FAO, 1976) which establishes the principles on the basis of which to make this evaluation. The pastoral evaluation I direct myself to consider the potential production of dry matter by hectare and year for each earth unit through the method raised by Mendia ET al., 1993 and Of Wit, 1965. It was possible to be concluded that the climatic conditions are the more important structural limitation, the susceptibility of grounds to the Aeolian erosion is the more important functional limitation in all the area; the expressed primary potential production in kg of dry matter per year and hectare is greater in the unit dunes Plain semi-stabilized and smaller in the unit Dunes; the study area has nonsingle discharge capacity to produce pastures but also the production grain cultures and considering the functional limitation of the area are earth that have sobreuse and earth with subuse that is under culture of pastures, possible of being used in farming activities that represent a greater economic benefit

## INDICE DEL TEXTO

<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>SUMMARY</b> .....	VI
<b>I- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II- ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>III- HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>IV- OBJETIVOS</b> .....	9
<b>V- MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	10
<b>V.1- Características generales del área de estudio</b> .....	10
<b>V.2- Metodología</b> .....	11
<b>VI- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	16
<b>VI.1- Caracterización climática</b> .....	16
VI.1.1 Régimen térmico.....	16
VI.1.2- Régimen pluviométrico .....	17
VI.1.3- Balance hidrológico.....	18
VI.1.4- Radiación solar .....	20
VI.1.5- El viento .....	21
VI.1.6- Aspectos hidrográficos .....	21
<b>VI.2- Caracterización de las unidades de tierras</b> .....	23
VI.2.1- Planicie medanosa semi-estabilizada.....	23
VI.2.2- Planicie medanosa suavemente ondulada.....	24
VI.2.3- Planicie medanosa estabilizada .....	26
VI.2.4- Planicie medanosa ondulada.....	28
VI.2.5- Planicie medanosa vinculada a lomas planas .....	30
VI.2.6- Medanos .....	32
VI.2.7- Lagunas .....	34
<b>VI.3- Estimación de la producción primaria potencial de las tierras</b> .....	36
VI.3.1-Productividad potencial primaria .....	36
VI.3.2- Factor edáfico .....	38
VI.3.3- Factor de utilización y Factor de interés forrajero.....	39
<b>VI.4- Uso actual de las tierras</b> .....	41
<b>VI.4.1- Evaluación de la aptitud de las tierras para los cultivos de soja, girasol y alfalfa</b> .....	41
<b>VII- CONCLUSIONES</b> .....	49
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA</b> .....	50

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Evolución en el uso de las superficies agropecuarias en el Dpto. Río Cuarto (Córdoba) en el período 1960-1999. ....	3
Tabla N°2: Valores Medios de Temperaturas Y Heladas (1994-2004). Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna. ....	16
Tabla N°3: Precipitación Media Mensual (en mm). Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna .....	17
Tabla N°4: Balance Hidrológico Mensual. Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna .....	19
Tabla N°5: Datos analíticos del perfil típico. Planicie madanosa semi-estabilizada.....	23
Tabla N°6: Datos analíticos del perfil típico. Planicie madanosa suavemente ondulada.....	25
Tabla N°7: Datos analíticos del perfil típico. Planicie madanosa estabilizada . ....	27
Tabla N°8: Datos analíticos del perfil típico. Planicie medanosa ondulada.....	29
Tabla N°9: Datos analíticos del perfil típico. Planicie madanosa vinculada a lomas planas . ....	31
Tabla N°10: Datos analíticos del perfil típico. Medanos. . ....	33
Tabla N°11: Resumen de valores calculados para estimar la PPP. ....	38
Tabla N°12: Elementos que intervienen en el calculo del factor edáfico .....	39
Tabla N°13: Factor de utilización y Factor de interés forrajero de las unidades de tierras .....	40
Tabla N°14: Productividad potencial de la tierra para el pastoreo en la hoja topográfica Washington, Dpto. Río Cuarto, Córdoba.....	40
Tabla N°15: Requerimientos climáticos para la evaluación de los cultivos . ....	42
Tabla N°16: Rango de valores para establecer la puntuación. ....	43
Tabla N°17: Resultados de la evaluación de tierras para la producción de los cultivos seleccionados en las diferentes unidades.....	44

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura N°1: Mapa ubicación área de estudio . . . . .	10
Figura N°2: Metodología para caracterizar unidades de tierras . . . . .	15
Figura N°3: Temperaturas media mensuales y período de heladas (1994-2004). Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna . . . . .	17
Figura N°4: Precipitación media mensual. Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna. . . . .	18
Figura N°5: Balance hidrológico mensual. Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna. . . . .	20
Figura N°6: Radiación solar. Estación meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna. . . . .	20

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto N°1: Arroyo El Ají. Ruta N° 7 Km 590.....	21
Foto N°2: Erosión de márgenes del arroyo El Ají .....	22
Foto N°3: Paisaje. Planicie medanosa semi-estabilizada.....	24
Foto N°4: Perfil típico. Planicie medanosa semi-estabilizada .....	24
Foto N°5: Paisaje. Planicie medanosa suavemente ondulada .....	25
Foto N°6 . Perfil típico. Planicie medanosa suavemente ondulada.....	26
Foto N°7: Paisaje. Planicie medanosa estabilizada.....	27
Foto N°8: : Perfil típico. Planicie medanosa estabilizada .....	28
Foto N°9: Paisaje. Planicie medanosa ondulada.....	29
Foto N°10: Perfil típico. Planicie medanosa ondulada .....	30
Foto N°11: Paisaje. Planicie medanosa vinculada a lomas planas.....	31
Foto N°12: Perfil típico. Planicie medanosa vinculada a lomas planas .....	32
Foto N°13: Vista de un médano con diferente grado de estabilización en Washington, Córdoba .....	33
Foto N°14: Médano con cubeta de deflación, con laguna permanente asociada .....	34

## **INDICE DE MAPAS**

Mapa N°1: Mapa de unidades ambientales.....	35
Mapa N°2: Mapa de uso actual.....	45
Mapa N°3: Mapa de conflicto alfalfa.....	46
Mapa N°4: Mapa de conflicto soja .....	47
Mapa N°5: Mapa de conflicto girasol .....	48

## I- INTRODUCCION

La evaluación de tierras es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos del uso propuesto y sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente. (FAO, 1976).

En términos generales se puede decir que cualquier tierra puede soportar cualquier tipo de uso siempre que se le suministren los inputs necesarios. La aplicación de estos inputs puede ser de tal magnitud que determine las condiciones de explotación. Sin embargo, cada unidad de tierras cuenta con sus propias potencialidades y limitaciones y cada uso de tierras con sus propios requerimientos biofísicos. Los inputs externos o mejoras se suelen expresar en relación a los costos económicos, energéticos y medioambientales que conlleven (Micro Leis DSS, 2004).

Dicha evaluación permite pronosticar el uso y gestión de tierras, no solo en cuanto a su eficiencia productiva sino también a su impacto sobre el medio ambiente; la consideración de las cuestiones aptitud y vulnerabilidad, permiten definir la sostenibilidad en el sentido de que un sistema de uso de tierras sostenible u óptimo sea aquel que incluya una aptitud máxima y una vulnerabilidad mínima (Robert, et al, 1993). De esta forma el objetivo fundamental de la evaluación de tierras se traduce en predecir las consecuencias positivas y negativas del uso y manejo de las mismas. Los estudios agro-ecológicos de evaluación de tierras, mediante la predicción de la potencialidad y la vulnerabilidad de las tierras utilizadas con fines específicos, constituye el sitio de partida para el uso y manejo sostenible de los suelos (Dent y Young, 1981).

La evaluación de tierras como estimación del comportamiento de las tierras cuando se utilizan con fines específicos, proporciona una base racional para la ordenación territorial. Desde un punto de vista productivista, el mayor desafío para la planificación territorial es mantener la capacidad productiva de las tierras y diversificar sus usos. A su vez para evitar la degradación del medio ambiente se han de definir sistemas sostenibles de usos de tierras. Por consiguiente, todas las opciones para aumentar la producción agrícola se han de formular y desarrollar a partir de los resultados previos de la evaluación de tierras. Tal evaluación constituye una interfaz entre el reconocimiento de suelos y la ordenación territorial, estando directamente relacionada con la interpretación práctica de dicho reconocimiento de suelos.

El proyecto promueve la extracción de la información de recursos naturales desde todas las fuentes de datos pertinentes, en una forma que sea útil a los planificadores. Además los conocimientos de agrónomos, especialistas en producción agrícola, extensionistas y agricultores deben formar la base de una planificación correcta del uso de la tierra en su aspecto técnico. Con el conocimiento de ellos se evalúan diferentes opciones, pero es finalmente el tomador de decisión quien resuelve el uso de la tierra. (Rossiter et al, 1995).

La región sur de Córdoba presenta situaciones contrastantes de clima, relieve, hidrografía, suelos, vegetación y uso de las tierras; con la característica que gran parte de esa área, desde las sierras de Comechingones hasta las depresiones en el centro-este se la puede analizar como una gran unidad ambiental y funcional en lo físico, económico y social. Esto significa que los deterioros que se producen en el ámbito físico natural, afectan de distinta manera y magnitud las posibilidades de evolución económica y elevación de los niveles de calidad vida de su comunidad (Cantero *et al.* 1998).

La posibilidad de avanzar en los estudios o especificar los mismos requiere del conocimiento de los recursos naturales de la región, en nuestro caso las tierras, haciendo énfasis en sus aptitudes y vulnerabilidades a fin de establecer los usos y manejos más adecuados a cada

caso. Al tipificar las tierras de la hoja topográfica Washington, posteriormente se hace necesario evaluar las tierras con el fin de determinar aptitudes actuales y potenciales, como una estrategia para aportar al desarrollo de los sistemas de la zona en un marco de sustentabilidad.

El presente trabajo de evaluación agroecológica de tierras de la hoja topográfica Washington (Córdoba) como base para el ordenamiento territorial surge de la necesidad de generar información básica y aplicada para la planificación del uso de las tierras de la región. El área bajo estudio tiene una superficie aproximada de 46.000 hectáreas y puede presentar desajustes entre la potencialidad de sus recursos naturales (suelos, agua y vegetación) y el uso y manejo dominante en el área. Además existe escaso conocimiento sobre sus atributos y limitaciones, lo que puede conducir en algunos casos a la subutilización y en otros a la sobreutilización de los recursos naturales. El área forma parte de la denominada Llanura Medanosa de la Provincia de Córdoba, esta región, tiene una alta susceptibilidad a la erosión eólica, los requerimientos de manejo se vinculan al control de este proceso, al manejo del agua y al de la materia orgánica. La protección del suelo, para garantizar un desarrollo sostenible, requiere mejorar el uso agrícola de las tierras, tanto en su planificación como en su manejo.

La importancia de este proyecto de evaluación de tierras está basado en la poca información existente para esta región, está orientado a determinar la capacidad productiva de las tierras y a los usos más oportunos que cada caso demande. Este trabajo mediante la predicción de potencialidades y limitaciones de las tierras proporcionará a los productores información básica para determinar el uso más apropiado de sus tierras evitando la degradación del medio ambiente.

## II- ANTECEDENTES

Nadie puede desconocer en la actualidad, el progresivo deterioro de las tierras. Deterioro que implica daños y pérdidas que asumen tanto la totalidad de la sociedad, como los mismos productores que consciente o inconscientemente los ocasionan. Los productores sufren los efectos del deterioro como pérdida de la fertilidad, erosión y disminución de la capacidad de retención de agua útil para los cultivos y pastizales. En las áreas subhúmedas y semiáridas de la provincia de Córdoba, el deterioro de los suelos sin vocación agrícola inadecuadamente utilizados en agricultura, conduce a su posterior abandono. En el Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba se ha visto incrementada la superficie agrícola, el cual incorpora en muchos casos tierras no aptas para la producción.

**TABLA N°1: EVOLUCION EN EL USO DE LAS SUPERFICIES AGROPECUARIAS EN EL DPTO. RIO CUARTO (CORDOBA) EN EL PERIODO 1960-1999.**

Evolución en el uso de las tierras				
	Censo	Agricultura (has)	Ganadería (has)	AG+Gan (has)
Departamento Río Cuarto	60	363.315	828.678	1.191.993
	69	502.459	992.992	1.495.450
	88	424.973	1.110.294	1.535.268
	99	709.864	929.786	1.639.650

La fragilidad ecológica más la estabilidad a que pueden llevarse los ecosistemas por modificación en su uso o manejo, establecen la necesidad de predecir las interacciones entre los recursos naturales y los nuevos tipos de utilización para lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos naturales (Zonnerved, 1972). Revertir la situación planteada, no es una tarea sencilla ni de corto plazo. Implica múltiples cambios desde lo cultural a las condiciones de mercado. Así mismo el cambio de rubro productivo experimentado, en el cual parte de la superficie destinada a producciones ganaderas pasó a formar parte del área agrícola, marca una firme tendencia asociada a las realidades económicas de cada sector. Aquí es donde surgiría la posibilidad de existencia de tierras subutilizadas teniendo en cuenta las diferentes rentabilidades que cada producción posee. Sin embargo esta complejidad que incluye factores difícilmente manejables no puede ser causa de inacción; por el contrario.

En primer lugar es necesario destacar el proyecto Global Agro-Ecological Zones 2000, este es un proyecto conjunto de la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas (AGL) del Departamento de Agricultura de la FAO y el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). Con un nuevo método de evaluación de los recursos agrarios denominado Zonificación agroecológica mundial (ZAEM), el proyecto logró combinar un enorme volumen de conjuntos de datos de climas, suelos y terrenos que abarcan casi la totalidad de la superficie de la Tierra. El resultado fue la evaluación de la idoneidad de los cultivos y la productividad de las tierras del planeta entero. La metodología de zonificación agroecológica (ZAE) brinda un marco para caracterizar las condiciones de los climas, suelos y terrenos pertinentes a la producción agrícola; contiene tres elementos básicos: el primero

se denomina tipos de utilización de tierras, que son sistemas selectos de producción agrícola con relaciones definidas entre insumos y gestión, y exigencias ambientales específicas de acuerdo a los cultivos y características de adaptabilidad. El segundo es el clima desde el punto de vista geográfico, datos de suelos y terrenos, combinados en una base de datos de recursos de tierras. El tercer elemento y fundamental es el procedimiento utilizado para calcular las cosechas potenciales mediante una correspondencia entre los cultivos y las necesidades ambientales de los tipos de utilización de tierras con las características del medio ambiente contenidas en la base de datos. Para evaluar la productividad agrícola en secano se utilizó un modelo de equilibrio de aguas para cuantificar el inicio y duración del período en el que hay suficiente agua disponible para sostener el crecimiento de los cultivos. Se utilizaron las condiciones de humedad de los suelos junto con otras características del clima, como las radiaciones y la temperatura, en un modelo simplificado de crecimiento de los cultivos para calcular la producción potencial de biomasa y el rendimiento. Para evaluar la productividad de las tierras con irrigación se utilizó la duración del periodo de temperaturas favorables al crecimiento de los cultivos para hacer corresponder la duración del ciclo agrícola y calcular la producción de biomasa y el rendimiento. Los principales resultados del estudio del ZAE mundial fueron, tomando en cuenta el clima actual y los principales tipos de cultivos contemplados en el ZAE mundial, y estableciendo las condiciones óptimas en los niveles de insumos bajo, medio y alto, que poco más de una cuarta parte de la superficie de la Tierra puede considerarse "suficientemente apta" para la agricultura. Este cálculo general de tierras con potencial agrícola comprende el doble de la superficie cultivada en 1994-96, según las estadísticas de la FAO. Sin embargo no se anticipa que la superficie cultivada -a escala mundial- crezca mucho. La mayor parte del aumento de la producción futura de alimentos se dará a través de mejoras en el uso de insumos y la tecnología, en especial en las regiones en desarrollo donde la brecha entre las cosechas efectivas y el potencial sigue siendo muy amplia. Este proyecto es desde el cual surge buena parte conceptual del presente trabajo.

A nivel general existen para la evaluación de tierras una serie de metodologías, modelos y programas desarrollados bajo un enfoque cualitativo entre los que se destacan:

*Clasificación por Capacidad de Uso (USDA)*: desarrollado en los EEUU, consiste en agrupar unidades de tierra que tengan respuestas comparables a su manejo y limitaciones o riesgos de degradación. Es una evaluación general de la capacidad de la tierra, sin referirse a cultivos específicos, priorizando la agricultura como el uso preferencial y con énfasis en la conservación de suelos (erosión, drenaje, limitaciones de enraizamiento y limitaciones climáticas) (Klingebiel y Montgomery, 1961).

*Clasificación de Tierra para usos con riego (USBR)*: es para evaluar proyectos de regadío. En la selección de áreas para regadío se analizan en forma integrada los factores físicos, sociales y económicos. Cada proyecto se debe evaluar bajo sus condiciones locales. No es un sistema que de opciones de mejor uso: se evalúa solamente una opción de riego y las alternativas no forman parte de la clasificación. (USBR, 1953).

*Sistemas de Tierras de Australia*: es la identificación y evaluación de áreas que sean similares en cuanto a patrones de vegetación, suelos, uso, geología, hidrología y topografía, visibles en fotografías aéreas. Este enfoque paisajista forma la base para clasificaciones posteriores, usando el concepto de "tierra" como unidad básica en vez del estrecho concepto del suelo y aplicando categorías jerárquicas para la agregación de unidades geográficas (Christian y Stewart, 1968).

La metodología propuesta por la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* (FAO, 1976) establece una serie de principios en base a los cuales realizar la evaluación de tierras, estos principios incluyen establecer relaciones entre insumos utilizados

y beneficios obtenidos, determinaciones sobre la base de la sustentabilidad, enfoques multidisciplinarios, etc. A partir de ellos se inicia la recolección de información necesaria, las descripción de usos y requerimientos, unidades cartográficas, cualidades de las tierras, comparación de las clases de uso, evaluación económica y social, clasificación de aptitud de tierras y presentación de los resultados por medio de gráficos, mapas y tablas.

También existen otros métodos cualitativos desarrollados recientemente con un enfoque diferente al método de la FAO. Algunos ejemplos son:

*Sistema de la Clasificación de Suelos para la capacidad de fertilidad (FCC)* que está desarrollado para formar un puente entre las subdisciplinas de clasificación y fertilidad de suelos. El sistema agrupa los suelos según el tipo de problemas encontrados en las características físicas y químicas que influyen en su manejo.

El *LESA*: (LE: Land evaluation, y SA: Site Assessment) es un sistema de clasificación para la protección de tierras (USDA, 1983). El objetivo principal es proporcionar a los tomadores de decisión locales un sistema objetivo y numérico para determinar si la tierra es viable para un desarrollo y como puede ser esta protegida. El componente LE está basado en una estimación de rendimiento para un cultivo de referencia (factores in-situ), usando tecnología estándar de una zona y el componente SA está basado en factores principalmente geográficos.

*Ponderación Potencial de Suelos* (USDA, 1983): son clases que indican la cualidad relativa de suelos para un uso particular. Se considera 1) rendimiento; 2) costos relativos de tecnología para minimizar los efectos de las limitaciones; y 3) los efectos negativos en valores sociales, económicos y medioambientales. Es una ponderación, apta para planificación, no para recomendaciones de usos de la tierra. Puede ayudar a los planificadores en dar prioridad a las áreas.

Los métodos paramétricos son todos los procedimientos semi-cuantitativos en los cuales la relación entre la productividad y las características de la tierra son expresados como factores ponderados en una función matemática simple. El resultado de esta función se usa para valorar diferentes usos en un área específica. Dos ejemplos de métodos paramétricos son: *Índice Storie o Índice de Tierra*: es un índice multiplicativo desarrollado en EEUU, con el objetivo de expresar una ponderación para una zonificación de suelos o para una tasación. Es un índice para expresar la influencia de los factores de suelos en conjunto sobre la productividad de cultivos, en el cual se asigna a cada factor de suelo un porcentaje de un valor ideal para luego multiplicarlos (Storie, 1970). Otro ejemplo es el *Índice de Pierce*: es un índice de productividad desarrollado para estimar el potencial relativo de productividad de suelos erosionados en base a un pequeño grupo de variables de suelo. Se basa en las relaciones entre las variables del suelo y la productividad mediante curvas de respuesta (Pierce et al, 1983).

Por otra parte la evaluación cuantitativa se basa en datos puntuales en el espacio y el tiempo, que permiten realizar estimaciones cuantitativas de la relación entre suelos y uso, especialmente para la relación entre la productividad y los factores edáficos, climáticos y de manejo. Entre estos se encuentra el Índice de Productividad de las tierras (Bramao, et al 1970), diseñado por técnicos del INTA permite establecer comparaciones entre las capacidades de producción de los distintos tipos de tierras de un área. Precisa para su implementación de una regionalización climática del país influida por las precipitaciones, temperaturas y humedad del suelo. El Índice tiene en cuenta valores de disponibilidad de agua, drenaje, profundidad efectiva, textura de los horizontes superficiales y subsuperficiales, contenido de sales solubles, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y erosión.

Otro es el Índice Aptitud Relativa Las tierras (VIART) para el Dpto. Río Cuarto (Cantero et al, 1986) el cual considera factores climáticos, edáficos, geomorfológicos y procesos erosivos de las tierras. Se utiliza como base cartográfica imágenes LANDSAT. Para la construcción de valor indicativo se tuvo en cuenta la integración de los principales factores ambientales que definen la productividad y aptitud de las tierras y las limitantes ambientales que existen en el área. Para evitar y reducir los errores por falta de información el sistema se lo hizo multiplicativo hacia adentro de las limitantes ambientales y aditivo hacia las variables ambientales.

La Ecuación Revisada de la Erosión Eólica (RWEQ) es un modelo empírico desarrollado por el Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), que permite estimar la tasa diaria de pérdida de suelo por erosión eólica y obtener el efecto de condiciones variables de la superficie del suelo, la cubierta vegetal, las características del suelo, y el clima. Uno de los factores determinantes de la erosión eólica es la cobertura del suelo con residuos y/o vegetación en pie.

Para ello se ha desarrollado una gran cantidad de modelos de simulación, estos integran la información física con la información económica. Los modelos, en general, requieren de mucha información sobre el nivel de manejo de cada cultivo y las especificaciones de los insumos dentro de estos. Otro uso de los modelos es la predicción de la respuesta de las cualidades del suelo. Existen dos enfoques de modelación: a) *Modelación empírica / estadística* tiene como objetivo crear una predicción generalizada, a partir de una cantidad de datos puntuales estimando, además, la probabilidad de acierto. La aplicación más común de la modelación estadística es la predicción de rendimientos, para la cual se cuantifica la relación entre la variable dependiente (rendimiento) y los factores de producción (variables independientes), tanto de los recursos naturales (características de suelos) como las opciones de manejo (por ejemplo cantidad de fertilizante). Un ejemplo de modelación empírica/estadística es el USLE, que toma información controlada y observada. b) *Modelación dinámica*: estos modelos calculan el rendimiento en base a procesos que controlan el crecimiento durante el período de desarrollo, como procesos de transporte en el sistema suelo-agua-planta, transpiración, respiración, asimilación, etc. Un ejemplo es CERES-maíz., es un modelo predictivo, determinístico, diseñado para simular el crecimiento del maíz de acuerdo a la dinámica del agua, de la temperatura y del nitrógeno, a escala de campo, para una estación de crecimiento.

En el área de Llanuras Medanosas los estudios de evaluación de tierras son escasos y puntuales, podemos citar el trabajo realizado por la Universidad Nacional de Río Cuarto en 1986 denominado Zonificación y Descripción de la Tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba), este trabajo describe y define la unidad catastral N°36 (Paunero-Washington) como un área compuesta por medanos vivos y fijos de relieve normal con pendientes muy largas y gradientes de hasta 1,5%. Los valores indicativos de la aptitud de las tierras (VIART) es para la unidad planicie entre médanos 342 puntos y para las áreas medanosas 144,5 puntos. Los valores de VIART oscilan entre 250-1000 para tierras agrícolas y entre 0-250 para tierras no agrícolas.

El trabajo llevado a cabo en conjunto por la Dirección de Medio Ambiente de la Provincia de Córdoba y el INTA-MANFREDI, "*Recursos naturales de la provincia de Córdoba*". *Los suelos*" Nivel de reconocimiento 1:500.000 (Gorgas y Tassile, 2003) define la zona bajo estudio como Área ecológica homogénea V, Zona 12, incluyendo una descripción de los suelos más representativos de la región, agrupándolos por medio de la Clasificación por Capacidad de Uso de Suelos (USDA) y dando recomendaciones de uso y manejo específicas para cada clase de tierras.

Otros antecedentes son los Relevamientos semidetallados realizados por el Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Córdoba (Convenio INTA-Gobierno de Córdoba) correspondientes a la serie "*Carta de Suelos de la Republica Argentina*" y los Relevamientos detallados de los campos que integran los CREA (Consortios Regionales de Experimentación Agrícola) Villa Valeria, Pincen, Huinca Renanco- Del Campillo. Se utilizaron imágenes LANDSAT a escala 1:200.000.

Por último en el "*Atlas de Suelos de la Republica Argentina*"- Tomo I- (INTA, 1990) se describen las unidades de tierras de la Provincia de Córdoba, se caracterizan sus suelos y se realizan interpretaciones utilitarias como la Capacidad de uso de las tierras (USDA), el Índice de Productividad (IP) y el Sistema de Evaluación de Tierras con Fines Agrarios (SETFA).

### **III- HIPOTESIS**

- 1) Las tierras ubicadas en el área de Washington (Hoja 3366-36-4) presentan desajustes entre el uso potencial y actual como consecuencia de la susceptibilidad a la erosión que poseen.
- 2) Las tierras de la región bajo estudio presentan aptitud para la producción de soja, girasol y alfalfa.

#### **IV- OBJETIVOS**

Los objetivos a alcanzar en el trabajo son:

- 1) Caracterizar las unidades de tierras;
- 2) Evaluar el uso actual de las tierras;
- 3) Determinar el uso más apropiado de las tierras, contemplando sus potencialidades y limitaciones;
- 4) Elaborar un mapa preliminar de unidades homogéneas de tierras a escala de semidetalle (1:50000);
- 5) Evaluar la aptitud de las tierras para los cultivos de soja, girasol y alfalfa.

## V- MATERIALES Y METODOS

### V.1- Características generales del área de estudio

Geográficamente se encuentra comprendida entre los paralelos  $33^{\circ} 50'$  y  $33^{\circ} 60'$  de Latitud sur y los paralelos  $64^{\circ} 30'$  y  $64^{\circ} 45'$  de longitud oeste.

La zona de trabajo se encuentra 10 Km al Oeste de la localidad Vicuña Mackenna, se llega por la Ruta Internacional N 7°, esta localidad se encuentra 100 Km al Sur de la ciudad de Río Cuarto por la Ruta Nacional N° 35. La elección de esta área se debe a la necesidad de información específica por parte de la comunidad rural y del autor.



**Fig. N° 1: Mapa de ubicación del área de estudio**

## V.2- Metodología

Se utilizaron las bases conceptuales aplicadas por el **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO, 1976), que se basan en los siguientes principios:

El sistema tiene una marcada orientación utilitaria, lo cual significa que la tarea de evaluación debe ser hecha con respecto a tipos específicos de utilización de la tierra, por cuanto, como es lógico suponer, los usos difieren de acuerdo con los requerimientos ecológicos, significando ello que una misma unidad de tierra pueda presentar aptitudes diferentes para un número determinado de usos. La evaluación económica requiere del análisis costo-beneficio, como proceso necesario para la comparación de los insumos exigidos y los beneficios obtenidos, pero con una concepción social y ecológica. La evaluación de tierras requiere de un enfoque multidisciplinario debido a los diferentes aspectos, tanto físicos, socioeconómicos, agronómicos y tecnológicos que convergen en tal tarea. La evaluación se realiza para escenarios específicos, razón por la cual debe tomarse en consideración no solo el contexto local y global del área determinada, sino que además debe tomarse en cuenta las relaciones que puedan darse a otros niveles. La evaluación debe considerar el rendimiento sostenido, con lo cual se busca mantener o mejorar las características y cualidades de las unidades de tierra, minimizando la degradación. Finalmente la evaluación requiere la consideración, con fines de comparación, de dos o más usos, los cuales pueden ser totalmente diferentes o variar en relación con el tipo de manejo. Siendo enumerados los principios, serían:

- a) La aptitud de las tierras se evalúa y clasifica con respecto a clases específicas de utilización;
- b) la evaluación exige una comparación de los beneficios obtenidos y de los insumos necesarios para tales beneficios;
- c) la evaluación requiere de una solución multidisciplinaria;
- d) la evaluación se hace en el contexto físico, económico y social;
- e) la determinación de la aptitud de una tierra se hace sobre la base de la sustentabilidad;
- f) la evaluación se hace para más de un uso.

Basados en estos principios el procedimiento para realizar la evaluación de tierras se divide en:

- 1) Realizar consultas iniciales de acuerdo con los objetivos a evaluar. Obtener datos e información sobre los que ha de basarse la evaluación.
- 2) Descripción de las clases de usos de las tierras que deben considerarse y estipulación de los requerimientos.
- 3) Descripción de las unidades cartográficas de tierras y definición de las cualidades de las tierras.
- 4) Comparación de las clases de uso de tierra con los tipos de tierras presentes.
- 5) Evaluación económica y social.
- 6) Clasificación de aptitud de tierras.
- 7) Presentación de los resultados de la evaluación de mapas, tablas y gráficos.

La observación de los principios expuestos en los párrafos precedentes es acompañada por el claro establecimiento de los objetivos, la formulación o elaboración de las hipótesis y la selección de los procedimientos y métodos a ser aplicados durante la investigación, todo lo

cual se encuadra en cuestiones fundamentales: a) Los niveles de intensidad del estudio y b) Las soluciones globales o procedimientos que pueden ser aplicados. Los niveles de intensidad o tipos de levantamientos contemplados por el esquema FAO son tres: *Nivel de reconocimiento*: fundamentalmente se hace un inventario general de los aspectos físicos y socioeconómicos, como base para la consideración de aptitudes a escalas regionales o macro regionales. En un estudio a nivel de reconocimiento la evaluación de tierras es fundamentalmente física, contrastándose los rendimientos de los diversos usos y la adecuación de las unidades de tierras. *Nivel semidetallado*: los objetivos específicos, fijados previamente, exigen un estudio más profundo de las condiciones físico- naturales y socioeconómicas. La consideración de los aspectos económicos forman parte importante de los estudios a este nivel. *Nivel detallado*: la consideración de los aspectos que intervienen en la definición de unidades de tierra (UT) y de los tipos de utilización (TUT) debe ser lo más exhaustivo posible, mientras la evaluación final se sustentará en el análisis costo-beneficio. El esquema de la FAO contempla dos procedimientos como soluciones globales, los cuales deben conducir a la obtención de idénticos resultados, y la adopción de uno u otro procedimiento puede ser el producto de la conveniencia del equipo multidisciplinario que realiza la evaluación. Se tiene como alternativas dos soluciones: a) Solución bifásica o bietápica: en una primera etapa del proceso de evaluación se efectúa el inventario de los recursos, considerando, como es lógico, el uso actual de la tierra. La consideración de los componentes ambientales estará en función de los requerimientos de cada uno de los usos que intervienen en la evaluación, de esta manera particular se fijarán los estudios físicos requeridos y concentra la atención en aspectos específicos, evitando la dispersión de esfuerzos en componentes secundarios o superfluos. En la segunda etapa los esfuerzos se concentrarán en los aspectos agro-socio-económicos y, a través del análisis costo-beneficio, se podrá seleccionar el uso de la tierra más acorde con las características y cualidades de las unidades de tierra. b) Solución monofásica o paralela: en esta solución el análisis de la información físico-natural, y la consideración y análisis de la información socioeconómica se realiza simultáneamente, lo que permite ajustes de la información recabada. A pesar que ambas soluciones deben producir resultados similares (FAO, 1976), la solución bifásica origina resultados más acabados y precisos, aunque el tiempo requerido sea mayor. La solución monofásica o paralela es ideal, de acuerdo con lo anterior en aquellos casos en que se desean obtener resultados en menor tiempo.

El sistema FAO considera como aptitud, la capacidad o adaptabilidad de una determinada unidad de tierras para soportar, con rendimiento sostenido y durante largos períodos, un uso definido; la aptitud de la tierra puede considerarse en su estado actual o después de ser efectuadas las mejoras que se requieren para alcanzar un nivel productivo. El proceso de evaluación de las tierras en diferentes aptitudes, constituye la agrupación de áreas o tierras en función de su adaptabilidad para usos definidos; se realiza partir de tablas de conversión que permiten la contrastación de las características y cualidades de las unidades de tierras con las exigencias agroecológicas y de manejo de los tipos de utilización de la tierra.

El sistema plantea cuatro niveles jerárquicos de clasificación: Ordenes, Clases, Subclases y Unidades (FAO,1976). *Ordenes*: en líneas generales indican si una tierra ha sido evaluada como apta o no apta para el uso objeto de estudio. Existen dos ordenes, representados en los mapas, cuadros, etc., por los símbolos A y NA, respectivamente. El Orden A (apta) agrupa aquellas tierras en las cuales del uso considerado se espera que rinda beneficios sostenidos, durante largos períodos. El Orden NA (no apta) contempla tierras que poseen características o cualidades que limitan o impiden el rendimiento sostenido del tipo de utilización considerado como objeto de evaluación. *Clases*: reflejan grados de adaptabilidad, las cuales se enumeran consecutivamente, mediante cifras arábigas, en una secuencia de aptitudes de

grado descendente pertenecientes al Orden A. De este modo el esquema de evaluación recomienda tres clases, ellas son: Clase A 1 (altamente apta) aglutina tierras que aparentemente no tienen limitaciones para la aplicación sostenida de un uso determinado. Clase A2 (moderadamente apta) agrupa tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida de un uso determinado. Clase A3 (marginalmente apta) contempla unidades de tierra con limitaciones graves que impiden un rendimiento sostenido del uso propuesto. *Subclase*: reflejan tipos de limitaciones, por lo tanto el número reconocido de subclases y las limitaciones elegidas para distinguirlas podrán adecuarse al nivel de la evaluación planteada, a los usos en consideración o a los objetivos fijados. El número de subclases debe mantenerse en un número mínimo que permita distinguir, satisfactoriamente, las tierras pertenecientes a una clase. Se recomienda utilizar, en el símbolo empleado para una subclase, el menor número posible de limitaciones, por tanto una o, eventualmente, dos letras bastarán para la diferenciación. *Unidades*: son subdivisiones de una clase, las cuales tienen el mismo grado de aptitud a nivel de clase y características análogas de limitación a nivel de subclases. Las unidades difieren entre sí con base en sus niveles de producción, o en aspectos secundarios como en sus exigencias de manejo.

Para aplicar esta metodología primero hubo que caracterizar y determinar las aptitudes de las unidades de tierras para ello se realizaron la siguientes actividades, las cuales se sintetizan en la figura N°2 (Gonzalez, 1996).

En la fase preliminar se caracterizó las unidades homogéneas de tierras en base a fotointerpretación y geomorfología, para ello se recurrió a la información disponible de la zona (material bibliográfico, cartográfico).

A través de la interpretación de la carta topográfica Washington, análisis digital y visual de imágenes satelitales Landsat TM (banda 7-2-1), se elaboró el mapa preliminar (Gonzalez, 1996).

Por otro lado, se recopilaron datos climáticos como lluvias diarias, temperaturas mínimas y máximas, radiación solar de la estación climatológica que posee la Facultad de Agronomía y Veterinaria en la localidad de Vicuña Mackenna con los cuales se llevó a cabo la caracterización climática.

Posteriormente se realizó un reconocimiento a campo, para verificar las unidades homogéneas de tierras y sus límites, realizando la descripción de los perfiles de suelos y la extracción de las muestras correspondientes. La descripción morfológica y funcional de los perfiles de suelos se realizó de acuerdo a Etchevehere (1976).

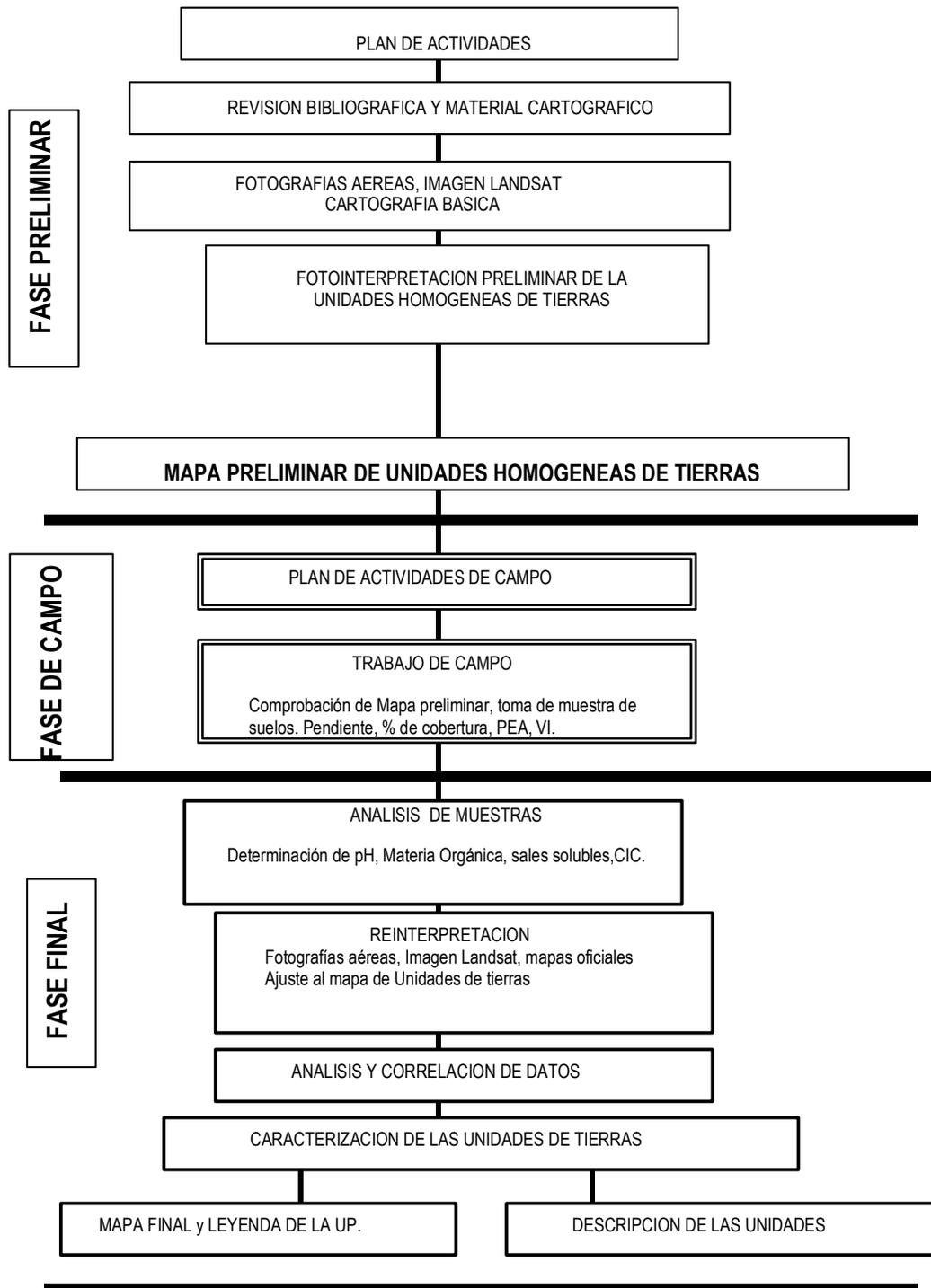
En laboratorio se llevo a cabo el análisis de las muestras obtenidas a campo; se determinó pH por el método potenciométrico, (Jackson, 1964), materia orgánica por el método Walkley-Black (Allison, 1965), y color mediante la Tabla de Munsell (Soil Color Charts), Para la determinación de Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, capacidad de intercambio catiónico, saturación con bases, se utilizó la metodología del Soil Conservation Service (USDA, 1984).

En una posterior etapa de gabinete se procesó toda la información obtenida en las etapas anteriores y se elaboró el mapa de tierras definitivo a escala 1:50.000 (semidetalle), el cual se digitalizó con el Software Arcview 3.2.

En la etapa final se procedió a la reinterpretación de las imágenes Landsat con el objetivo de ajustar el mapa preliminar de unidades homogéneas de tierras a lo verificado a campo. Con la definición de las unidades cartográficas y sus cualidades se definieron los requerimientos para usos: agrícola y pastoril. Dentro del uso agrícola evaluaremos el comportamiento de los

siguientes cultivos: soja y girasol y en el caso del uso pastoril, alfalfa por la metodología propuesta por FAO (1976). La evaluación pastoril se encamino a estimar la producción potencial de materia seca por hectárea y por año para cada unidad de tierra (Mendia *et al.*, 1993 y De Wit, 1965).

Para realizar el mapa de uso actual se procedió a recorrer los caminos vecinales del área recopilando información de los cultivos implantados por lote y georreferenciandolos mediante un equipo de GPS. Una vez realizada la caracterización de las tierras y definida su aptitud y por otra parte establecido los usos y sus requerimientos se procedió a realizar la confrontación de aptitud versus requerimientos estableciéndose las aptitudes de la tierras y los conflictos de uso. La obtención de los mapas de conflicto requiere la aplicación de la función “intercepción” de los mapas de oferta y demanda y posterior reclasificación del mismo Esta información se volcó en mapas de uso actual de las tierras, mapa de conflictos, todo a escala 1:50000 y georreferenciados en el sistema Gauss Kruger.



**Fig. N°2: Metodología para caracterizar unidades de tierras.**

## VI- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### VI.1- Caracterización climática

En el área de la hoja topográfica Washington no funciona ninguna estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional., por ello para describir el régimen pluviométrico y térmico se recurrió a la información recogida por la Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna que funciona desde el 10 de septiembre de 1993. La misma registra datos de radiación solar, temperatura máxima, media y mínima del aire y precipitación en 24 hs.

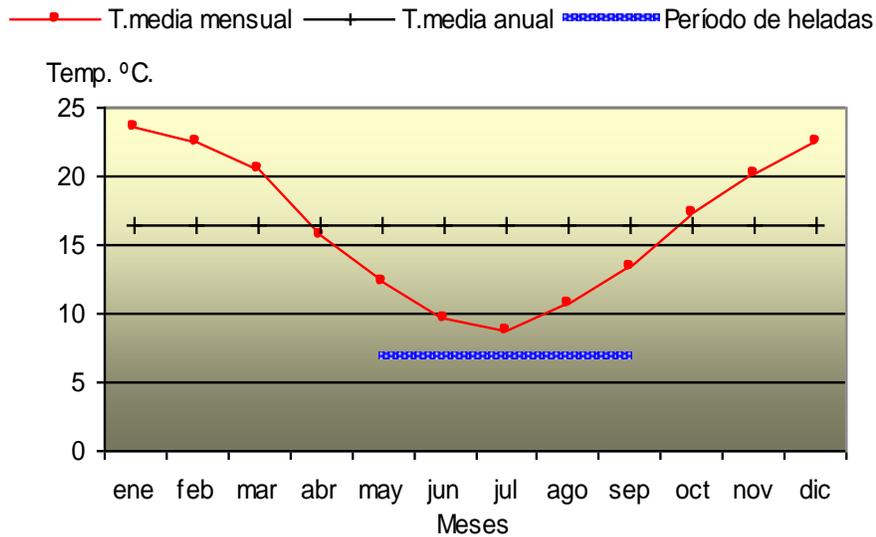
#### VI.1.1- Régimen Térmico

Los datos de temperaturas consignados en el siguiente cuadro caracterizan el clima como templado, sin gran amplitud térmica anual. La temperatura media anual es de 16,5°C. Las heladas en la zona de estudio comienzan en Marzo-Abril y terminan en Agosto-Septiembre.

En el Tabla N° 2 se muestran valores y características del régimen térmico en el área que comprende la hoja Washington.

**TABLA N°2: VALORES MEDIOS DE TEMPERATURAS Y HELADAS (1994-2004). ESTACION METEOROLOGICA DE LA UNRC EN VICUÑA MACKENNA.**

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
t.media °C	23,6	22,5	20,5	15,7	12,4	9,6	8,7	10,7	13,4	17,3	20,2	22,5	16,5
Heladas	Primeras heladas				Ultimas heladas				Período libre de heladas				
	Fecha Media				Fecha Media				228 días				
	30 de Abril				23 de Septiembre								



**Fig. N°3: Temperaturas medias mensuales y período de heladas (1994-2004). Estación meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna.**

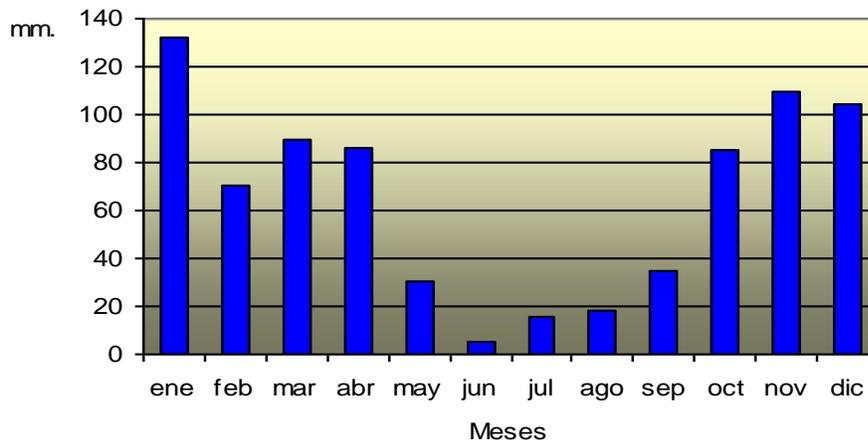
#### VI.1.2- Régimen pluviométrico

Es de notar que las precipitaciones poseen una mayor concentración estival, tendiendo a un régimen de tipo monzónico (Figura N° 4).

Los valores medios de precipitación no representan en forma adecuada el valor más frecuente de lluvias por estar muy influenciados por los extremos, dada la gran variedad del fenómeno y más aún en períodos de tiempo corto como es el mes, Tabla N° 3.

**TABLA N°3: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (EN MM). ESTACION METEOROLOGICA DE LA UNRC EN VICUÑA MACKENNA.**

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
<b>Prec. Media (mm)</b>	131,8	70,6	89,1	86,3	30,5	5,4	15,7	17,8	34,7	85,1	109,4	104,4	780,8



**Fig. N°4: Precipitación media mensual. Estación meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna.**

### **VI.1.3- Balance hidrológico**

El dato de lluvia aislado no es suficiente para conocer el régimen hídrico de este lugar, por este motivo se confeccionó el siguiente balance hidrológico para conocer si la cantidad de agua que aportan las precipitaciones satisfacen las demandas que se dan en este ambiente y para determinados cultivos. El método empleado para confeccionar el balance hidrológico es el propuesto por Thornthwaite y Mather, Tabla N°4, estos autores proponen tablas de humedad del suelo según las distintas capacidades de retención. La capacidad de retención considerada para el suelo es de 150mm.

**TABLA N°4: BALANCE HIDROLOGICO MENSUAL. ESTACION METEOROLOGICA DE LA UNRC EN VICUÑA MACKENNA**

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
<b>Ept. (mm)</b>	136,3	105	94,6	54,5	34,8	21,6	19,5	29,5	44,5	76,2	100,7	128,9	846,4
<b>Pp. (mm)</b>	131,8	70,6	89,1	86,2	30,5	5,4	15,7	17,8	34,7	85,1	109,4	104,4	708,8
<b>P- EP (mm)</b>	-4,4	-34,4	-5,5	31,7	-4,2	-16,2	-3,7	-11,6	-9,8	8,8	8,6	-24,5	
<b>E- (P-EP) (mm)</b>	-274	-308	-314	-245	-249	-265	-269	-281	-290		-245	-269	
<b>Alm. (mm)</b>	119	106	104	132	130	125	121	117	113	122	132	121	
<b>A alm. (mm)</b>	-2	-13	-2	28	-2	-5	-4	-4	-4	9	10	-11	
<b>Etr. (mm)</b>	134	84	91	54	32	10	20	22	39	76	101	115	778
<b>Exceso (mm)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Déficit (mm)</b>	2	21	4	0	3	12	0	7	5	0	0	14	68

**Evapotranspiración potencial (Ept):** máxima evapotranspiración posible bajo las condiciones del lugar, con suelo saturado de agua y una completa cobertura vegetal.

**Precipitaciones (Pp):** las precipitaciones son una de las partes del ciclo del agua en la atmósfera. Este termino se emplea para indicar las distintas formas en que el agua cae y alcanza la superficie terrestre, como por ejemplo, llovizna, lluvia, nieve, granizo, etc.

**Precipitación menos Evapotranspiración potencial (P-EP):** permite estimar períodos de excesiva o insuficiente humedad. Un valor negativo de P-EP indica la cantidad de precipitación que falta para satisfacer las necesidades potenciales de agua del área y su vegetación. Un valor positivo de P-EP indica la cantidad de agua que excede, la que en cierto período del año sirve para la recarga de humedad del suelo y el escurrimiento.

**Sumatoria de los valores negativos de P-EP [E-(E-EP)] o pérdida potencial de agua acumulada:** estos valores negativos representan una deficiencia potencial de agua, en un área seca el valor total anual de P-EP es superior al valor total de P-EP positivos.

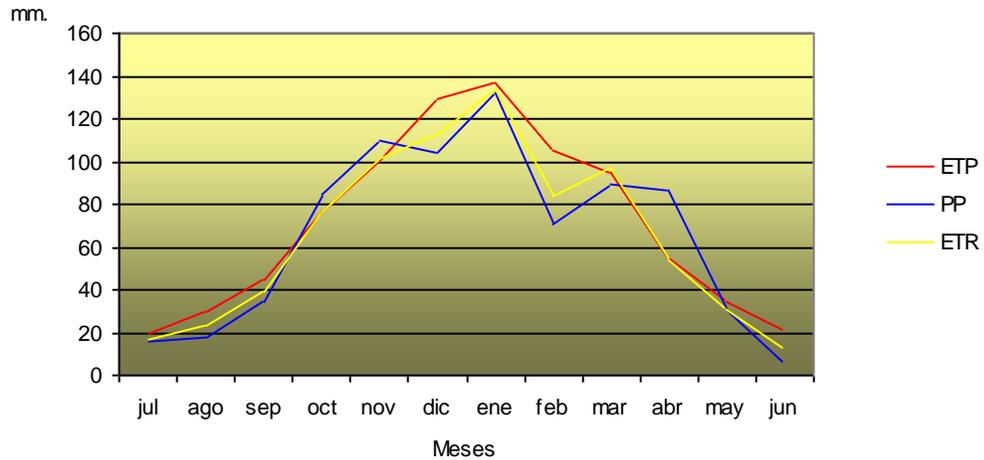
**Almacenaje (Alm):** es la cantidad de agua retenida en el suelo.

**Variación de agua almacenada en el suelo (A Alm):** esta variación de milimetraje hace referencia al agua proporcionada por el suelo cuando las necesidades de Etp no son suplidas por la precipitación.

**Evapotranspiración real (Etr):** evapotranspiración producida en condiciones reales teniendo en cuenta los variables niveles de humedad y que la cobertura vegetal no es siempre completa.

**Exceso de humedad (Exceso):** luego que el almacenaje de humedad alcanza la máxima capacidad de retención del suelo, cualquier excedente de precipitación se considera exceso de humedad.

**Deficiencia de humedad (Déficit):** diferencia entre milímetros existentes entre la Etp y la Etr. Son los milímetros de déficit para cada mes.

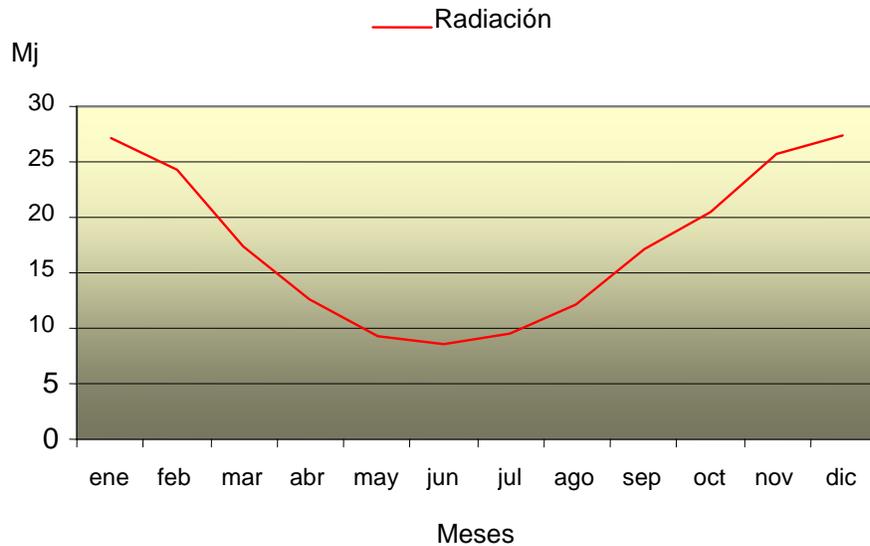


**Fig. N° 5: Balance hidrológico mensual. . Estación meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna.**

Del análisis del anterior balance hidrológico surge la existencia de un desequilibrio hídrico negativo entre la demanda de agua (ETP) y los aportes del suelo y la precipitación (68 mm de déficit anual). El déficit hídrico esta presente en 9 meses del año.

#### VI.1.4- Radiación solar

La radiación solar global, expresada como valores medios mensuales, muestra una relación proporcional a la duración del día típica, de esta latitud (Figura N°6). Estos valores a su vez pueden estar afectados por la posición del sitio respecto al azimut, y de la propia pendiente (Allen et al., 1991).



**Fig N°6: Radiación solar. Estación meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna.**

### **VI.1.5- El viento**

La inclusión de este elemento del clima en el análisis obedece a la importancia que posee en ambientes como el estudiado en el proceso erosivo del suelo, el viento es aire en movimiento en sentido horizontal y se origina por variaciones de la presión atmosférica en la superficie de la tierra. Para caracterizar el viento es necesario determinar su dirección, velocidad y frecuencia. En correlación con el movimiento de las masas de aire, las direcciones predominantes en el área son N-NE y S-SW (Burgos, 1973). Hay uniformidad regional en cuanto al momento de mayor intensidad, que se produce a la salida del invierno-comienzo de la primavera (meses de Agosto y Septiembre, hasta Noviembre y Diciembre). La primera parte de este ciclo ventoso es la más crítica para la estabilidad de los suelos, ya que a su vez coincide con un período de escaso aporte de precipitaciones, lo que conlleva a que los primeros centímetros del suelo estén secos y consecuentemente susceptibles a ser erosionados. La velocidad media mensual para este período oscila entre 10 a 16 km/hora.

### **VI.1.6- Aspectos hidrográficos**

El agua subterránea de la región se encuentra alojada en el acuífero libre (primera napa) o en acuíferos más profundos (confinados y semiconfinados) el acuífero libre o freático es aquel que se encuentra más cercano a la superficie y se recarga principalmente por infiltración de agua de lluvias. Las aguas subterráneas revisten gran importancia, tanto para el abastecimiento de las poblaciones como en su aprovechamiento en la producción agropecuaria.

Con referencia a las corrientes superficiales permanentes tan solo se observa en todo el ámbito de la hoja un curso correspondiente al arroyo “El Ají” que penetra en el área de estudio por el NE de la misma y sigue con rumbo aproximado NNO-SSE, en un curso que ha sido sistematizado en parte por el hombre, actualmente se encuentra canalizado, se une con el arroyo “El Gato”, luego con el canal “Devoto”, pasa por las grandes lagunas y se juntan con el “Río Cuarto” al este de La Carlota (canal “La Brava”).

#### **FOTO N°1: ARROYO EL AJI. RUTA N°7 KM 590.**



Todo el recorrido del arroyo “El Ají” dentro de la hoja topográfica Washington ha sido sistematizado por la mano del hombre. En la anterior fotografía su curso es W-E paralelo a la Ruta N° 7.

**FOTO N°2: EROSION DE MARGENES DEL ARROYO EL AJI.**



La actividad humana en los márgenes del arroyo “El Aji” ha generado su desestabilización lo cual genera erosión y arrastre de grandes volúmenes de suelo.

## VI.2- Caracterización de las unidades de tierras

Para la hoja topográfica Washington (Hoja 3366-36-4) con una superficie total de 45.329,35 hectáreas se han caracterizado las siguientes unidades de tierras las mismas de pueden observar en el Mapa N° 1.

### VI.2.1- Planicie medanosa semi-estabilizada

Esta primera unidad se encuentra asociada a relieves muy suavemente ondulados modelados sobre materiales arenosos francos que corresponden a áreas de antiguos medanos estabilizados, cuenta con un relieve normal con una pendiente inferior al 1% (clase 1). Sus suelos son poco desarrollados algo excesivamente drenados, presentando una capa arable de 10 cm de espesor (horizonte A) color en húmedo (10YR3/ 3) pardo oscuro y (10YR4/ 3) pardo a pardo oscuro en seco y estructura en bloques subangulares de grado débil. La estructura del horizonte superficial determina una alta susceptibilidad a la desagregación tanto por efecto del viento como de la gota de lluvia requiriendo entonces prácticas de manejo tendientes a la conservación. Hacia abajo pasa gradualmente (horizonte de transición AC) al material originario que se encuentra a una profundidad de +31 cm. En esta unidad se evidenciaron las mayores consecuencias de la erosión eólica asociada a lotes desprovistos de cobertura provenientes de sistemas de cultivos con escasos aportes de rastrojos. La superficie ocupada por esta unidad es de 10.941,24 hectáreas (24,14%).

**TABLA N°5: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO: PLANICIE MEDANOSA SEMI-ESTABILIZADA.**

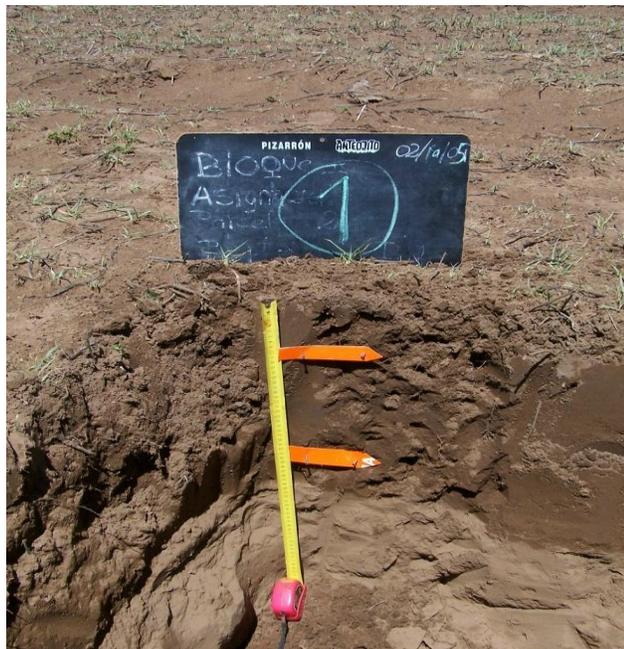
Horizonte	A	AC	C
Prof. Muestra (cm)	10	10-31	+31
M.O. (%)	1,55	0,75	-
Arcilla	8.1	7.9	
Limo	16.1	15.8	
Arena	75.8	76.3	
pH en agua 1:2,5	6	6,3	-
Cationes/cambio (cmol/kg)			
Ca <sup>++</sup>	6.9	5.5	-
Mg <sup>++</sup>	0.4	0.5	-
Na <sup>+</sup>	0.2	0.2	-
K <sup>+</sup>	1.6	1.6	-
H <sup>+</sup>			
CE (ds/m)	0,82	0,13	-
Suma de Bases, me/100g (S)	9.1	7.8	-
C.I.C. me/100g. (T)	11.0	8.8	-
Sat. con bases (S/T), %	83	89	-

**FOTO N°3: PAISAJE PLANICIE MEDANOSA SEMI-ESTABILIZADA.**



Relieve suavemente ondulado y efectos de la erosión eólica sobre un lote con escasa cobertura.

**FOTO N°4: PERFIL TIPICO PLANICIE MEDANOSA SEMI-ESTABILIZADA.**



**VI.2.2- Planicie medanosa suavemente ondulada**

Esta segunda unidad se encuentra rodeada por medanos activos, esta desarrollada sobre materiales arenosos francos y cuenta con un permanente aporte de arenas desde dichos medanos, su relieve es normal, suavemente ondulado con una pendiente que oscila entre el 1-1,5% (Clase 2). Sus suelos profundos, poco desarrollados, algo excesivamente drenados presentando un horizonte superficial de 9 cm de espesor (horizonte A) de color en húmedo (10YR3/ 4) pardo grisáceo oscuro y (10YR5/ 3) gris parduzco claro en seco y estructura en bloques subangulares de grado débil. Muestran alta susceptibilidad a erosión eólica debido a la baja estabilidad de los agregados y al bajo contenido de materia orgánica, además la baja retención de humedad acentúa la limitación climática, derivada del régimen de precipitación

pluvial bajo el cual se encuentran. Aparece en forma gradual en profundidad el horizonte transicional AC ubicado entre los 9-25cm. El material originario se encuentra a los +25cm con estructura masiva (horizonte C). La superficie ocupada por esta unidad es de 8.977,98 hectáreas (19,81%).

**TABLA N°6: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO: PLANICIE MADANOSA SUAVEMENTE ONDULADA.**

Horizonte	A	AC	C
Prof. Muestra (cm)	9	9-25	+25
M.O. (%)	1,46	0,7	-
Arcilla	7.0	7.2	
Limo	15.3	15.5	
Arena	77.7	77.3	
pH en agua 1:2,5	6,5	5,8	-
Cationes/cambio (cmol/kg)			
Ca <sup>++</sup>	3.8	4.6	-
Mg <sup>++</sup>	0.6	0.7	-
Na <sup>+</sup>	0.1	0.04	-
K <sup>+</sup>	1.7	1.5	-
H <sup>+</sup>			
CE (ds/m)	0,13	0,36	-
Suma de Bases, me/100g (S)	6.2	6.5	-
C.I.C. me/100g. (T)	7.3	7.0	-
Sat. con bases (S/T), %	85	93	-

**FOTO N°5: PAISAJE PLANICIE MADANOSA SUAVEMENTE ONDULADA**



Relieve suavemente ondulado y cultivo de maíz recién implantado.

**FOTO N°6: PERFIL TIPICO PLANICIE MEDANOSA SUAVEMENTE ONDULADA.**



**VI.2.3- Planicie medanosa estabilizada**

Unidad de relieve normal, suavemente ondulado con una pendiente que oscila entre el 1-1,5% (clase 2). Sus suelos son profundos, poco desarrollados presentando un horizonte superficial de 12 cm de espesor (horizonte A) de color en húmedo (10YR4/ 3) pardo a pardo oscuro y (10YR5/ 2) gris parduzco claro en seco; (textura más gruesa al tacto que el resto de las unidades) y estructura en bloques subangulares de grado débil, presenta el contenido de materia orgánica más importante de las unidades relevadas. Es seguido en profundidad de un horizonte transicional AC que aparece en forma gradual ubicado entre los 12-34 cm. El material originario aparece a los +34 cm con estructura masiva (horizonte C). La superficie ocupada por esta unidad es de 3.694,15 hectáreas (8,15%).

**TABLA N°7: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO: PLANICIE MEDANOSA ESTABILIZADA.**

Horizonte	A	AC	C
Prof. Muestra (cm)	12	12-34	+34
M.O. (%)	2.15	0,8	-
Arcilla	9.0	7.3	
Limo	17.2	15.0	
Arena	73.8	77.7	
pH en agua 1:2,5	6,5	6,27	-
Cationes/cambio (cmol/kg)			
Ca <sup>++</sup>	6.7	5.6	-
Mg <sup>++</sup>	0.4	0.4	-
Na <sup>+</sup>	0.2	0.2	-
K <sup>+</sup>	1.5	1.4	-
H <sup>+</sup>			
CE (ds/m)	0,83	0,12	-
Suma de Bases, me/100g (S)	8.8	7.6	-
C.I.C. me/100g. (T)	10.6	8.4	-
Sat. con bases (S/T), %	83	90	-

**FOTO N° 7: PAISAJE PLANICIE MEDANOSA ESTABILIZADA.**



Relieve suavemente ondulado característico de la unidad en un lote proveniente de cultivo de maní bajo pastoreo.

**FOTO N°8: PERFIL TIPICO PLANICIE MEDANOSA ESTABILIZADA.**



**VI.2.4- Planicie medanosa ondulada**

Unidad de relieve normal, suavemente ondulada con pendientes cortas en diferentes direcciones con una inclinación 2-2,5% (Clase 2). Presenta suelos algo excesivamente drenados, desarrollados sobre materiales arenosos y se encuentra vinculado a las lomadas con distinto porcentaje de cubetas medanosas estabilizadas. La capa arable (horizonte Ap) de 12 cm de espesor, color en húmedo (10YR4/ 3) pardo a pardo oscuro y (10YR5/2) gris parduzco claro en seco, estructura en bloques subangulares grado débil y escaso contenido de materia orgánica. Hacia abajo pasa gradualmente (horizonte transicional AC) al material originario que se encuentra a una profundidad de 35 cm (horizonte C). La capacidad de uso de estos suelos se encuentra limitada por la baja retención de humedad y el clima. La superficie ocupada por esta unidad es de 5.620,37 hectáreas (12,4%).

**TABLA N°8: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO PLANICIE MEDANOSA ONDULADA.**

Horizonte	A	AC	C
Prof. Muestra (cm)	12	12-35	+35
M.O. (%)	1,08	0,56	-
Arcilla	6.9	7.0	
Limo	14.5	14.8	
Arena	78.6	78.2	
pH en agua 1:2,5	6,2	6	-
Cationes/cambio (cmol/kg)			
Ca <sup>++</sup>	4.8	5.7	-
Mg <sup>++</sup>	0.7	1.0	-
Na <sup>+</sup>	0.2	0.1	-
K <sup>+</sup>	1.8	1.3	-
H <sup>+</sup>			
CE (ds/m)	0,15	0,07	-
Suma de Bases, me/100g (S)	7.5	8.1	-
C.I.C. me/100g. (T)	9.4	9.0	-
Sat. con bases (S/T), %	80	90	-

**FOTO N° 9: PAISAJE PLANICIE MEDANOSA ONDULADA.**



Formación medanosa estabilizada, es una imagen que se repite en esta unidad.

**FOTO N<sup>o</sup>10: PERFIL TIPICO PLANICIE MEDANOSA ONDULADA.**



#### **VI.2.5- Planicie medanosa vinculada a lomas planas**

Relieve normal/subnormal, pendientes de -1% de inclinación (Clase 0). Los suelos de esta unidad son originados a partir de sedimentos eólicos de textura arenosa, vinculados a áreas muy suavemente onduladas a planas, algo excesivamente drenados. Son suelos profundos, poco desarrollados que presentan un horizonte A de 12 cm. de espesor de color en húmedo (10YR3/ 3) pardo oscuro y (10YR5/2) gris parduzco claro en seco de estructura en bloques subangulares grado débil escasamente provistos de materia orgánica. Hacia abajo pasa gradualmente hacia el material originario que se encuentra a una profundidad de 34 cm. La superficie ocupada por esta unidad es de 15.059,20 hectáreas (33,22%).

**TABLA N°9: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO: PLANICIE MEDANOSA VINCULADA A LOMAS PLANAS.**

Horizonte	A	AC	C
Prof. Muestra (cm)	12	12-34	+34
M.O. (%)	1,12	0,71	-
Arcilla	7.3	7.1	
Limo	15.3	15.1	
Arena	77.4	77.8	
pH en agua 1:2,5	6,1	6,2	-
Cationes/cambio (cmol/kg)			
Ca <sup>++</sup>	4.5	5.2	-
Mg <sup>++</sup>	0.6	0.7	-
Na <sup>+</sup>	0.1	0.08	-
K <sup>+</sup>	1.6	1.3	-
H <sup>+</sup>			
CE (ds/m)	0,10	0,08	-
Suma de Bases, me/100g (S)	6.8	7.28	-
C.I.C. me/100g. (T)	7.3	7.9	-
Sat. con bases (S/T), %	93	92	-

**FOTO N°11: PAISAJE PLANICIE MEDANOSA VINCULADA A LOMAS PLANAS.**



Relieve normal-subnormal característico de la unidad en un lote con cultivo de soja.

**FOTO N°12: PERFIL TIPICO. PLANICIE MEDANOSA VINCULADA A LOMAS PLANAS.**



**VI.2.6- Médanos**

Relieves cóncavo/abrupto, pendientes de graduación y dirección variable. En esta unidad se incluyen médanos vivos, cuyo funcionamiento tiene una dinámica asociada a los ciclos climáticos, en los períodos secos tienden a activarse y a avanzar sobre las planicies, en ciclos húmedos a cubrirse de vegetación y estabilizarse. Los médanos estabilizados son aquellos en los cuales la vegetación impide el movimiento de partículas en base a su sistema radicular y la protección de la superficie por su follaje, el uso inadecuado de los pastizales en médanos estabilizados tiende a renovar su dinámica erosiva. Los médanos son verdaderos focos de desertificación. La superficie ocupada por esta unidad es de 947,4 hectáreas (2,09%).

**TABLA N°10: DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO: MEDANOS.**

Horizonte	AC	C
Prof. Muestra (cm)	0-30	90-110
M.O. (%)	0,40	0,130
Arcilla	2.24	1.02
Limo	14.17	8.38
Arena	87.78	92.66
pH en agua 1:2,5	6,5	7,3
Cationes/cambio (cmol/kg)		
Ca <sup>++</sup>	4.00	
Mg <sup>++</sup>	0.50	
Na <sup>+</sup>	0.13	0.20
K <sup>+</sup>	0.97	0.51
H <sup>+</sup>		
CE (ds/m)		
Suma de Bases, me/100g (S)	5.6	
C.I.C. me/100g. (T)		
Sat. con bases (S/T), %	100.00	

**FOTO N°13: VISTA DE UN MEDANO CON DIFERENTE GRADO DE ESTABILIZACION EN WASHINGTON, CORDOBA.**



### **VI.2.7- Lagunas**

Por lo general ocupan las cubetas de deflación de los médanos, que al llegar a la freática se transforman en lagunas con carácter de permanentes. No tienen conexión entre ellos por lo que constituyen verdaderos sistemas cerrados. La tipología de aguas de las lagunas es variable dependiendo fundamentalmente de la composición de la aguas freáticas, la mayoría de las grandes lagunas tienen diverso grado de salinidad y composición geoquímica entre bicarbonatadas sódicas y sulfatadas sódicas, y solamente son de aguas no salinas las alimentadas por aguas de lluvias, sin conexión con las freáticas. Desde el punto de vista ecológico, son refugios de flora y fauna específica. La superficie ocupada por esta unidad es de 89,01 hectáreas (0,20%).

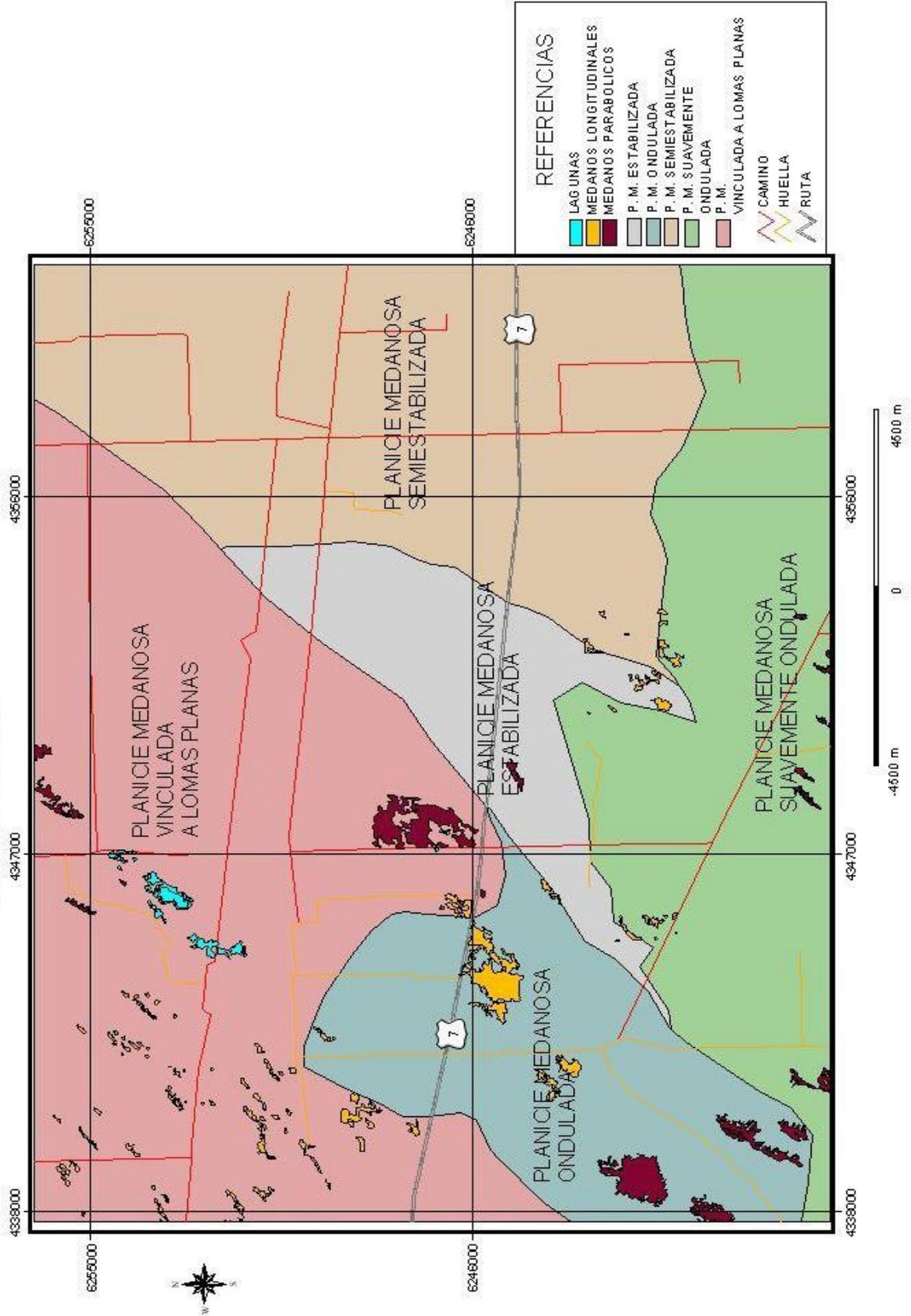
#### **FOTO N°14: MEDANO CON CUBETA DE DEFLACIÓN, CON LAGUNA PERMANENTE ASOCIADA.**



En general se apreciaron situaciones dispares en cuanto al contenido de materia orgánica; el mismo decrece rápidamente en profundidad. Estos suelos poseen una baja capacidad de intercambio catiónico lo cual conspira contra su fertilidad natural, la cual, depende exclusivamente de la disponibilidad hídrica dada por las precipitaciones y el aporte de la napa freática. Sus características texturales determinan que sean excesivamente drenados y de escurrimiento rápido no sufriendo problemas de anegamiento a lo largo del año. Esta baja capacidad de retención de humedad lo hace susceptibles a sequías. El horizonte AC de los perfiles descritos presenta similitud en su color (10YR5/ 2) en seco. La capacidad de uso de estos suelos esta limitada por la baja retención de humedad y el clima. Estas limitaciones se presentan en grado alto no obstante los suelos son utilizados tanto en agricultura como en ganadería. No presenta otros impedimentos físicos ni químicos que afecten el crecimiento de las plantas.

MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES  
 HOJA WASHINGTON PROVINCIA DE CORDOBA  
 HOJA 3366-36-4

MAPA N° 1



### **VI.3- Estimación de la producción primaria potencial de las tierras**

La capacidad de pastoreo se define como la máxima carga animal posible sin ocasionar pérdidas irreversibles en la vegetación (Mendia et al. 1993).

La determinación de la capacidad de pastoreo es la medida más difícil de todas las que se realizan en los pastizales, debido a las grandes variaciones en las condiciones climáticas, de vegetación, de suelo y especies animales.

El método planteado por Mendia (1993) consiste en la estimación de la productividad potencial de la superficie para pastoreo (**PPTP**), expresada en kilogramos de materia seca útil por año y por hectárea para cada unidad de tierra.

El método es paramétrico, multiplicativo, inductivo y cuantitativo que incorpora variables bioclimáticas y edáficas.

La ecuación fundamental es:

$$\mathbf{PPTP = PPP \times FE \times FU \times FIF \text{ (kg MS útil/ha/año)}}$$

Siendo:

**PPP**= Productividad potencial primaria (kg MS total/ha/año).

**FE**= Factores edáficos (Profundidad efectiva, textura, pedregosidad, pendiente y materia orgánica).

**FU**= Factor de utilización (tiempo y costo energético para circular sobre la unidad).

**FIF**= Factor de interés forrajero (Preferencia, palatabilidad, accesibilidad).

#### **VI.3.1- Productividad Potencial Primaria**

La **PPP** tiene en cuenta factores climáticos como temperatura, radiación solar, y precipitaciones.

$$\mathbf{PPP = RG \times PC \times EER \text{ (kg MS TOTAL/ha/año)}}$$

Donde:

**RG**= Radiación global (cal/cm<sup>2</sup>/día).

**PC**= Período de crecimiento. Número de días con humedad edáfica aprovechable y temperatura del suelo mayor a 8°C.

**EER**= Eficiencia energética relativa de la comunidad herbácea (grs/kcal).

Para la determinación del período de crecimiento (**PC**) y la radiación global (**RG**) se utiliza la información obtenida por la Estación Meteorológica de la UNRC en Vicuña Mackenna, Dpto. Río Cuarto, Córdoba.

Previo al cálculo de la Eficiencia Energética Relativa (**EER**) fue necesario determinar la producción bruta de materia seca (**Yo**) y para ello se utilizó el método de De Wit (1965), que se basa en el nivel de radiaciones activas de onda corta recibidas en condiciones tipo.

$$Y_o = F \times y_o + (1-F) \times y_c$$

Donde:

**Yo**= Producción bruta de materia seca de la vegetación.

**F**= Fracción de tiempo, desde la salida a la puesta del sol, en que está nublado.

**yo**= Tasa de producción bruta de materia seca de la vegetación para un lugar dado en un día completamente nublado.

**yc**= Tasa de producción bruta de materia seca de la vegetación para un lugar dado en un día completamente despejado.

$$F = (R_{se} - 0,5 R_s) / 0,8 R_{se}$$

Donde:

**Rse**= Máxima radiación activa de onda corta en días despejados (cal/cm<sup>2</sup>/día).

**Rs**= Radiación real medida de onda corta (cal/cm<sup>2</sup>/día).

Los valores de **Rse**, **Rs**, **yc** e **yo** se obtienen de la tabla confeccionada por De Wit (1965) que considera como dato de entrada la latitud.

La tabla N° 9 muestra los valores de los distintos factores para calcular la **PPP**.

**TABLA N°11: RESUMEN DE VALORES CALCULADOS PARA ESTIMAR LA PPP.**

	PP TOTAL	R TOTAL	N° días T <sup>o</sup> -8c	R GLOBAL	PC	RSE	yc	yo	RS	RSEF	ycF	yoF	RCF
ENERO	131,85	1023	31	27041,1	26,4	411,5	486,5	259,2	740,1	56,3	66,6	35,5	101,3
FEBRERO	52,85	923	28	24277,8	26,3	380	455,5	242	685	4705	57	31,3	85,7
MARZO	89,14	778,5	26,7	17473	22,4	324	406,5	212	570,3	35,2	44,1	23	61,9
ABRIL	86,28	606,5	25	12575,6	20,7	257	345,5	175,2	440,6	22,6	31,4	15,4	38,8
MAYO	30,57	427,5	20,7	9348,8	21,8	195,2	284,5	139	366,2	14,7	21,4	10,4	27,5
JUNIO	5,42	403	14,3	8542	21,1	163,7	252,7	120,2	289,7	9,5	14,7	7	16,8
JULIO	15,7	422,5	12,3	9539,7	22,5	180	268,7	127,5	337,3	5,8	8,7	4,1	11,04
AGOSTO	17,85	533	17,3	12102,7	22,7	231,2	320,5	160,2	458,1	7,2	10	5	14,29
SEPTIEMBRE	34,71	695	21	17043	24,5	292,2	377	194,5	558,4	15,5	20	10,3	29,7
OCTUBRE	85,14	857	27,3	20509,1	23,9	357	434,5	229,7	656,5	32	39	20,6	58,9
NOVIEMBRE	109,42	978	30	25669,8	26,2	399	473,2	251,5	738,9	37,1	44	23,4	68,7
DICIEMBRE	104,42	1039	24,3	27470,5	26,4	418,2	493,2	262,7	849	45	53,1	28,2	91,4
<b>Total</b>	<b>763,35</b>	<b>8686</b>	<b>278</b>	<b>211593,1</b>	<b>284,9</b>	<b>300,75</b>				<b>328,9</b>	<b>409,4</b>	<b>213</b>	<b>606,5</b>

REF: PP TOTAL: precipitaciones totales en mm; RAD TOTAL: radiación solar en cal/cm<sup>2</sup>; N° días t>8°C: número de días con temperatura mayor de 8°C y humedad aprovechable; RAD GLO: radiación global del período de crecimiento en cal/cm<sup>2</sup>/día; PC: período de crecimiento; RSE: máxima radiación de onda corta en días despejados mensual (cal/cm<sup>2</sup>/día); yc: tasa de producción bruta de materia seca mensual de la vegetación para un lugar dado en un día despejado (kg/ha/día); yo: : tasa de producción bruta de materia seca mensual de la vegetación para un lugar dado en un día completamente nublado (kg/ha/día); RS: radiación real medida de onda corta mensual (cal/cm<sup>2</sup>/día); RSEF: máxima radiación de onda corta en días despejados anual (cal/cm<sup>2</sup>/día); ycF: tasa de producción bruta de materia seca anual de la vegetación para un lugar dado en un día despejado (kg/ha/día); yoF: tasa de producción bruta de materia seca anual de la vegetación para un lugar dado en un día completamente nublado (kg/ha/día); RSF: radiación real medida de onda corta anual (cal/cm<sup>2</sup>/día).

De la tabla anterior se obtienen los siguientes resultados:

$$F= 0,091$$

$$Y_o= 366,3 \text{ kg/ha/día}$$

$$\text{RADIACIÓN GLOBAL}= 211593,1 \text{ cal/cm}^2$$

$$\text{ENERGÍA TOTAL}= 281,8 \text{ kcal/g}$$

$$\text{EER}= 1,06 \cdot 10^{-4} (0,000106) \text{ g/kcal}$$

$$\text{PPP}= 6389.9 \text{ kg MS total/ha/año}$$

### **VI.3.2- Factor edáfico**

La tabla N°10 muestra los elementos que conformaron el factor edáfico (FE) y su calificación.

**TABLA N°12: ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL CALCULO DEL FACTOR EDAFICO.**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>RANG O</b>	<b>V ALOR</b>
<b>PROFUNDIDAD (cm)</b>	>100	1
	80-99	0,
	50-79	90
	30-49	0,
	<29	75
<b>PENDIENTE (%)</b>	>25	0,
	17-25	55
	12-17	0,
	7-12	90
	0-7	1
<b>PEDREGOSIDAD (Clase, %)</b>	Clase 1 (0-5)	1
	Clase 2 (6-20)	0,
	Clase 3 (21-35)	8
	Clase 4 (<36)	0,
<b>TEXTURA</b>	Franco	6
	Franco Arcilloso	0,
	Franco Arenoso	9
	Franco Gravilloso	0,
	Gravillos o	8
<b>MATERIA ORGANICA (%)</b>	>2.25	0,
	2.25-1.5	1
	1.5-0.75	0,
	0.75-0	9

### **VI.3.3- Factor de utilización y Factor de interés forrajero**

La tabla N° 11 muestra los valores del factor de utilización que se estimó de acuerdo al tiempo y al gasto energético que realiza un bovino para circular sobre la unidad de tierras y el factor de interés forrajero que se cuantificó según criterios de preferencia, palatabilidad y comunidades vegetales asociadas

**TABLA N°13: FACTOR DE UTILIZACIÓN Y FACTOR DE INTERES FORRAJERO DE LAS UNIDADES DE TIERRAS.**

<b>Unidad de Tierras</b>	<b>Factor Utilización</b>	<b>Factor Forrajero</b>
<b>Planicie medanosa semi-estabilizada</b>	0.9	0.8
<b>Planicie medanosa suavemente ondulada</b>	0.85	0.8
<b>Planicie medanosa estabilizada</b>	0.85	0.8
<b>Planicie medanosa ondulada</b>	0.8	0.8
<b>Planicie medanosa vinculada a lomas planas</b>	0.9	0.8
<b>Médanos</b>	0.4	0.4

La siguiente tabla muestra los resultados finales de la productividad potencial de las tierras para el pastoreo (PPTP).

**TABLA N°14: PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE LA TIERRA PARA EL PASTOREO EN LA HOJA TOPOGRAFICA WASHINGTON, DPTO RIO CUARTO, CORDOBA.**

<b>Unidad de Tierras</b>	<b>PPP (kg MS total/ha/año)</b>	<b>Factor Edáfico</b>	<b>Factor Utilización</b>	<b>Factor Forrajero</b>	<b>PPTP (kg MS útil/ha/año)</b>
<b>Planicie medanosa semi-estabilizada</b>	6389.9	0.72	0.9	0,8	<b>3312.5</b>
<b>Planicie medanosa suavemente ondulada</b>	6389.9	0.64	0.85	0.8	<b>2780.8</b>
<b>Planicie medanosa estabilizada</b>	6389.9	0.72	0.85	0.8	<b>3128.4</b>

<b>Planicie ondulada</b>	<b>medanosa</b>	6389.9	0.64	0.8	0.8	<b>2617.3</b>
<b>Planicie vinculada a lomas planas</b>	<b>medanosa</b>	6389.9	0.64	0.9	0.8	<b>2944.4</b>
<b>Médanos</b>		6389.9	0.21	0.4	0.4	<b>214.7</b>

En los sistemas ganaderos de altos requerimientos de la región centro sur de la provincia de Córdoba, las especies perennes se constituyen en uno de los recursos más eficientes para la protección del suelo, mejorando su fertilidad, disminuyendo costos al reducir el número de labranzas y mejorar los rendimientos a través de la recirculación de nutrientes. Los cultivos usados en la región son alfalfa y gramíneas de ciclo otoño invierno primaveral; para cultivos de alfalfa puro se han medido producciones de 9.500 kg MS/ha/año con fertilización basada en la aplicación de fósforo y de 6.000 kg MS/ha/año sin fertilización (Pagliaricci et al, 1997).

## VI.4- Uso actual de las tierras

Las tierras del área en estudio se encuentran con distintos rubros de producción al momento del relevamiento, de su superficie total de 45.329,35 hectáreas, se cultivan 21.531,44 hectáreas de soja (47,5%), 8.204,61 hectáreas de maíz (18,1%), 3.354,37 hectáreas de girasol (7,4%), 6.527,42 hectáreas pasturas anuales y perennes (14,4%) y 5.711,49 hectáreas pasto llorón (12,6%) la distribución espacial de estos valores se pueden observar en el MAPA N°2.

### VI.4.1- Evaluación de la aptitud de las tierras para los cultivos de soja, girasol y alfalfa

Se denominan requerimientos ecológicos a las necesidades de clima y suelo que demanda una planta para poder vegetar favorablemente logrando su máxima producción. Existe un valor óptimo para cada parámetro a evaluar que admite cierta amplitud entre máximo y mínimo, y que depende de las reales exigencias de la planta para poder sobrevivir (Saumell, 1976).

- Temperatura: En las tres especies analizadas, el desarrollo fenológico tiene una respuesta a la temperatura. Esta respuesta es la responsable de la aceleración del desarrollo de las plantas cuando son expuestas a temperaturas más elevadas (Fischer, 1984), por lo que la duración de cualquier etapa transcurre más rápidamente. Esta variable fija los límites para la supervivencia de las plantas, determina la adaptación y distribución de las especies nativas y cultivadas (Sadras *et al*, 2000).

- Agua: el agua transpirada es la parte del agua que no es retenida por la planta, provee el vehículo para el transporte de nutrientes a los órganos aéreos, es indispensable en la fisiología de la apertura estomática y la asimilación de anhídrido carbónico; de gran utilidad para el crecimiento y la regulación de la temperatura de la planta (Giorda *et al*, 1997)

- Nutrientes: los nutrientes del suelo, esenciales para el crecimiento de los cultivos forman parte esencial de estructuras celulares y son catabolizadores de reacciones enzimáticas, presentan cambios temporales al actuar con factores bióticos (cultivo, microorganismos) o abióticos (agua, propiedades físicas y químicas del suelo, oxígeno, temperatura) del sistema suelo-planta que afectan su disponibilidad. (González *et al*, 1997).

- Período libre de heladas: temperaturas por fuera de los límites de tolerancia de una especie pueden dañar severamente a las plantas por desnaturalización de las proteínas y/o daños en la membrana. El daño por congelamiento en general ocurre dentro de las células de las plantas. Esto determina el período en el cual vegetan los cultivos anuales estivales limitando fechas de siembra y ciclos de cultivos

- Suelo: las características texturales, profundidad, pH y el drenaje determinan la posibilidad de desarrollo de un cultivo.

- Susceptibilidad a la erosión eólica: las características internas del suelo (en especial estructura y textura) junto a las condiciones de superficie del mismo (estabilidad de agregados superficiales y cobertura vegetal) definen en su relación con el viento la susceptibilidad a la remoción y transporte de partículas de suelo. Esta variable afecta el

desarrollo de cultivos por el efecto de abrasión que generan las partículas de suelo en movimiento, la pérdida del horizonte superficial y la pérdida de nutrientes que dicha erosión implica.

**TABLA N°15: REQUERIMIENTOS CLIMATICOS PARA LA EVALUACION DE LOS CULTIVOS.**

Requerimientos	Soja: DM 4800(1)	Girasol: GH 1100(2)	Alfalfa: WL 516 (3)
Fecha de siembra	15 de Octubre	15 de Octubre	15 de Marzo
Días a madurez	143	110	-
Fecha de cosecha	15 de Marzo	15 de Febrero	-
Temperaturas óptimas para el crecimiento	25°C	25°C	25°C
Agua	500-650 mm.	400-500 mm.	650 mm.
pH del suelo	6,5	6	6,5
*Susceptibilidad a erosión	3	2	1

Fuente (1) y (2): Don Mario Semillas. Catálogo 2006.

Fuente (3): Cargill División Semillas. Alfalfa. Manual Técnico y de Producto 1997.

\* La variable susceptibilidad a erosión hace referencia a las posibilidades de éxito de un cultivo sobre tierras que sufren este proceso. Cultivos que poseen plántulas robustas como la soja y el girasol soportan de mejor manera un ambiente sujeto a erosión a partir de su vigor inicial de crecimiento, en cambio cultivos como la alfalfa de lento establecimiento se ven sometidos a fuertes reducciones en el stand de plantas lo que compromete seriamente el futuro de dicho cultivo; más allá de esto la estabilidad que alcanza una pastura de alfalfa (cultivo perenne) en los años posteriores a la implantación como consecuencia de la cobertura permanente que significa para el suelo determina que este sea el cultivo menos susceptible a la erosión por efecto del viento. En un segundo lugar se encuentra el girasol, a partir del tamaño de sus rastrojos (especialmente los tallos) y la consecuente dificultad de degradación por microorganismos del suelo, además por resultar de difícil remoción por el viento. En un tercer lugar se encontraría la soja que posee un rastrojo de rápida degradación y pequeño tamaño por lo que deja al suelo expuesto a los efectos de la erosión eólica. Por lo tanto las unidades ambientales pueden clasificarse de acuerdo a su susceptibilidad a la erosión eólica en:

- 1-Poco susceptible.
- 2-Moderadamente susceptible.
- 3-Altamente susceptible.

**TABLA N°16: RANGO DE VALORES `PARA ESTABLECER LA PUNTUACION.**

Especies	Requerimientos	Aptitud de las tierras			
		A1	A2	A3	N
Alfalfa	Profundidad efectiva cm (1)	>100	70-100	70-40	<40
	pH (2)	5,5-6,5	5,0-5,5 6,5-7,5	5,0-5,5 >7,5	<5
	Drenaje (3)	Bien drenado	Moderadamente drenado	Imperfectamente drenado	Pobrementemente drenado
	Temperaturas estivales T. máxima promedio N-D-E (4)	<26	26-29	29-32	>32
	Días libres de heladas (5)	>200	150-200	100-150	<100
	Precipitaciones durante el ciclo(6)*	>600	500-600	400-500	<500
	Susceptibilidad a erosión(7)	1	2	3	
	Pendiente (8)	normal	subnormal	cóncavo/abrupto	
Soja	Profundidad efectiva (1)	>100	70-100	70-40	<40
	pH (2)	5,5-6,5	5,0-5,5 6,5-7,5	5,0-5,5 >7,5	<5
	Drenaje (3)	Bien drenado	Moderadamente drenado	Imperfectamente drenado	Pobrementemente drenado
	Temperaturas estivales T. máxima promedio N-D-E (4)	<26	26-29	29-32	>32
	Días libres de heladas (5)	>200	150-200	100-150	<100
	Precipitaciones durante el ciclo (6)*	>500	400-500	300-400	<300
	Susceptibilidad a erosión(7)	3	2	1	
	Pendiente (8)	normal	subnormal	cóncavo/abrupto	
Girasol	Profundidad efectiva (1)	>100	70-100	70-40	<40
	pH (2)	5,5-6,5	5,0-5,5 6,5-7,5	5,0-5,5 7,5	<5
	Drenaje (3)	Bien drenado	Moderadamente drenado	Imperfectamente drenado	Pobrementemente drenado
	Temperaturas estivales T. máxima promedio N-D-E (4)	<26	26-29	29-32	>32
	Días libres de heladas (5)	>200	150-200	100-150	<100
	Precipitaciones durante el ciclo (6)*	>400	300-400	200-100	<100
	Susceptibilidad a erosión(7)	1	2	3	
	Pendiente (8)	normal	subnormal	cóncavo/abrupto	

Fuente: Requerimientos ambientales propuestos por FAO modificados por el autor.

(6)\* En los cultivos anuales (soja y girasol) se consideran las precipitaciones ocurridas en la zona durante su estación de crecimiento que se reduce a 5 meses (Octubre a Febrero), en el caso de la alfalfa se tienen en cuenta las precipitaciones ocurridas durante todo el año.

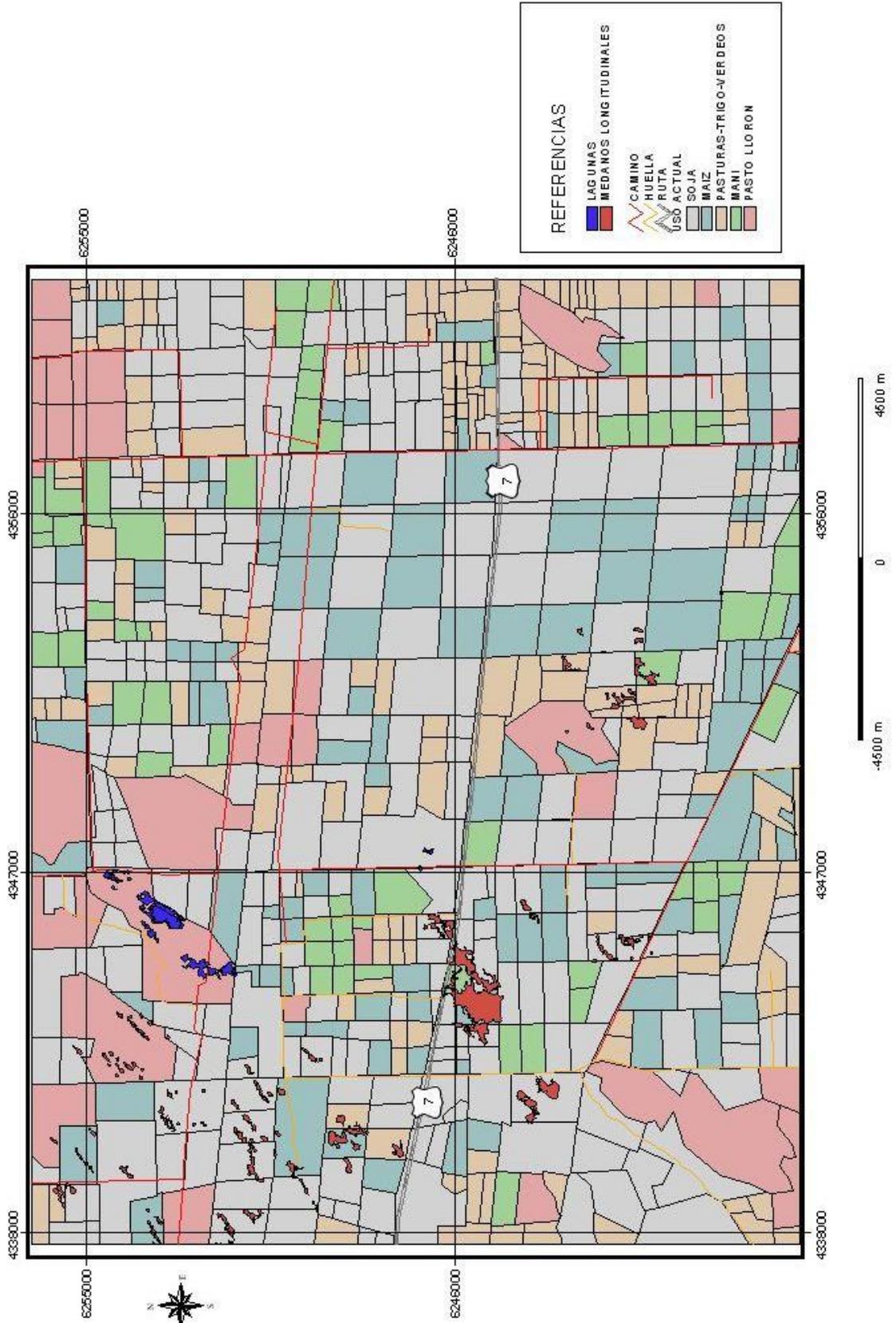
**TABLA N°17: RESULTADOS DE LA EVALUACION DE TIERRAS PARA LA PRODUCCION DE LOS CULTIVOS SELECCIONADOS EN LAS DIFERENTES UNIDADES.**

Requerimientos	Aptitud de las tierras																	
	Planicie Medanosa Semi- estabilizada			Planicie Medanosa suavemente ondulada			Planicie Medanosa estabilizada			Planicie Medanosa ondulada			Planicie Medanosa vinculada a lomas planas			Medanos		
	Sj	Gsl	Alf	Sj	Gsl	Alf	Sj	Gsl	Alf	Sj	Gsl	Alf	Sj	Gsl	Alf	Sj	Gsl	Alf
<b>Profundidad efectiva (cm)</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
<b>pH</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2
<b>Drenaje</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
<b>Temperaturas estivales</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
<b>Días libres de heladas</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
<b>Precipitaciones durante el ciclo</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
<b>Susceptibilidad a erosión</b>	A2	A2	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	A3	A2	A2	A2	A1	A1	A3	A3	A3
<b>Pendiente</b>	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A3	A3	A3
<b>Clase de aptitud</b>	<b>A2</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A1</b>	<b>A1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A1</b>	<b>A3</b>	<b>A2</b>	<b>A2</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A1</b>	<b>A3</b>	<b>A3</b>	<b>A3</b>

De la confrontación de requerimientos vs. cualidades surgen la aptitud final de las unidades de tierras para los fines evaluados. Estos resultados se visualizan en mapas de conflicto, en estos se destacan las áreas en las cuales el uso actual no es compatible con la aptitud de las tierras. Las hectáreas en conflicto dentro del área de estudio son 969,98 hectáreas (2,14%) para alfalfa, su distribución espacial puede observarse en el MAPA N°3; 4249,79 hectáreas (9,37%) para soja, su distribución espacial puede observarse en el MAPA N°4; 6376,53 hectáreas (14,06%) para girasol, su distribución espacial puede observarse en el MAPA N°5.

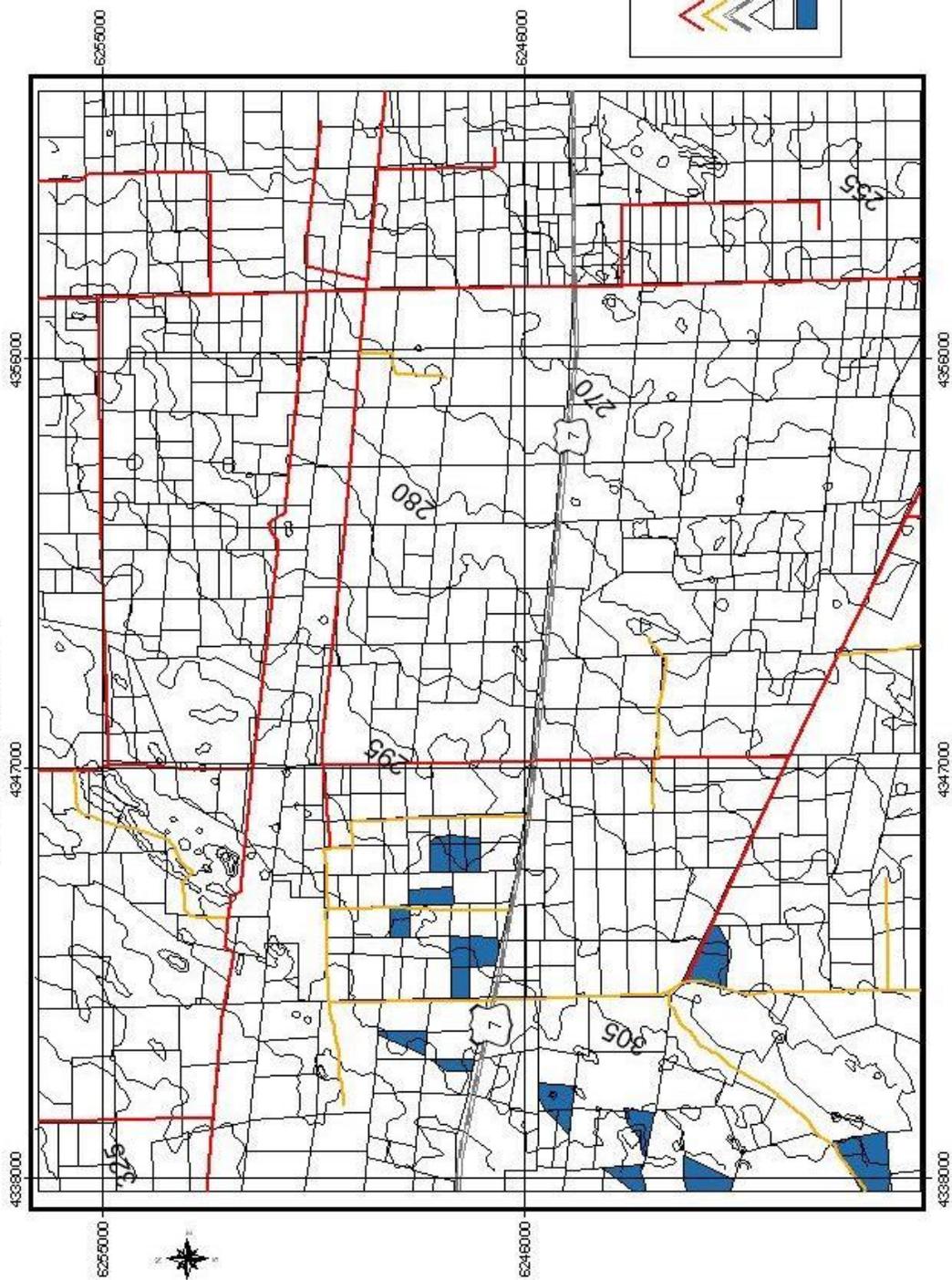
MAPA DE USO ACTUAL  
HOJA WASHINGTON PROVINCIA DE CORDOBA  
HOJA 3366-36-4

MAPA Nº 2



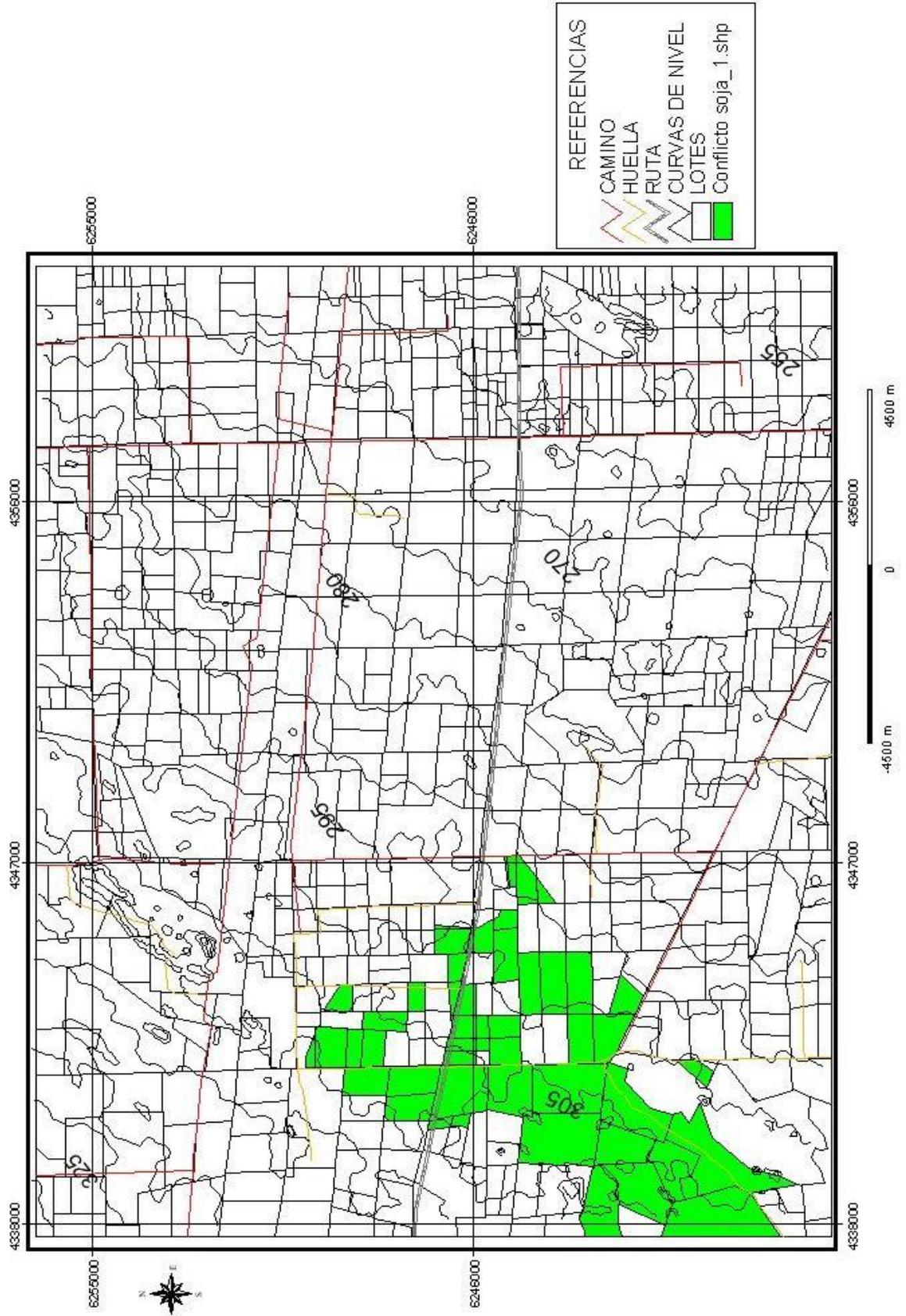
MAPA DE CONFLICTO ALFALFA  
HOJA WASHINGTON PROVINCIA DE CORDOBA  
HOJA 3366-36-4

MAPA N° 3



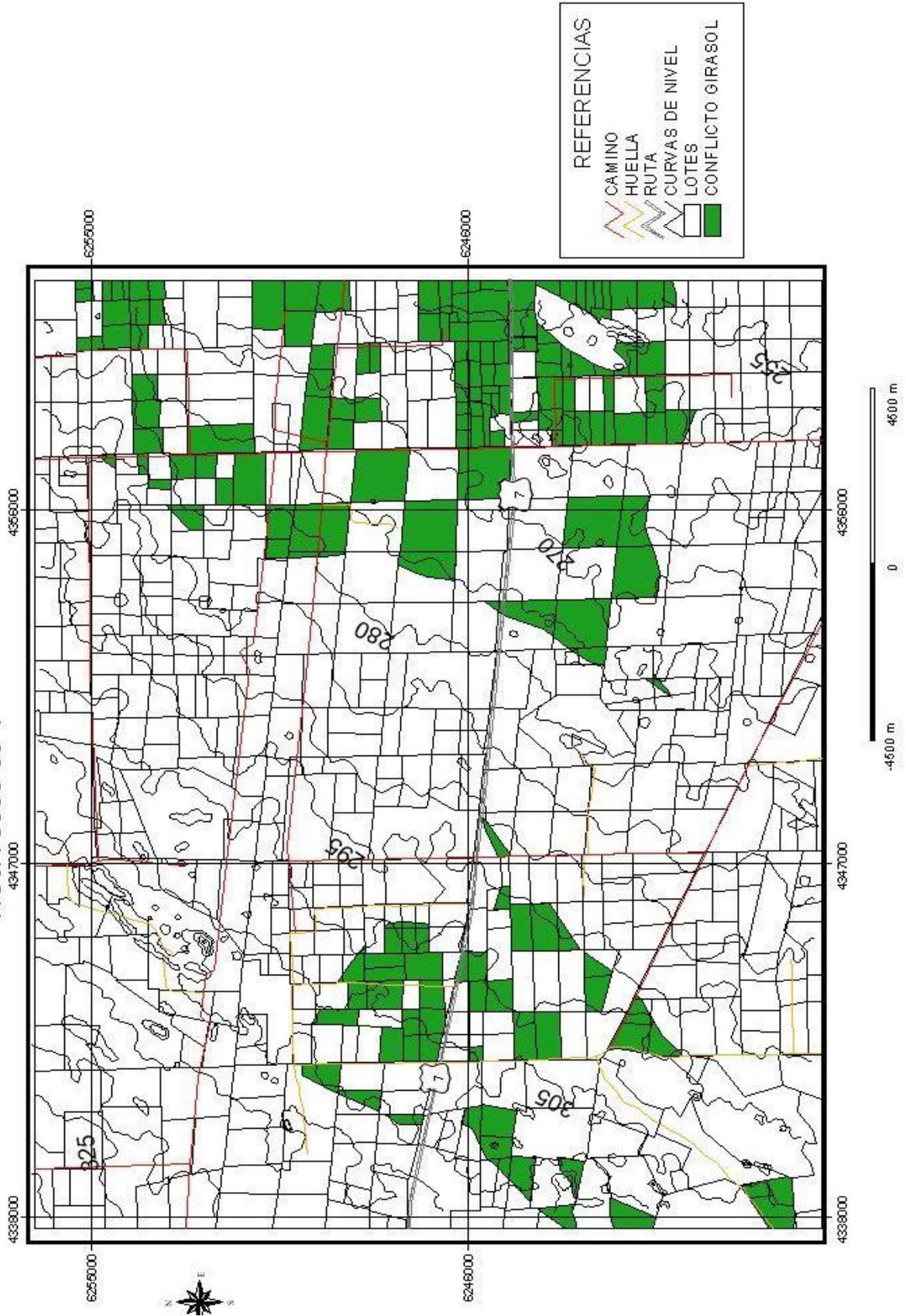
MAPA DE CONFLICTO SOJA  
HOJA WASHINGTON PROVINCIA DE CORDOBA  
HOJA 3366-36-4

MAPA N° 4



MAPA Nº 5

MAPA DE CONFLICTO GIRASOL  
HOJA WASHINGTON PROVINCIA DE CORDOBA  
HOJA 3366-36-4



## VII- CONCLUSIONES

El área de que comprende la hoja topográfica Washington (Hoja 3366-36-4) presenta características singulares que hace que los resultados obtenidos puedan extrapolarse a zonas aledañas con similares condiciones ambientales, permitiendo avanzar en forma eficiente y rápida hacia el ordenamiento ambiental la llanura medanosa de la provincia de Córdoba.

Las condiciones climáticas son las limitantes estructurales más importantes, en especial la distribución de las precipitaciones que condicionan el uso de las tierras.

La susceptibilidad de los suelos a la erosión eólica es la limitante funcional más importante en toda el área de estudio.

La estimación de la producción potencial primaria expresada en kg de materia seca por año y por hectárea permitió tener una visión global de cuales son las unidades con mayor potencial pastoril, quedando para estudios posteriores su corroboración cualitativa y cuantitativa.

La evaluación de las tierras en cuanto a su aptitud para los cultivos de soja, girasol y alfalfa permite establecer que el área de estudio tiene no solo alta capacidad para producir pasturas sino también cultivos de grano, siempre que las condiciones de manejo tengan en cuenta las limitantes funcionales del área como la susceptibilidad a la erosión eólica, baja capacidad de retención de agua y baja fertilidad natural.

Dentro del área correspondiente a la hoja topográfica analizada se encuentran tierras que poseen sobreutilización en una superficie de 11.596,31 ha (25,58%) lo cual se manifiesta en los mapas de conflicto para los cultivos analizados. Las tierras con subutilización ocupan una superficie de 12.338,91 ha (27,22%) que se encuentran bajo cultivo de pasturas, posibles de ser utilizadas en actividades agropecuarias que representen un mayor beneficio económico.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALLEN, R. B; PEET, R. K. y W: Baker, 1991. Gradient analysis of latitudinal variation in Southern Rocky mountain forest. *Journ. Biogeog.* 18. pag 123-139.
- ALLISON, L.E; Ed. C. A. Black. 1965. En **Methods of soil analysis**. Part 2. Chapters 60 y 94.
- BURGOS,J.J. 1963. **El clima de las regiones áridas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite**. *Meteoros* 1: 3-32. Buenos Aires.
- CANTERO, A. G; J. J. CANTERO; J. M. CISNEROS; M. P. CANTÚ; S. DEGIOVANNI; V. BECERRA; A. BECKER; Y. MORENO; M. BLARASIN y M. VILLEGAS, 1998; Propuesta de ordenamiento y manejo integrado de las tierras y aguas en el sur de la Provincia de Córdoba. **Informe UNRC 58** Pág. 1 carta 1:250.000.
- CANTERO, A., BRICCHI, E., BECERRA, V., CISNEROS, J., y H. GIL 1986. **“Zonificación y Descripción de las Tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba)”**. FAV-UNRC. 79 págs
- CARGILL División Semillas. Alfalfa. Manual Ténoco y de Producto 1997.
- CHRISTIAN, C.S. & G.A. STEWART (1968) Methodology of integrated surveys. Pp. 233-280. In: P. Rey (ed) *Aerial surveys and integrated studies*. Proc. Toulouse Conf. 1964: UNESCO, Paris.
- DE LA ROSA, D; F. MAYOL, E. DÍAZ-PEREYRA, M. FERNÁNDEZ, 2004; Micro LEIS DSS: Sistema de apoyo a la decisión sobre la evaluación de tierras para la protección de suelos agrícolas. Con especial referencia a la región Mediterránea. Publicado en: **Environmental modelling and software** xx (2004) xxx-xxx.
- DENT D. y YOUNG A. 1981; **Soil Survey and Land Evaluation**. George Allen and Unwin, London.
- DE WIT, C. 1965. **Photosynthesis of leaf canopies**. *Agric. Res. Rep.* 663. Wageningen, 57p.
- DONMARIO Semillas. Catálogo de semillas 2006.
- ETCHEVEHERE, P. 1976; **Normas de reconocimientos de suelos**. Secretaria de agricultura y ganadería de la Nación; INTA. Centro de investigaciones de recursos naturales. **Publicación N° 152**.
- FAO, 1976; Esquema para la evaluación de tierras, **Boletín N° 32**, Roma, Italia.
- FISCHER, R. A. 1984. Wheat- Pag 32-38. En: W. H. Smith and S. J. Banta (eds.), **Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments**.
- GEE, G.W. y J.W. BAUDER, 1986; Ed. A. Klute. En **Methods of soil analysis**. Part 1, Chapter 15.
- GIORDA, M.L. y H.E.J. BAIGORRI. 1997. **El cultivo de la soja en Argentina**. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez – EEA Manfredi. 448 p.
- GONZALEZ, J. 1996; **Caracterización geomorfológica de las unidades de paisaje en la cuenca arroyo La Tapa. Dpto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina**. Seminario modulo 2 Maestría Planificación y Manejo cuencas Hidrográficas. U.N. Comahue. Inédito.

GONZÁLEZ, N.; A. PERTICARI; B. S. DE GURFINKEL, Y E. RODRÍGUEZ CÁCERES. 1997. *En: Laura Giorda y Héctor Baigorri (eds.), El cultivo de la soja en Argentina*. INTA. pp. 187-200.

GORGAS, J.A. y J.L. TASSILE. 2003. **Recursos naturales e la Provincia de Córdoba. Los Suelos**. Ed. BR COPIAS. Córdoba, Argentina.

INTA 1990, **Atlas de Suelos de la República Argentina**, Secretaria de Agricultura , Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD ARG. 85/019.

INTA. 1993. **Carta de suelos de la Republica Argentina. Hoja 3363-21 Pasacanas**. INTA- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables. 103p.

JACKSON, M.L. 1964; **Análisis químico de suelos:78-79**, Ed Omega, Barcelona.

KLINGEBIEL, A.A. & P.H. MONTGOMERY (1961) **Land-capability classification**. USDA Agric. Handbook 210. Soil Conservation Service, USDA Waghington DC.

MENDIA, J.; IRRISARRI, J. y J. FERRER. 1993. **Evaluación de la capacidad de pastoreo de las tierras en la Pcia. De Neuquen, Argentina**. U.N Comahue. Inédito.

MICRO LEIS DSS: Sistema de apoyo a la decisión sobre la evaluación de tierras para la protección de suelos agrícolas. Con especial referencia a la región Mediterránea. Publicado en: **Environmental modelling and software** xx (2004) xxx-xxx.

PAGLIARICCI, H.; PEREIRA, T. y OHANIAN, A. 1997. **Estimación del crecimiento y la producción de una pastura consociada en el centro sur de la provincia de Córdoba, Argentina**. Información Técnica Económica Agraria. Vol. 93 A (1): 68-83.

PIERCE, F. J., W. E. LARSON, R. H. DOWDY and W. E. GRAHAM. 1983. **Productivity of soils: assessing long term changes due to erosion**. Journal of Soil and Water Conservation, 38:39-44.

PORTA CASANELLAS, J.; LÓPEZ-ACEVEDO REGUERÍN, M. y C. ROQUERO DE LABURU, 1994; **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

ROBERT P.C., RUST R.H. y LARSEN W.L. (Eds.) 1993. *Soil Specific Crop Management*. Soil Science Society of America, Madison.

ROSSITER, D.G. & VAN WAMBEKE A.R. 1995. *Automated Land Evaluation System: ALES Version 4.5 User's Manual*, December 1994 printing ed. SCAS Teaching Series No. T93-2, Revision 5 Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, Ithaca, NY.

SADRAS, V.O.; M. FERREIRO; F. GUTHEIM y A. G. KANTOLIC. 2000. **Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo**. En F.H. Andrade y V. O. Sadras (eds.), Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editorial Médica Panamericana, Argentina. pp 29-60.

SAUMELL, A. 1977. **Prácticas para el cultivo y mejoramiento del girasol**. Unidad Integrada Balcarce.

SOIL CONDERVATION SERVICE USDA, 1984; **Hamblock N° 1**

STORIE R. E. 1970. "Manual de Evaluación de Suelos". Ed. UTEHA, México.

USBR (1953) **Bureau of reclamation manual. Vol V. Irrigated land use, Part. 2 Land clasification.** US Dept. Interior, Washington DC.

U.S.D.A. (1983). Soil Conservation Service. National soils Handbook. Superint. Of Doc. Washington DC.

U.S.D.A. (1984). "Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples". Department of Agriculture. U.S:A.

ZONNELVED, I.S. 1972; **Evaluación de tierra y ciencia del paisaje.** Versión española por L. De León. Ministerio de agricultura y ganadería de Uruguay, Uruguay 92p.