



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO**

*Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales*

*Departamento de Geología*

**Tesis**

**Licenciatura en Geología**

**MAPA MORFOPEDOLÓGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**

Eloísa Ronco

Directora: Dra. María Grumelli

Codirector: Dr. Hugo Schiavo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
I.1.ANTECEDENTES	3
I.2. HIPÓTESIS	5
I.3 OJETIVOS	5
I.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
I.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
<b>II. MATERIALES</b>	
II.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	7
II.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	8
II.3. VEGETACIÓN	11
II.4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA	13
II.5. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	16
II.6. ESTRATIGRAFÍA	17
II.7. ESTRUCTURA	21
II.9. AGUAS SUBTERRANES	24
II.9. USO DE LA TIERRA	24
<b>III.METODOLOGÍA</b>	
III.1. TAREAS PRELIMILARES DE GABINETE	28
III.2. TAREAS DE CAMPO	28
III.3. TAREAS DE LABORATORIO	28
III.4. TAREAS DE GABINETE	30
<b>IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	
IV.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	32
IV.2. MAPA DE SUELOS	36
IV.2.1. UNIDADES TAXONÓMICAS	37
IV.2.2. UNIDADES CARTOGRÁFICAS	47
IV.3. CAPACIDAD DE USO	51
IV.3.1. CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO	53
IV.4. RIESGOS	57
IV.5 ORDENAMIENTO TERRITORIAL	60

<b>V. DISCUSIÓN</b>	66
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b>	69

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio	7
Figura 2: Modelo digital del terreno – Imagen Radar SRTM.	8
Figura 3: Precipitaciones serie 1958-2012 Villa María.	9
Figura 4: Precipitación media mensual del área de estudio.	9
Figura 5: Análisis de la estacionalidad de las precipitaciones.	10
Figura 6: Temperaturas medias anuales de la Serie 1930-2011.	10
Figura 7: Provincias Fitogeográficas del Espinal, Distrito del Algarrobo.	11
Figura 8: Vegetación natural del área de estudio.	12
Figura 9: Imagen satelital donde se muestra la unión del arroyo Tegua y el arroyo Carnerillo para dar lugar al arroyo Chazón.	14
Figura 10: Delimitación de Subcuencas.	15
Figura 11: Mapa Estructural del Sur de Córdoba.	23
Figura 12: Mapa Geomorfológico de la Cuenca baja del arroyo Tegua.	33
Figura 13: Paisaje de la Serie Ballesteros.	38
Figura 14: Perfil Típico Serie Ballesteros.	39
Figura 15: Paisaje Serie Ticino.	41
Figura 16: Perfil típico Serie Ticino.	43
Figura 17: Mapa Morfopedológico de la Cuenca baja del arroyo Tegua.	49
Figura 18: Mapa de Capacidad de uso de los suelos	56
Figura 19: Derrames del Arroyo tegua en las inmediaciones de localidad	61

### INDICE TABLAS

Tabla 1: Área de las Subcuencas delimitadas.	16
Tabla 2: Cuadro estratigráfico regional.	20
Tabla 3: Principales actividades en el Departamento San Martín.	25
Tabla 4: Evaluación del uso de la Tierra.	25
Tabla 5: Numero de tambos y producción diaria de las últimas décadas.	26
Tabla 6: Rendimiento por hectárea de los distintos cultivos del departamento San Martín.	26
Tabla 7: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Ballesteros.	40
Tabla 8: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Ticino.	44
Tabla 9: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Hernando.	46

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

## I.1.ANTECEDENTES

Gran parte de la provincia de Córdoba se encuentra afectada por problemas de erosión, inundación, sedimentación, colapso de suelos, entre otros que constituyen amenazas para las personas, recursos naturales y otras infraestructuras (Carignano *et al.* 2014). Esto se debe a los cambios en el uso y manejo de la tierra que en un sentido amplio incluyen los cambios tecnológicos, el avance de la frontera agrícola, el desarrollo de tecnologías de agricultura permanente, la tendencia al monocultivo y los cambios en la tenencia de tierra a lo largo del siglo XX y comienzos del presente que han determinado en gran parte de la Argentina un fuerte impacto sobre los recursos naturales, en especial el recurso suelo (Cantú *et al.* 1998; Cantú & Becker, 1999; Cantú *et al.* 2008). Existen situaciones irreversibles derivadas del manejo inadecuado del territorio y muchos sectores están en franco deterioro por esta misma causa, consecuencia directa del escaso conocimiento que hay sobre la dinámica y evolución geomorfológica en cada región (Carignano *et al.* 2014).

La planificación física y ambiental establece una de las principales vías para la solución de estos problemas. El conocimiento del componente geológico-geomorfológico resulta importante por su función como soporte de las actividades humanas, del ecosistema y de los procesos exógenos asociados a peligros naturales (Rodríguez Gamiño y López Blanco 2006, Campos Dueñas *et. al.* 2009).

Por ello es muy importante tener una visión holística e integral del paisaje. En este contexto la Geopedología es muy útil ya que es una disciplina que integra la Geomorfología y la Pedología, habiendo una co-evolución entre el dominio geomorfológico y el pedológico. Los procesos y ambientes geomorfológicos se utilizan respectivamente como factores y marcos espaciales para explicar la formación y evolución de los suelos. El contexto geomorfológico, a través del material parental (productos de alteración o depositación), del relieve (pendiente, altura relativa, exposición), de las condiciones de drenaje, y de la morfogénesis controla buena parte de los factores y procesos de formación de los suelos. En retorno las propiedades de los suelos influyen en los procesos geomorfológicos (Alfred Zinck, 2012). Espinosa Rodríguez (2005) sostiene que la selección, manejo e integración de variables geomorfológicas y edafológicas permiten la confección de un método paramétrico y

cartográfico que conduce a la evaluación del paisaje, entendido como una herramienta en el proceso de la ordenación del territorio.

En este sentido, el análisis y la clasificación de las geoformas y su génesis son primordiales en los estudios de evaluación y planificación territorial, pues la evaluación del territorio implica el proceso de valoración de las aptitudes de la tierra para un uso determinado. Por ello, en la medida que se conozca mejor la evolución de una región en el transcurso de este tiempo geológico, mejor preparación se tendrá para evaluar y hacer un uso racional de los recursos (Carignano *et al.* 2014).

La localización de asentamientos humanos, su estructura interna y funcionamiento están fuertemente influenciadas por los factores ambientales y particularmente por la configuración del terreno. En los países en desarrollo un manejo poco efectivo de las tierras en zonas urbanas resulta en una generalizada degradación de suelos, agua y paisaje y en la ocupación de áreas riesgosas, pérdida de espacios verdes y de tierras agrícolas (Pereyra, 2004).

El arroyo Tegua, como la mayoría de los cursos de la provincia de Córdoba, muestra rasgos de erosión, asociado tanto a procesos naturales como antrópicos que provocan un incremento en la densidad del drenaje mediante la integración de vías de escurrimiento, aumentando consiguientemente los caudales líquidos y sólidos (Doffo *et al.* 2010, Degiovani *et al.* 2009, Doffo y Bonorio 2008). Esta práctica ha producido una pérdida importante de la capacidad de almacenamiento y regulación de la cuenca debido al desequilibrio natural del cauce.

En la Cuenca baja del arroyo Tegua el cauce cruza el FFCC General Bartolomé Mitre y la RN N° 158. Las bajas pendientes junto con la reducida sección de las obras ubicadas en ambas vías de comunicación provocan que sus terraplenes funcionen como microembalses provocando, aguas arriba, inundaciones y deposición de materiales finos, causando la degradación de los suelos, como también el daño de la infraestructura pública (poblaciones, caminos, rutas, vías férreas, ductos, etc) impactando de manera negativa a la economía regional. (Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua).

Ante la existencia de una creciente presión propia de la actividad humana, y paralelamente, un mayor grado de conocimiento de las causas y efectos de los diferentes riesgos geológicos, estos han comenzado a tener mayor influencia en la determinación

de políticas y prioridades para inversiones o emprendimientos económicos en general y en la fijación de pautas de ocupación del territorio, constituyendo un elemento que debe ser tenido en cuenta necesariamente al realizarse propuestas de ordenamiento territorial (Pereyra, 2004).

En cuenca baja del arroyo Tegua no se dispone de una cartografía morfopedológica de detalle, por lo cual es factible definir mediante un SIG las unidades morfopedológicas que la conforman, como herramienta para su Ordenamiento Territorial.

## **I.2. HIPÓTESIS**

- Las propiedades de los suelos varían de acuerdo a su posición en el relieve.
- La información obtenida en las unidades suelo-paisaje permitirá delimitar unidades morfopedológicas.
- Los suelos con características diferentes responden de manera diferente a una misma presión de uso.

## **I.3 OJETIVOS**

### I.3.1. Objetivo General:

Construir mapas morfopedológico y de capacidad de uso de los suelos como herramientas para el ordenamiento territorial de la cuenca baja del Arroyo Tegua, Córdoba.

### I.3.2. Objetivos Específicos:

- Elaborar un mapa de las unidades de suelo para el área de estudio a una escala de detalle (1:10.000).
- Identificar los principales factores y procesos formadores de suelo en cada una de las unidades morfopedológicas descritas
- Identificar el uso potencial de los suelos reconocidos.
- Definir la capacidad de uso de los suelos como base para el ordenamiento territorial.

# CAPÍTULO II

## MATERIALES

## II.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el Departamento General San Martín, provincia de Córdoba, más precisamente a los  $32^{\circ} 37' S$  y  $63^{\circ} 38' W$ , comprendiendo un área aproximadamente de  $650 \text{ km}^2$ . Se encuentra a 40km al suroeste de la Ciudad de Villa María y las localidades más próximas son Dalmacio Vélez Sarsfield, Las Perdices y Ticino. (Figura 1).

Se accede a través de la Ruta Nacional N° 158 y luego por caminos rurales, los cuales, en general están en buenas condiciones salvo en los períodos con lluvias prolongadas o excepcionales.



Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

Tal como lo muestra el DEM (Figura 2) la zona de estudio se caracteriza por tener un relieve muy plano con pendientes muy bajas y una dirección de inclinación NW-SE. También se detallan las principales vías de acceso como la Ruta Nacional N° 158 de

orientación SW-NE y el ferrocarril que se encuentra paralelo a la misma, además de las Rutas Provinciales N° 10 y 9 que corren de NW-SE.

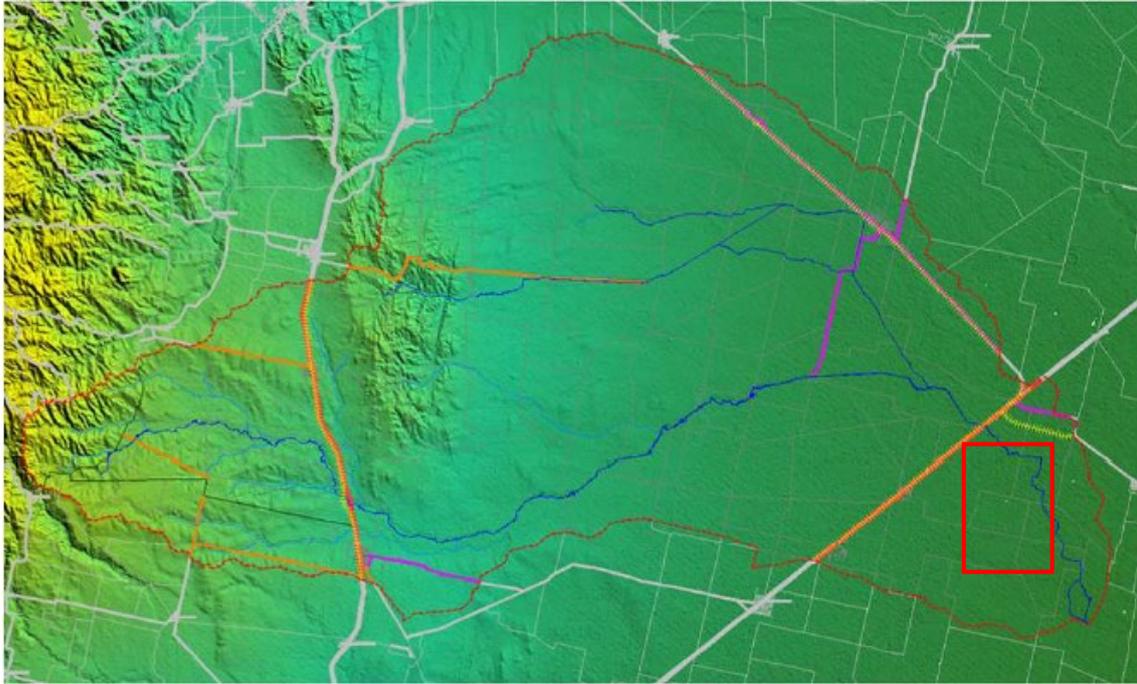


Figura 2: Modelo digital del terreno – Imagen Radar SRTM. Tomado de *Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua (2011)*.

## II.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El clima de la región es subhúmedo con una precipitación media anual de 790 mm de acuerdo a la serie Villa María 1956-2012 (Figura 3). Presenta ciclo secos y húmedos, dentro de los cuales 1956-1976 corresponde a un ciclo seco con precipitación media anual de 754 mm. Posteriormente se da comienzo a un ciclo húmedo (1976-1986), en el cual se registran las mayores precipitaciones con una media de 887mm.

Como se observa en la Figura 3, este ciclo húmedo se extiende hasta la actualidad, lo que es evidenciado por el aumento en las precipitaciones, el ascenso del nivel freático y el anegamiento en varios sectores especialmente en las áreas de bajos a lo que se asocian problemas de salinidad en los suelos.

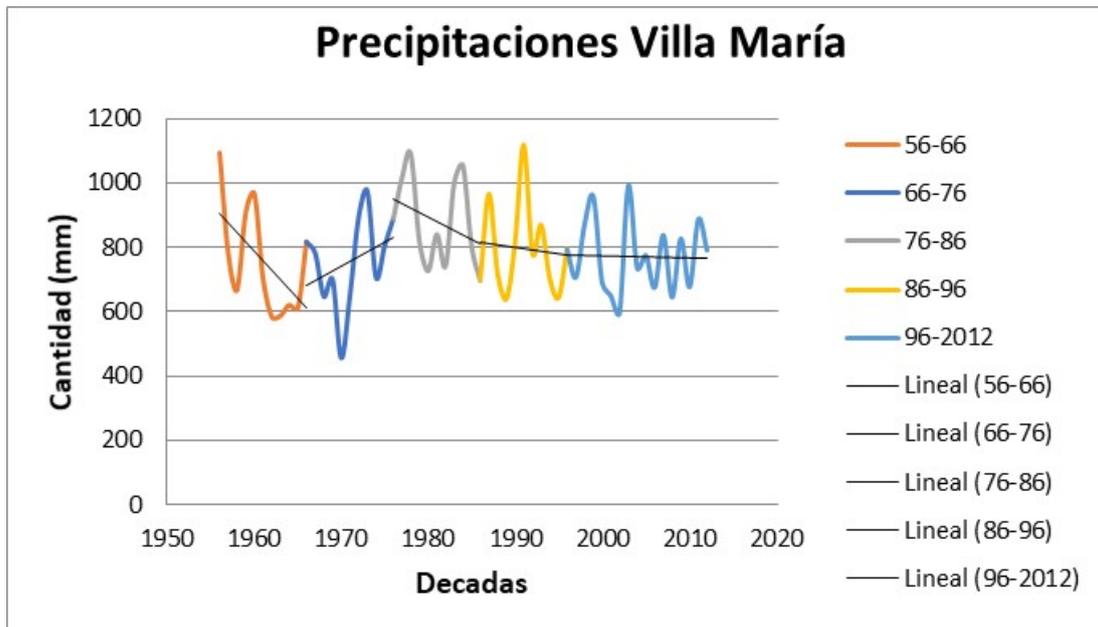


Figura 3: Precipitaciones serie 1958-2012 Villa María. Tomado de Ingeniero Fernando Primo Forgioni

Este clima subhúmedo presenta una marcada estacionalidad de las lluvias, siendo los meses más lluviosos de noviembre a diciembre y los menos lluviosos de mayo a agosto (Figuras 4 y 5).

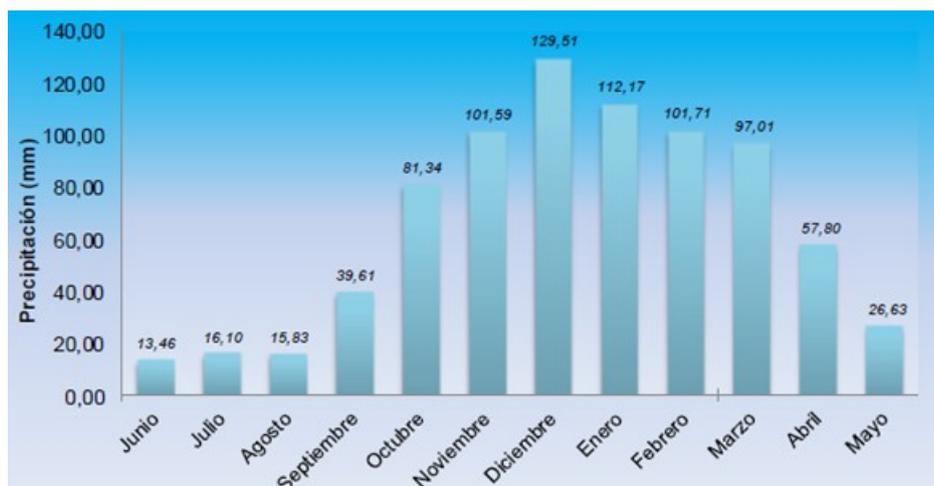
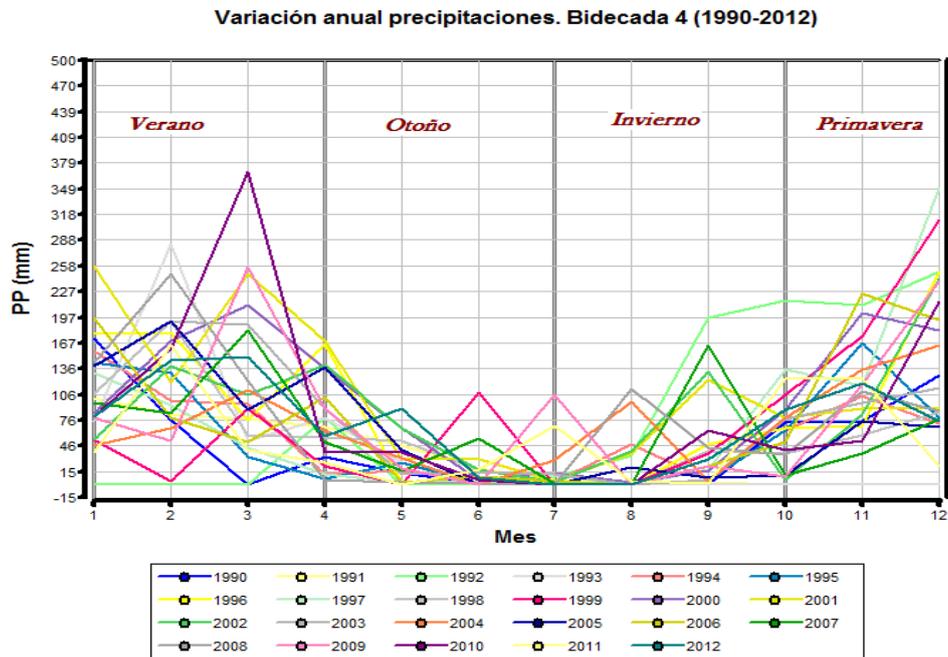
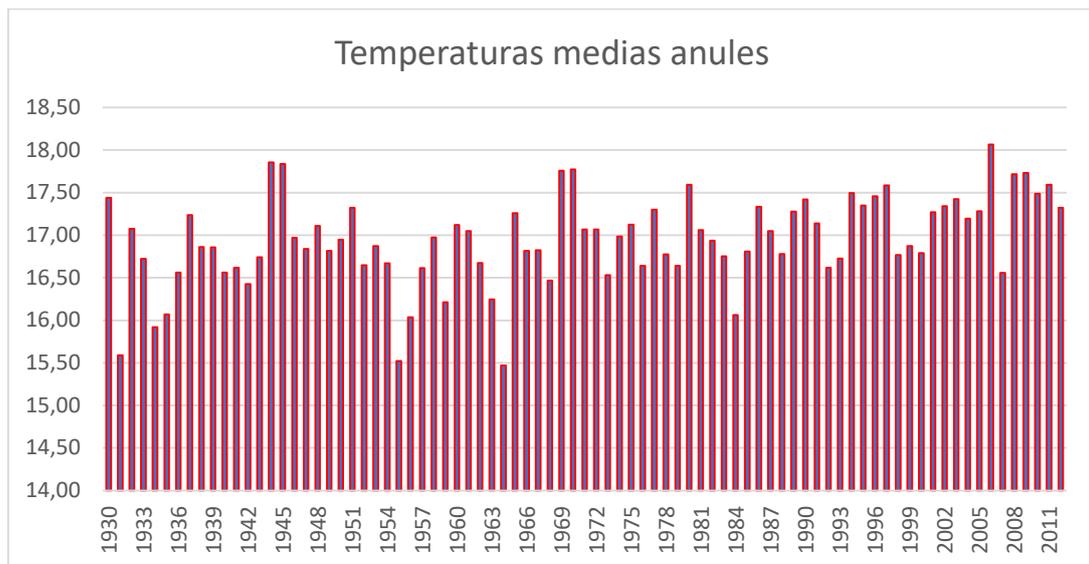


Figura 4: Precipitación media mensual del área de estudio. Tomando de Serie 1956-2014, Agencia de Extensión Rural INTA Villa María.

**MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**



Respecto a las temperaturas, se registra una media anual de  $16,5^{\circ}\text{C}$ , siendo el mes más cálido Enero ( $23,9^{\circ}\text{C}$ ) y el mes más frío Julio ( $9,4^{\circ}\text{C}$ ) con una amplitud térmica aproximada de  $14,5^{\circ}\text{C}$  (Figura 6). En el área por efectos de continentalidad las heladas invernales suelen ser significativas.



### II.3 VEGETACIÓN

La vegetación natural del área corresponde a la *Provincia Fitogeográfica del Espinal*, *Distrito del Algarrobo* (Figura 7). Los especies arbóreas del género algarrobos son las delineadoras del paisaje forestal, destacando el *algarrobo blanco* y el *algarrobo negro*, a quienes acompaña otro árbol de gran porte: el *quebracho blanco*. Otras especies arbóreas de porte medio suelen estar siempre presentes: *espinillo* (dominante), *Schinus molle*, *Celtis tala*, *tala gateador*, *chañar* (*Geoffroea decorticans*), *coronillo* (*Scutia buxifolia*), *la congrosa* (*Maytenus ilicifolia*), y *sombra de toro* (*Jodina rhombifolia*). Entre los arbustos más frecuentes encontramos cedrón, poleo, atamisque, pichanilla, pájaro bobo, varios *Solanum*, diversas especies de chilcas y cactáceas, donde destacan algunas especies de opuntias, y el cardón (*Pachycereus pringlei*). Abundan diversas especies de gramíneas, destacando flechilla mansa (*Aristida mendocina*) y la cola de zorro (*Alopecurus*) (Figura 8).

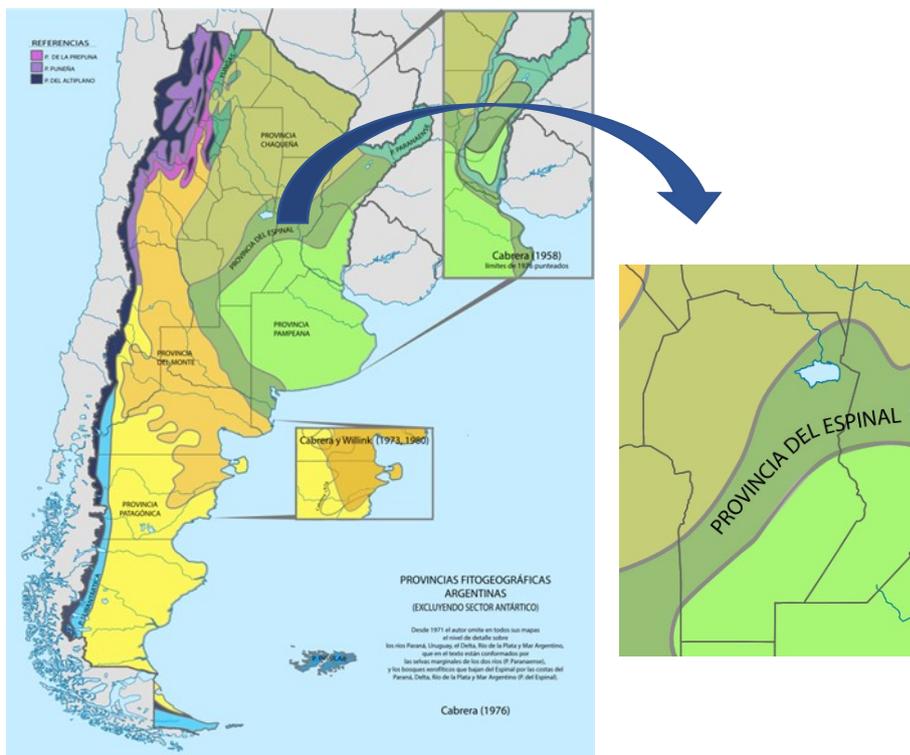


Figura 7: Provincias Fitogeográficas del Espinal, Distrito del Algarrobo. Cabrera (1976).

Las otras escasas manifestaciones de vegetación natural o seminatural, están limitadas a bajos inundables con suelos salino-alcálinos, asociados generalmente a lagunas alimentadas por el nivel freático alto.

Desde los bordes de las lagunas hacia los sectores más elevados del relieve se observa una zonación compuesta por juncuales de junco negro (Juncáceas), pastizales de pelo de chancho (*Distichlis spicata*), pata de perdiz o gramilla (*Cynodon dactylon*) y diferentes especies de paja brava en los sitios que no llegan a inundarse. Las márgenes y barrancas de los cursos de agua, suelen estar pobladas por sauzales de sauce criollo (*Salix humboldtiana*), chilcales (*Baccharis*) y cortaderas (*Cortaderia selloana*).



a



b



c



d

Figura 8: Vegetación natural del área de estudio,  
a) Espinillo, b) Tala, c) Pelo de chancho, d) Flechilla mansa.

A partir de comienzos del siglo XX las actividades agrícola-ganaderas iniciaron una profunda transformación del paisaje introduciendo cultivos, estos comenzaron con la producción de trigo y maíz, para pasar en las últimas décadas a producir maní y soja. Además de la transformación de la vegetación natural en paisajes culturales, la actividad agropecuaria contribuyó a la intensificación de la erosión laminar y a la formación de cárcavas, junto a la degradación química y biológica de los suelos.

Por las razones expuestas, la mayor parte de este territorio está cubierto actualmente por tierras cultivadas y por campos de pastoreo. La vegetación original se componía de bosques xerófilos, de los cuales sólo quedan relictos en las partes altas de lomas medianosas, en las cuales existen limitantes para la agricultura.

#### **II.4 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA**

El área de estudio se localiza en la parte central de la Llanura Chacopampeana. La misma posee un origen tectónico y es el resultado de fallas y ascensos diferenciales de bloques del basamento profundo. Los materiales son predominantemente de naturaleza eólica (loésicos), aunque en partes retrabajados por agua, a los que se asocian materiales pelíticos en las áreas deprimidas y areno-gravosos en las fajas fluviales. El relieve es marcadamente plano, con pendientes regionales hacia el sureste, que no superan el 0,5% de gradiente. Dentro de este paisaje se destacan los derrames de los ríos Suquía, Xanaes y Ctalamochita, cuyas actividades han generado formas de naturaleza fluvial, retrabajando los depósitos eólicos originales (paleocauces, albardones, planicies de inundación, derrames fluviales en lóbulos) y modificando la homogeneidad de los materiales, que varían desde arenosos en paleocauces a limosos en las planicies de inundación.

La cuenca del Arroyo Tegua, desarrollada preponderantemente en sentido Oeste-Este con un largo de 118 Km y un ancho de 67 Km, nace en las proximidades de las localidades de Alpa Corral y Río de los Sauces, en zona de sierras, a una altura sobre el nivel del mar de aproximadamente 1030 m. A medida que avanza hacia el Este va atravesando distintas litologías, desde el complejo ígneo-metamórfico de las Sierras

**MAPA MORFOPEDEOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**

Comechingones y Sierras Las Peñas a rocas Sedimentarias Cuaternarias que cubren la Llanura Chaco-Pampeana. La pendiente se hace cada vez más tendida en este sentido, el curso se torna más divagante y sus caudales van disminuyendo. Finalmente termina por unirse con el Arroyo Carnerillo, al Sur de la localidad de Ticino y sureste de Dalmacio V. Sarfield, a una altura de 90 snm, dando origen al Arroyo Chazón (Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua, 2011) (Figura 9).



Figura 9: Imagen satelital donde se muestra la unión del arroyo Tegua y el arroyo Carnerillo para dar lugar al arroyo Chazón. Tomado de *Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua (2011)*.

Dentro de la cuenca del Arroyo Tegua, se pueden definir una serie de subcuencas cuyos escurrimientos dan origen y/o aportan finalmente al Tegua, tal como se puede observar en la (Figura 10).

**MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**

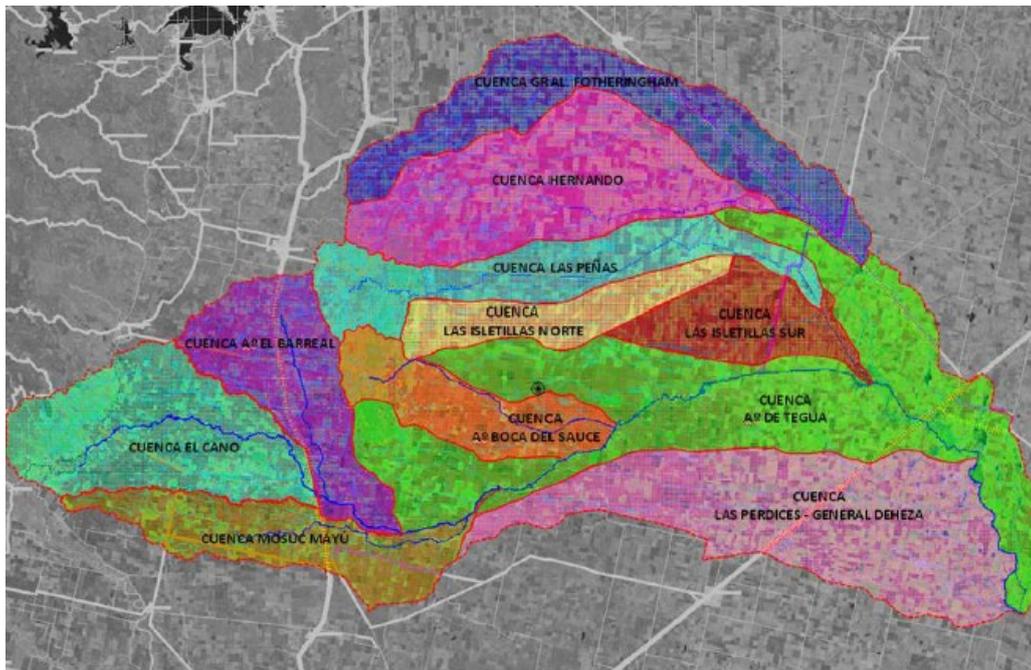


Figura 10: Delimitación de Subcuencas. Tomado de *Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua*.

En la zona alta de la cuenca nacen los arroyos de El Barreal y El Cano, cuya unión da origen al A° Tegua. Aguas abajo de esta confluencia primero se incorporan al Tegua el A° Mosuc Mayú y luego el A° Boca del Sauce entre los parajes de Paso del Molle y Las Selvas. (Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua)

En la Tabla 1 se presenta el área de cada subcuenca y el porcentaje que representa en la Cuenca del arroyo Tegua.

Tabla 1. Área de las Subcuencas delimitadas

CUENCA	SUPERFICIE (Ha)	PORCENTAJE
CUENCA EL CANO	43,218	9.5%
CUENCA A° EL BARREAL	31,161	6.8%
CUENCA MOSUC MAYÚ	28,220	6.2%
CUENCA A° BOCA DEL SAUCE	22,123	4.9%
CUENCA A° DE TEGUA	102,328	22.4%
CUENCA LAS ISLETILLAS SUR	19,506	4.3%
CUENCA LAS ISLETILLAS NORTE	17,027	3.7%
CUENCA LAS PEÑAS	33,052	7.2%
CUENCA HERNANDO	51,964	11.4%
CUENCA GRAL. FOTHERINGHAM	41,312	9.1%
CUENCA LAS PERDICES - GENERAL DEHEZA	66,036	14.5%

## II.5 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA REGIONAL

La Llanura Chaco-Pampeana constituye una extensa cuenca distal del antepaís andino, en especial de las Sierras Pampeanas y Subandinas (Ramos 1999), cuya sedimentación cenozoica se destaca por el predominio de depósitos distales de sistemas fluviales y aluviales efímeros y depósitos eólicos mayormente loésicos, siendo el lugar de tránsito de esos sedimentos hacia la plataforma y talud continental atlánticos (Chebli *et al.* 1999). Durante Pleistoceno toda la región sufrió una secuencia de episodios áridos y húmedos (Cantu y Degiovanni 1984, Carignano 1996, 1997a y b, 1999, Iriondo 1981, Iriondo y Krohling 1996, 2007, Grumelli 2010) que condicionaron la dinámica geomorfológica y, por consiguiente, los rasgos morfológicos que destacan a esta llanura. El paisaje actual resulta fundamentalmente de la influencia del período húmedo correspondiente al Estadio Isotópico IS3, en el que se labró la red fluvial actual de llanura (Iriondo y Krohling 2007), y de la actividad eólica durante los episodios secos del Pleistoceno tardío y del Holoceno tardío, destacándose la generación de un manto de loess (UMG) que suavizó las formas menores del paisaje (elementos estructurales, fluviales y eólicos), el desarrollo de campos de dunas (mayormente longitudinales y parabólicas) y la generación de numerosas cubetas de deflación, la mayoría de ellas actualmente ocupadas por lagunas.

Según la clasificación de Carignano *et al.* (2014) la Llanura Chaco Pampeana se divide en cuatro ambientes mayores: Depresión tectónica de la laguna de Mar Chiquita, Planicie arenosa eólica del sur, Ambientes Pedemontanos y Planicie Fluvioeólica central. Dentro de este último ambiente se localiza el área de estudio. Esta planicie fluvioeólica central está formada por grandes abanicos aluviales coalescentes generados por los ríos que tienen sus nacientes en las Sierras Grandes y descargan sus aguas hacia oriente: Suquía y Xanaes, que desembocan en la Laguna Mar Chiquita y los ríos Ctlamochita y Chocancharava, que se unen para formar el río Carcarañá y desaguar en el río Paraná. Tal como lo señalara Carignano (1996, 1997a y b, 1999), cada uno de estos mega-abanicos está construido por yuxtaposición, incisión y progradación de sucesivos abanicos aluviales generados por el mismo río en diferentes estadios, y cuya posición estuvo fuertemente controlada por los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario y por la actividad neotectónica (Degiovanni *et al.* 2005).

Específicamente la cuenca baja del arroyo Tegua se caracteriza por ser un sector con un relieve muy plano con una pendiente general en sentido NO-SE con inclinaciones que no superan los 0,5%. En este tramo el curso es bastante divagante y se pueden observar áreas de derrames, características de estas zonas en donde el curso pierde capacidad de transporte y deposita los sedimentos. Las zonas más elevadas del relieve conforman los interfluvios en donde predominan los procesos eólicos y están formados por sedimentos loésicos de carácter masivos.

Otra morfología característica es el drenaje tipo araña, que consiste en líneas de escurrimiento rectilíneas dispuestas radialmente alrededor de pequeñas depresiones centrales, que suelen interconectarse siguiendo la pendiente regional o lineamientos estructurales. Los sectores más deprimidos están ocupados por lagunas permanentes. En las líneas de drenaje suele acumularse agua dulce de precipitaciones que pueden recargar localmente y mejorar la calidad de agua del acuífero libre (Cantú y Degiovanni 1984).

En este complejo relieve fluvioeólico se desarrollan predominantemente Molisoles y en menor proporción Alfisoles con problemáticas de salinidad y anegamiento (Bosnero *et al.* 2006). La principal limitante de estos sectores es la oscilación del nivel freático con surgimiento de lagunas y bañados en ciclos húmedos y desecación en períodos donde la media anual de precipitaciones se encuentra por debajo de la media histórica, generándose concentración de sales en superficie. De acuerdo al Instituto Geográfico Nacional (2013) el uso de la tierra está dedicado actualmente a la producción agrícola-ganadera y los establecimientos rurales se encuentran dispersos. Además, estos sectores se encuentran antropizados debido a las canalizaciones.

## **II.6 ESTRATIGRAFÍA**

La sucesión sedimentaria del Pleistoceno y Holoceno de la Llanura Chaco Pampeña es compleja y cíclica, pero sintéticamente se podría describir como una serie de depósitos loésicos (o arenas eólicas) modificados por pedogénesis, e intercalados con sedimentos aluviales, que presenta numerosos hiatos, marcados por superficies de discontinuidad (muchos de ellos casi imperceptibles). Los paleosuelos son comunes en

los perfiles y marcan períodos de no sedimentación con predominio de procesos pedogenéticos.

Los suelos tienen gran significado paleoclimático, al indicar la existencia de períodos de relativa estabilidad del paisaje bajo condiciones climáticas benignas (más húmedas y cálidas), si son comparadas con las fases áridas o semiáridas caracterizadas en la región por eventos de acumulación eólica y/o fases erosivas (Krohling y Carignano 2014).

Los estudios de los sedimentos Cuaternarios se iniciaron tempranamente al igual que el resto de los estudios geológicos. La síntesis del Holoceno de Córdoba realizada por Cantú (1992, 1998), donde se establecen los nombres formacionales de varias unidades litoestratigráficas tanto para el Pleistoceno como para el Holoceno, así como dos unidades edafoestratigráficas, es la base de los estudios de estratigrafía del sur de Córdoba. Posteriormente dichos estudios se ampliaron a través de Degiovanni *et al.* (2005) y se complementaron y corrigieron edades (tabla 2) a través de Grumelli (2010). A continuación, se presenta una breve descripción de la misma:

*Formación Alpa Corral* (Cantú, 1998): hasta el momento se han descripto sólo en las cercanías de la localidad de Alpa Corral. Se trata de sedimentos fluviales compuestos por arenas finas con gravas dispersas, y gravas finas y gruesas intercaladas con arenas medias y gruesas con estructuras en artesa.

En base a consideraciones geológicas Cantú ubicó su límite en el Plio-Pleistoceno. Tauber *et al.* (1992) han hallado restos fósiles que establecerían una edad más antigua para esta formación.

*Formación Pampiano*: (Cantú, 1992) Inicialmente descripta como fluvioeólica por no encontrarse la relación temporal y espacial de cada unidad. Grumelli (2010) describe dos miembros, los que afloran en el Arroyo del Gato, mostrando una clara relación entre ellos. El inferior se puede homologar con la Formación Ensenada de la Provincia de Buenos Aires y el superior con la Formación Buenos Aires (González Bonorino, 1968).

El miembro inferior está integrado por facies planicie aluvial predominante y corresponde a sedimentos arenosos finos y muy finos y limos arenosos, laminados, de color pardo rojizo. Presenta además una facies coluvial integrada por sedimentos areno limosos

homogéneos con débil estructura sedimentaria. De acuerdo a lo propuesto por Grumelli (2010) estos sedimentos del miembro inferior de la Formación Pampiano estarían indicando el predominio de un ambiente de sedimentación aluvial con algunos aportes menores coluviales, en un clima que varía de muy húmedo y fuertemente oxidante en la parte basal a semiárido en la cumbral, evidenciado por horizontes Bt con coloración rojiza, nódulos de hierro y manganeso y revestimientos laminados de arcilla, cada vez más escasos.

El miembro superior está compuesto por sedimentos eólicos, pardo amarillento, compuesto por limos y limos arenosos, con formación de calcretas. Estos sedimentos eólicos conforman el miembro superior de la Formación Pampiano, se corresponde con una aridización del clima (Grumelli, 2010) y corresponderían al Pleistoceno Superior, con una edad OSL 106 ka.

Geosuelo Santa Catalina: (Cantú, 1998) fueron reconocidos dos horizontes (Bt1 y Bt2) con un espesor total de 1,80 m. Presenta estructura prismática y columnar, con revestimientos de arcillas pardo rojizas y óxidos de hierro. Aflora en las márgenes del arroyo Las Lajas.

Geosuelo Ea. El Cerrito: (Cantú, 1992) este paleosuelo se ha descrito en varios sectores del sur de Córdoba, en el área pedemontana y en las cercanías del arroyo Chucul y el arroyo Las Lajas. Se ha reconocido un horizonte Bt con estructura columnar y semicolumnar, con revestimientos de arcillas y óxidos de hierro.

Formación Chocancharava: (Cantú, 1992, 1998) son sedimentos representativos de un ciclo fluvial, se observa en todos los arroyos y ríos de la provincia. Está compuesto por facies de canal granodecrecientes que pasan a secuencias de aguas tranquilas. Sobre estos sedimentos se encuentra desarrollado el pedocomplejo La Colacha descrito por Cantú (1998, 2005) en los arroyos Las Lajas y del Gato. La edad sería Pleistoceno Superior.

MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.

Tabla 2: Cuadro estratigráfico regional (Grumelli, 2010).

Periodo	Epoca	Edad (Ka)	Unid. Litoestratigrafica y Aloestratigrafica	Unid. Edafo-Estratigraficas	Clima	Edad inferida	Procesos Dominantes
CUATERNARIO	HOLOCENO	1.5		Suelo Actual	Templado subhúmedo a húmedo	Presente	Pedogenesis Erosión eólica, Hídrica y fluvial
		2.2					
		6.0	Formación Laguna Oscura		Frio y Seco		Erosión eólica, depositos de loess arenoso y formas medanosas
		10.0	Formación Las Lajas	Geosuelo Las Tapias	Templ. y Húmedo	Hypsitermal	Pedogenesis erosión hídrica en interfluvios, fluvial y remisión, depósitos aluviales y coluviales
	PLEISTOCENO SUP	49.7	Formación La Invernada		Frio y seco	Younger Dryas Ultimo maximo glacial	Erosión eólica. Depósitos de loess arenoso con canales efimeros
		106.0	Formación Chocancharaba	Geosuelo La Colacha	Semiarid. a arido Húmedo templ.	Interglaciari	Pedogenesis, depositos aluviales y coluviales
			Formación Pampiano Sup.	Geosuelo Ea El Cerrito	Frio y seco	Penultimo Glacial	Depositos de loess limoso y formacion de calcretos
	PLEISTOCENO MEDIO	147.0	Formación Pampiano Medio	Geosuelo Santa Catalina	Templ. Calido y húmedo	Interglaciari	Depositos aluviales y palustres

**Formación La Invernada:** (Cantú 1992, 1998) corresponde a un espeso manto de loess que cubre grandes extensiones de la llanura e incluso ha cubierto las pampas de altura de las sierras Pampeanas como Pampa de Pocho, Achala, Olaen y otras menores de las Sierras de Comechingones. Este proceso deposicional loésico comienza entre los 77ka-50 ka OSL y culmina a los 10,5 ka OSL. Por lo general se observa la presencia de paleocanales cortando la sedimentación eólica cercano a la parte basal, siendo hacia

arriba un material puramente eólico (Grumelli y Cantú 2006). En esta secuencia se puede reconocer un inicio árido (IS4), un cambio algo más húmedo que permitió la presencia de arroyadas (IS3) y luego una continua aridez hasta los comienzos del Holoceno (IS2) (Grumelli *et al* 2012).

Suelo Las Tapias: (Cantú 1992, 1998) desarrollado sobre sedimentos eólicos de la Formación La Invernada, está constituido por distintos grandes grupos y subgrupos del orden de los *molisoles*. En la mayor parte del territorio está cubierto por los sedimentos eólicos de la Formación Laguna Oscura. Su desarrollo habría comenzado durante el *Hypsithermal* u *Optimum Climaticum* (IS1) y en los sectores donde se encuentra en superficie o con una leve cubierta eólica, seguiría desarrollándose. La edad es Holoceno Inferior a Medio.

Formación Arroyo Las Lajas: (Cantú 1992, 1998) corresponde a un ciclo fluvial de escasa magnitud difundido en el sur de Córdoba y marca el final del denominado Optimum Climaticum. Los depósitos descriptos se encuentran en canales de fondo plano y paredes verticales y subverticales, con rellenos coluviales y aluviales. La edad sería Holoceno Medio.

Formación Laguna oscura: (Cantú 1992, 1998) son sedimentos eólicos arenosos muy finos y limosos, extendidos en amplias regiones del sur de Córdoba. Su deposición comenzó al finalizar el período Optimum Climaticum. Sobre estos materiales se desarrolla el suelo actual. Su edad OSL es 6,6 ka (Grumelli, 2010)

## II.7 ESTRUCTURA

La llanura Chaco-Pampeña constituye junto a las Sierras Pampeanas el antepaís fragmentado, cuyo estilo tectónico es definido por bloques hundidos y levantados, basculados el E y SE, que generan una morfología escalonada y ondulada, cuya expresión disminuye en sentido de la pendiente regional hacia el sudeste. Los bloques son elongados, con ejes mayores de dirección N-S y limitados por fallas normales e inversas con esta orientación (Degiovanni *et al.*, 2005).

Las áreas positivas y negativas controladas por fallas regionales que caracteriza la llanura poseen un control estructural importante. Muchas de estas fallas evidencian actividad neotectónica, que ha incidido en la conformación de la red de drenaje actual (Degiovanni, 2008).

En el área de estudio se pueden reconocer tres estructuras mayores de probable actividad neotectónica. Hacia el noroeste se encuentra el *Lineamiento Rayo Cortado-Pampayasta-Alejandro* y la *Falla El Rastreador-Los Cisnes*, ambas de rumbo meridiano a submeridiano y hacia el sureste la *Falla Bajos del Saladillo* con una orientación SSO-NNE.

Las fallas meridianas a submeridianas son las más importantes, ya que han definido los grandes bloques diferencialmente ascendidos y basculados (Sagripanti, 2006). Estas fracturas generan a lo largo de toda la planicie pampeana grandes condicionamientos para los sistemas de drenaje superficial y para el movimiento del agua subterránea (Figura 12).

- *Lineamiento Rayo Cortado-Pampayasta-Alejandro*: el mismo fue descrito por Pasotti (1974) quien lo indicó como el desnivel topográfico que divide a los bloques denominados por dicha autora como “Pampa Elevada” y “Pampa Hundida”. Massabie (1987) y Degiovanni *et al.* (2005) también han mencionado a dicho rasgo, el cual para los últimos autores corresponde a una estructura de carácter inverso resultante de los procesos de inversión tectónica andina durante el Neógeno.
- *Falla Bajos del Saladillo*: este rasgo linear fue identificado por Pasotti (1991) a partir del reconocimiento de paleocauces divagantes del Río Saladillo, los que según dicha autora fueron abandonados por interrupción del escurrimiento debido al “hundimiento muy reciente de bloques tectónicos”. Degiovanni *et al.* 2005 interpretaron que este rasgo está asociado al límite occidental del denominado bloque de Viamonte- Laboulaye (Cantú y Degiovanni 1984) y según dichos autores ejerce controles en el escurrimiento superficial de ese sector. Presenta asociado un desnivel topográfico de alrededor de 6–8 m (Degiovanni, com. pers.) y se localiza en el margen oriental de una zona deprimida donde se emplazan los Bajos del Saladillo y un sistema de lagunas alineadas (La Chanchera, La Brava y

## MAPA MORFOPEDOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.

Santa Ana). Los mencionados autores también han interpretado un origen tectónico para las modificaciones y controles en el sentido de escurrimiento de los sistemas fluviales pleistocenos asociados a la traza de la misma, por lo que postularon reactivaciones neotectónicas para la falla Bajos del Saladillo.

También existen lineamientos menores con una orientación general NO-SE que controlan la dinámica de los sistemas fluviales de la región, como las estructuras Chaíto-Chazón y Arroyo Cabral, como también lineamientos asociados a la Cañada de Luca y los arroyos Tegua y Carnerillo (Maldonado *et al.* 2014); los mismos fueron modificados posteriormente por la acción eólica durante los periodos glaciales (Pasotti 1974, Sagripanti *et al.* 2012, Costa *et al.* 2014, Carignano *et al.* 2014).

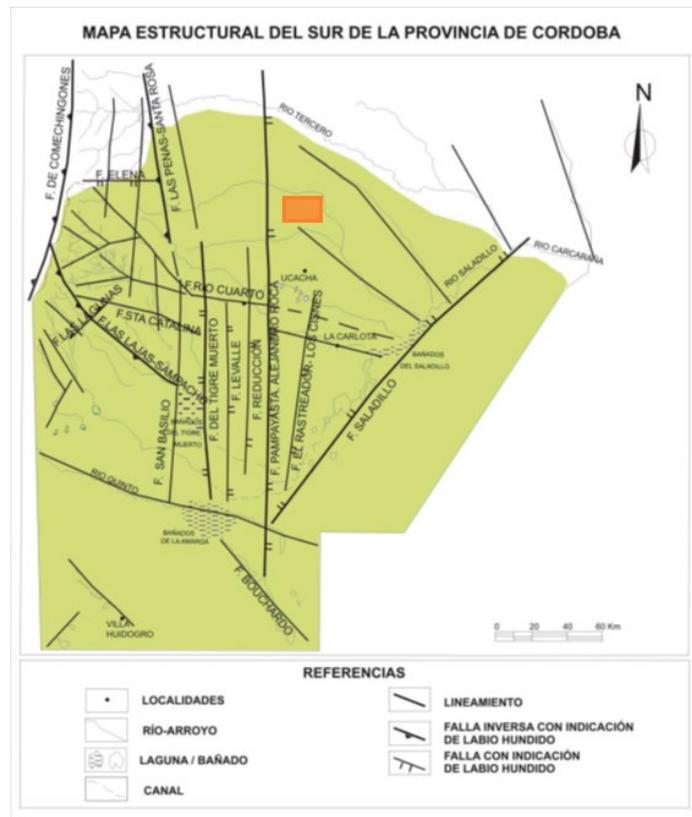


Figura 12: Mapa Estructural del Sur de Córdoba. Tomado de Sagripanti (2006).

## II.9. AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el ambiente de la cuenca del río Ctalamochita existe importante actividad de producción lechera y ganadera sostenida con agua subterránea, por lo que es muy grande la cantidad de perforaciones que extraen agua de diferentes capas acuíferas, siendo los caudales de explotación muy variados entre 2 a 50 m<sup>3</sup>/h

En las inmediaciones del área de estudio (Ticino, Ausonia, Pascanas, Chazón) el agua del acuífero libre se explota mediante pequeñas perforaciones, fundamentalmente para uso ganadero o humano, con caudales pequeños del orden de 1-5 m<sup>3</sup>/h en general con molinos de viento. Los valores de K son del orden de 1 m/d y el espesor acuífero libre es bastante uniforme, entre 60 y 80 m. En esta región se explota agua contenida en capas confinadas pre-Cuaternarias, constituidas por delgadas lentes de arenas medias, gruesas y gravas, de escaso espesor (entre 1-8 m), confinadas por potentes paquetes arcillosos que les otorgan distintos grados de confinamiento.

De acuerdo a las características granulométricas, los materiales que constituyen los niveles acuíferos más profundos, poseen una K del orden de 5-20 m/d (Maldonado et al. 2014), la que disminuye por el grado de diagénesis a las profundidades a las que

yacen. Las perforaciones son de tipo semisurgentes o surgentes con niveles piezométricos de -22 m hasta +5m. Los caudales de explotación son pequeños, en el orden de 2-5 m<sup>3</sup>/h y la salinidad intermedia (2-5 g/L) (Blarasin et al. 2014).

## II.9 USO DE LA TIERRA

La totalidad de la tierra del Departamento General San Martín está dedicada actualmente a la producción agrícola-ganadera, con excepción de los espacios ocupados por ejidos urbanos, vías de comunicación, estaciones ferroviarias y otras áreas consideradas misceláneas (Tabla 3).

**MAPA MORFOPEDOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**

Tabla 3: Principales actividades en el Departamento San Martín. Tomado de "Caracterización del Sector Agroalimentario", 2003

<b>suelo</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>Tipo de Producción</b>
<b>Agrícola</b>	27.807	5,6	Soja, maní, maíz, sorgo, girasol, leche, invernada
<b>Agrícola-ganadera</b>	224.279	44,9	Soja, maní, maíz, sorgo, girasol, leche, invernada
<b>Ganadera-agrícola</b>	104.314	20,9	Soja, maíz, sorgo, girasol, leche, invernada
<b>Ganadera</b>	97.861	19,6	Leche, invernada, cría
<b>Ganadera</b>	37.785	7,6	Cría

Las actividades sustantivas vinculadas al sector agropecuario del departamento General San Martín son la agricultura y la ganadería, incluyendo la producción de leche y de carne. La producción agrícola se desarrolla en base a: Soja, Trigo, Maní, Maíz y Sorgo, en orden de importancia.

En la evaluación del uso de la tierra durante el 2001 y 2002, de las 492.373 ha de uso agrícola del departamento General San Martín, el 40% se dedicó a la agricultura, el 35% a la producción lechera y el 22% a la producción de carne. Estos porcentajes sufrieron importantes cambios en la última década, la agricultura se triplicó mientras que la superficie dedicada a lechería y carne disminuyó (Tabla 4).

Tabla 4: Evaluación del uso de la Tierra. Tomado de Dpto. Gral. San Martín. Pcia. de Cba. Caracterización del Sector Agroalimentario", 2003

<b>Superficie</b>	<b>91/92</b>	<b>99/00</b>	<b>01/02</b>
<b>Agrícola</b>	12%	34%	40%
<b>Tambo</b>	47%	37%	35%
<b>Ganadera</b>	38%	26 %	22%

### **Producción de leche**

En las tres últimas décadas se observó una disminución de la superficie dedicada a tambo y de la cantidad de tambos. Además, se visualizó un aumento en el volumen de leche por tambo y de la productividad debido a la incorporación de tecnología, aumentando así la producción total (Tabla 5).

Tabla 5 Numero de tambos y producción diaria de las últimas décadas. *Tomado de Dpto. Gral. San Martín. Pcia. de Cba. Caracterización del Sector Agroalimentario”, 2003.*

<b>Año</b>	<b>N° de tambos</b>	<b>Litros/día/tambo</b>	<b>Litros/día total</b>
<b>1980</b>	1.750	376	658.000
<b>1991</b>	1.464	484	708.576
<b>1999</b>	993	1.134	1.126.062

### Producción de Carne

En el departamento General San Martín la ganadería, al igual que la producción de leche, fue desplazada en superficie en los últimos años por la agricultura. Son muy pocos los casos de establecimientos que se dedican exclusivamente a la producción de carne, siendo más factible encontrar esta actividad asociada a la producción de leche y en algunos casos asociada a la agricultura.

### Producción Agrícola

Se puede observar que la producción agrícola en el departamento creció más de tres veces en una década. Este crecimiento viene de la mano del cultivo de Soja, la siembra directa y el doble cultivo Trigo/Soja. Esto se puede apreciar comparando las superficies por cultivo durante las evaluaciones del uso de la tierra durante los años 96/97, 00/01 y 01/02 (Tabla 6).

Tabla6: Rendimiento por hectárea de los distintos cultivos del departamento San Martín. *Tomado de Dpto. Gral. San Martín. Pcia. de Cba. Caracterización del Sector Agroalimentario”, 2003*

<b>Cultivo</b>	<b>96/97</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>
<b>Trigo</b>	16.000	38.000	45.000
<b>Soja 1°</b>	15.000	50.000	50.000
<b>Soja 2°</b>	15.000	32.000	45.000
<b>Maíz</b>	18.500	12.000	15.000
<b>Sorgo granífero</b>	15.000	11.400	7.500
<b>Maní colorado</b>	4.100	3.300	2.900
<b>Maní Runner</b>	41.400	37.000	35.000
<b>Girasol</b>	s/d	s/d	1.000

# CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

### III. METODOLOGÍA

#### III.1. Tareas preliminares de gabinete:

Durante esta etapa se realizó una intensiva recopilación de antecedentes bibliográficos especialmente en temáticas relacionadas al estudio de la geopedología, de las geoformas y cómo estas contribuyen a la formación y distribución de los suelos; como también conceptos de planificación y ordenamiento territorial. Además, se procedió al estudio de antecedentes del área de estudio, geología, clima, vegetación, uso de la tierra y capacidad de uso de los suelos.

A través de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat 8 (228-82 y 228-83, 2014) del USGS, Cartas Topográficas del IGN y fotografías área, se confeccionó un mapa geomorfológico, donde cada una de las unidades y subunidades geomorfológicas fueron definidas utilizando criterio geológico, su vinculación con la pedogénesis, identificación de los procesos activos en cada uno de ellas y los elementos geomorfológicos presentes.

#### III.2. Tareas de Campo:

En base a la caracterización geomorfológica se procedió al reconocimiento de las unidades en el campo y el ajuste de sus límites.

Luego se realizó la apertura de perfiles representativos en 2 de las unidades mapeadas: Llanura eólica y Drenaje tipo araña. En la unidad de derrames, debido a la inundación permanente durante la etapa de muestreo se toma el suelo representativo de la Serie Hernando descrita en la Carta de suelo de Rio Tercero.

Se analizaron todos los horizontes tomando muestras de la parte central de lo mismo, con determinación de las propiedades físicas a campo e interpretación del paisaje de forma integral, pendientes, drenaje, vegetación y el uso de la tierra.

#### III.3. Tareas de laboratorio:

Se llevó a cabo la descripción y muestreo de los perfiles de suelos (Soil Taxonomy, 2014). Las muestras disturbadas obtenidas se utilizaron para la realización de los análisis físicos, físico-químicos y químicos de rutina. Las muestras fueron secadas al aire,

desmenuzadas, tamizadas (malla N° 10 ASTM) y cuarteadas hasta obtener aproximadamente 1 kg. Sobre cada una de ellas se realizaron las determinaciones analíticas de rutina que a continuación se describen:

### **Carbono Orgánico (%)**

Se determinó el contenido de MO por pérdida por ignición (LOI) según la metodología de Dean's (1974, 1999) modificado por Heiri et al. (2001).

### **Granulometría**

Se realizó por el método combinado de la *pipeta de Khün*, basado en la aplicación de la Ley de Stokes, para las fracciones menores a 50 micrones y *tamizado vía seca* para las fracciones más gruesas, separadas según los rangos establecidos por el Soil Survey Staff (2006). Finalmente se calcularon los porcentajes de las diferentes fracciones presentes en la muestra de suelo.

### **pH**

Por métodos potenciométricos; solución con agua destilada en 1:1 (Jackson, 1970).

### **Bases Intercambiables**

Las bases intercambiables se determinaron por el método del acetato de amonio, determinando los cationes Ca y Mg por el espectrofotómetro de absorción atómica y Na y K por fotometría de llama (Personal del Laboratorio de Salinidad del USDA, 1982).

### **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

Se determinó por el método del acetato de amonio, determinando Na total por fotometría de llama (Personal del Laboratorio de Salinidad del USDA, 1982).

### III.4 Tareas de Gabinete:

Esta etapa consistió en la interpretación de los datos obtenidos en las etapas de campo, el procesamiento de los datos obtenidos en el laboratorio y la integración de la información obtenida para su posterior interpretación.

### **Análisis geomorfológico**

En base al análisis de la información obtenida en el estudio geológico-geomorfológico a mayor detalle, se realizó un ajuste de las unidades geomorfológicas de escala regional, que permitió distinguir los elementos geomorfológicos presentes, su diverso origen, distribuciones areales, distintos grados de preservación y formas, procesos y características generales propias y distintivas. Se confeccionó el Mapa Geomorfológico para el área de estudio.

### **Unidades cartográficas**

Se definieron las unidades cartográficas a partir de las observaciones de campo, de la fotointerpretación de imágenes satelitales, y luego controladas a campo a fines de redefinir los límites de las unidades preliminares de la carta de suelos.

Los criterios cartográficos utilizados son los establecidos en el Handbook N° 18 del Servicio de Suelos del U.S.D.A. (1993). En base al análisis de la información obtenida se confeccionó el Mapa de Suelos para el área de estudio.

Al análisis morfopedológico se le adicionó la distribución y ocupación del territorio para observar el uso de las tierras, para definir la capacidad de uso de los suelos, como herramienta de base para el ordenamiento territorial del área de estudio.

Finalmente se realizó la integración de la información obtenida y la redacción de la presente tesis de Licenciatura.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### IV.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA:

Las geoformas presentes en el área de estudio son el resultado de la acción combinada de procesos eólicos y fluviales que tuvieron lugar a lo largo del Cuaternario, formando un ambiente complejo. Así, el depósito primario de loess (Pleistoceno Medio a Tardío) fue alterado por los cauces con significativa capacidad de transporte de sedimentos. Eso dio origen a depósitos de apariencia loésica con evidencia de acción fluvial y/o aluvial. Posteriormente durante el Holoceno Tardío, con la removilización del loess que cubrió gran parte de la llanura Chaco-Pampeana, estas morfologías fluviales fueron suavizadas. Esta llanura agradativa posee un relieve suavemente ondulado con una pendiente general de orientación NNO-SSE. Pasotti (1974) la define como “Pampa Hundida” producto de actividad neotectónica de estructuras como el Lineamiento Rayo Cortado-Pampayasta-Alejandro, conformando así un área de descarga de los ríos que tienen sus nacientes en las Sierras Pampeanas y se conducen hacia los Bañados del Saladillo. Las morfologías características de esta zona de bajo gradiente son: canal divagante (meándrico), faja fluvial y sus planicies de inundación, espiras de meandros, áreas de derrames, paleoabanicos, paleocauces, lóbulos de derrames, cuerpos lagunares, zonas de interfluvio, entre otras. Las mismas fueron agrupadas en distintas unidades geomorfológicas en donde se realiza una descripción de sus características, formas, distinto grado de preservación, proceso de formación y litología dominante (Figura 13).

- *I. Unidad Planicie Aluvial*
- *I.a. Subunidad Faja Fluvial Moderna*
- *I.b. Subunidad Planicie de inundación*
- *I.c. Subunidad Paleofaja Fluvial*
- *I.d. Subunidad abanico distal*
- *II. Unidad Planicie Eólica*
- *III. Unidad Drenaje tipo araña*

# Mapa Geomorfológico de la Cuenca baja del arroyo Tegua

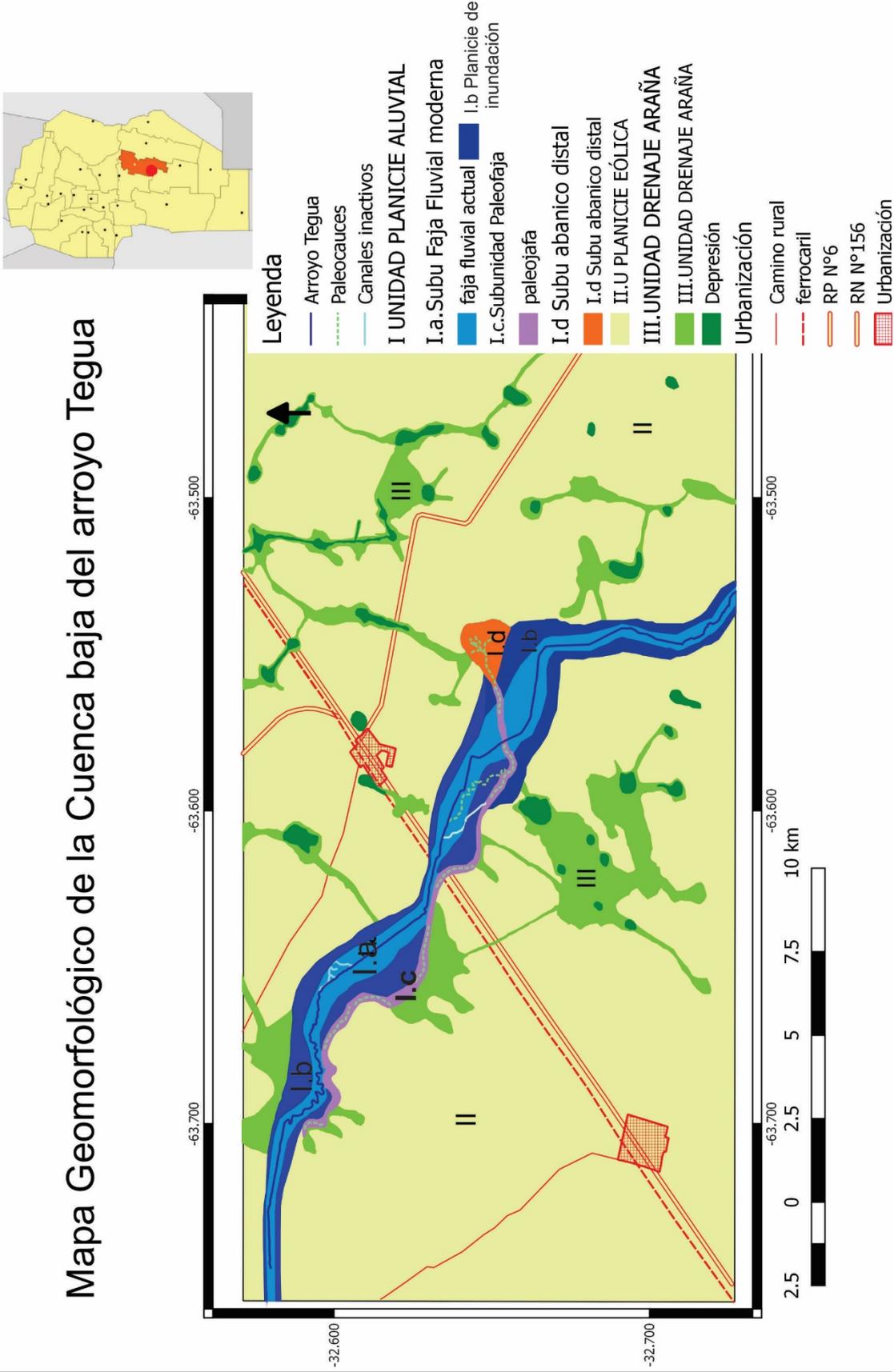


Figura 13: Mapa Geomorfológico de la Cuenca Baja del arroyo Tegua

### *I.Unidad Planicie aluvial*

Esta llanura aluvial se caracteriza por ser un área deprimida, de muy bajo gradiente, con sedimentación fluvial dominante y alta migración de canales. Dentro de las mismas se encuentran varias morfologías producto de la dinámica fluvial.

#### *I.a. Subunidad Faja Fluvial Moderna:*

Corresponde a los sectores afectados por la dinámica actual del arroyo Tegua. Es una faja elongada en sentido NO-SE y con un ancho variable de aproximadamente de 300m a 70m en los sectores en donde el curso está canalizado. La morfología del cauce es meandriforme, muy divagante, característico de relieves muy planos en donde los cursos se encuentran próximo a su nivel base. La sedimentación es puramente fluvial predominando las granulometrías gruesas, gravas, arenas gruesas a medias.

#### *I.b. Subunidad Planicie de Inundación:*

Se reconocen rasgos aluviales característicos a facies de planicie de inundación bien definidos, pero con distintos grados de preservación, con anchos variables entre 200 a 1000 metros, con una orientación general NO-SE y expresión topográfica mínima. Estos depósitos están asociados a eventos de crecida y desborde del canal en donde el curso aumenta su caudal y con ello la capacidad de transporte, los sedimentos se depositan en forma laminar en una gran extensión areal. Es característica la estructura plano paralela de sedimentos finos con importante bioturbación y granulometrías que van de arenas finas a muy finas.

#### *I.c.Subunidad Paleofaja Fluvial:*

En esta subunidad se reconocen paleocanales vinculados a antiguas divagaciones del arroyo Tegua, así como también las paleollanuras asociados a los mismos. Los paleocanales son formas alargadas y angostas que siguen la

pendiente regional, son muy sinuosos y de morfología meadriforme. Estos rasgos no han sido completamente obliterados por la cubierta loésica y son perfectamente reconocibles en las imágenes satelitales.

Predominan las facies de canal, estructuras de corte y relleno, laminación entrecruzada cuyas granulometrías varían entre arenas gruesas a medias, como también loess con gravilla dispersa.

Estos cursos pueden funcionar como redes de drenajes actuales en momento de lluvias extraordinarias.

#### *I.d. Subunidad abanico distal:*

Esta morfología es resultado de la sedimentación de los materiales transportados por el curso como consecuencia de una disminución del gradiente o del caudal. La sedimentación se produce cuando las condiciones del flujo disminuyen de manera tal que se detiene el transporte de los sedimentos y estos comienzan a acumularse en función a su granulometría y a su densidad. Así las granulometrías más gruesas se encuentran cerca del ápice del abanico y las más finas en las posiciones más distales.

Muchos de estos abanicos distales dejaron de funcionar como tales luego de que el arroyo Tegua fuera canalizado.

#### *II. Unidad Planicie Eólica:*

Corresponde a los sectores más elevados del relieve constituyendo extensas lomadas suavemente onduladas en donde el agente formador por excelencia es el viento. Los sedimentos presentes son de baja granulometría, predominando arenas muy finas y loess de carácter masivos. En algunos sectores el loess es removilizado por acción aluvial.

Por su disposición y morfología se podría decir que estas áreas de interfluvio son sincrónicas al funcionamiento de la faja fluvial.

### III. Unidad Drenaje tipo araña:

Consisten en pequeñas depresiones conectadas entre sí que forman un drenaje en forma estrellada con una orientación general NO-SE. Estas geoformas se localiza en el sector oeste-suroeste del área en las zonas más deprimidas en donde en nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie o aflorando. En los periodos más húmedos se encuentran ocupadas por lagunas y en los periodos más secos ocurre la precipitación de sales.

Cantú y Deggiovanni (1984) vincularon su origen a una intensa fracturación del basamento reactivado por neotectónica y posterior acomodamiento de los sedimentos loésicos.

## **IV.2. MAPA DE SUELOS**

El mapa de Suelos se elabora con el objetivo de señalar la distribución geográfica de los distintos tipos de suelos, de acuerdo a sus características propias y su relación con los rasgos físicos y culturales de la superficie terrestre.

Los mapas de Suelos permiten no sólo determinar las características y distribución de los suelos y su clasificación taxonómica, sino también sus aptitudes para el uso con desarrollo sustentable, estableciendo normas de manejo para un mejor aprovechamiento del recurso y especificando las áreas de rehabilitación afectadas a erosión y/o drenaje excesivo.

Sintéticamente, la información suministrada por los mapas de suelos permite: determinar la capacidad de uso de las tierras y estimar su productividad bajo determinados niveles de manejo; planificar el uso racional del suelo a distintos niveles (regionales, subregionales, de predios), permitiendo adecuar las prácticas de manejo y conservación las distintas clases de tierras; dar las bases para la investigación y experimentación agropecuaria; entre otros fines.

#### IV.2.1. UNIDADES TAXONÓMICAS

Las *Unidades Taxonómicas* definen intervalos específicos de propiedades de suelos con relación a la variación total de las propiedades del mismo.

El sistema de clasificación de suelos comprende seis *Unidades Taxonómicas* o categorías de clasificación, cuyas especificaciones aumentan del primero al sexto. Ellos son:

- 1) *Orden*
- 2) *Suborden*
- 3) *Gran Grupo*
- 4) *Subgrupo*
- 5) *Familia*
- 6) *Serie*

De acuerdo a la escala utilizada en el presente trabajo, el nivel taxonómico que corresponde es el de serie y la unidad cartográfica son las asociaciones, consociaciones y complejos, según corresponda.

A continuación, se describen las series de suelos descriptas:

##### **Serie Tentativa Ballesteros**

Los suelos de esta serie se encuentran desarrollados sobre sedimentos tipo manto loésico, dentro de la Planicie eólica, presenta un relieve plano con pendientes del orden de los 0,5% a 1%, con un escurrimiento bueno y bajo riesgo de anegamiento. La cobertura vegetal al momento del muestreo es de un 90% sembrado con alfalfa (Figura 14).

Estos suelos presentan un moderado grado de desarrollo, textura franco arenosa muy fina, son bien drenados, con un horizonte Bw que presenta barnices de arcillas y humus en las caras de los agregados.

El perfil típico (Figura 15) fue descripto a 2800m al SE de la localidad Dalmacio Vélez 32° 37 48" S y 63°33 34" O, a 225m sobre el nivel del mar y presenta las siguientes características:



Figura 14: Paisaje de la Serie Ballesteros.

**Ap** (0-9cm); color pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; textura franco arenosa muy fina; estructura laminar gruesa (2cm) que rompe a bloque medios a finos subangulosos; consistencia en seco ligeramente dura y en húmedo muy firme; el límite inferior es abrupto y suave. Posee mucha bioturbación.

**Bw1** (9-12cm); color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo, textura franca arenosa muy fina; estructura en bloque angulares gruesos aplanados que rompe a bloques angulares menores; consistencia dura en seco y en húmedo muy firme; escasos barnices en las caras de los agregados; el límite inferior es abrupto y suave. Posee mucha bioturbación.

**Bw2** (12-28cm); color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura franca arenosa muy fina; estructura prismática con abundantes barnices en la cara de los agregados; consistencia muy dura en seco y firme en húmedo; límite inferior abrupto. Posee mucha bioturbación.

## MAPA MORFOPEDEOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.

**BC** (28-44cm); color pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y textura franca arenosa muy fina; estructura prismática que rompe a bloques, consistencia blanda en seco y firme en húmedo; el límite inferior es claro. Se observa menos bioturbación.

**C** (44-50cm); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franca arenosa muy fina; estructura masiva, consistencia blanda en seco y friable en húmedo; límite inferior claro y suave. Se observa menos bioturbación.

**Ck** (50-+); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franco arenosa muy fina; estructura masiva; consistencia blanda en seca y friable en húmedo; el límite inferior es claro y suave.

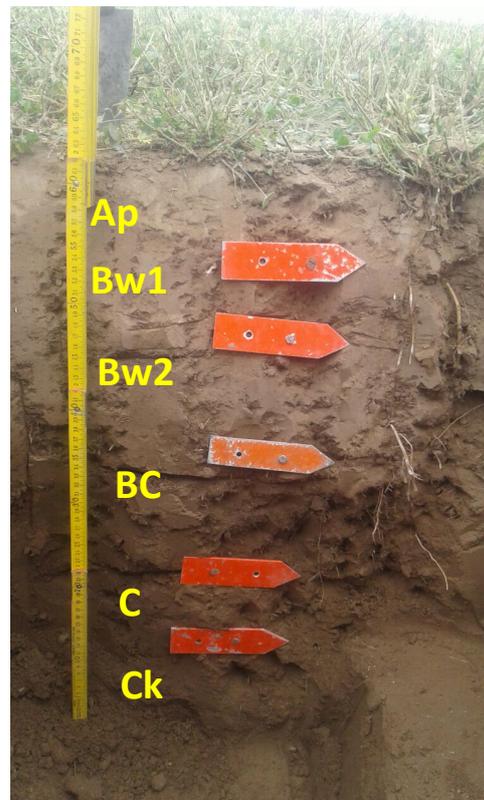


Figura 15: Perfil Típico Serie Ballesteros

En la Tabla 7 se muestran los datos analíticos del perfil descripto.

Tabla 7: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Ballesteros

<b>HORIZONTE</b>	<b>A</b>	<b>Bw1</b>	<b>Bw2</b>	<b>BC</b>	<b>C</b>	<b>Ck</b>
<i>Profundidad, cm</i>	0-9	9-12	12-28	28-44	44-50	50-+
<i>Materia Orgánica</i>	1,42	1,69	1,62	1,47	1,56	1,54
<i>Carbono orgánico</i>						
<i>Arcilla &lt; 2 μ, - %</i>	3,42	0,41	2,95	, -4,84	1,47	2,52
<i>Limo, 2-50 μ, - %</i>	40,41	50,80	44,57	62,49	44,45	49,95
<i>Arena muy fina, 50-100 μm %</i>	53,59	45,74	46,40	41,87	53,02	47,24
<i>Arena fina, 100-250 μm %</i>	1,22	2,50	3,63	0,46	0,99	0,25
<i>Arena media, 250-500 μm %</i>	1,36	0,55	2,46	0,02	0,07	0,44
<i>Arena gruesa, 500-1000 μm %</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	-	-	-	-	-	-
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	5.81	6,18	6,39	6,78	7,85	8,17
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>						
<i>Na+</i>	6,50	6,96	6,87	7,83	13,05	13,92
<i>K+</i>	3,94	3,43	2,27	1,90	2,41	4,14
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	0,405	0,266	1,12	3,43	5,46	4,14
<i>Conductividad (ms)</i>	30,57	48,72	28,71	35,67	33,93	27,84,10

### Clasificación taxonómica:

Taxonómicamente los suelos de esta serie fueron clasificados como Haplustol, údico, limosa gruesa, franca fina.

### **Serie Tentativa Ticino**

Este suelo se encuentra en la unidad “Drenaje tipo araña”, en un relieve muy plano a cóncavo, en donde el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie, el escurrimiento es muy lento y se dan condiciones de estancamiento. Bajo estas características el riesgo de anegamiento es muy elevado y se desencadenan procesos de hidro y halomorfismo en el perfil.

La cobertura vegetal al momento del muestreo es del 50%, predominando especies naturales con tolerancia a la salinidad como la Salicornia y el Pelo de chancho (Figura 16 a y b).



Figura 16a: Paisaje suelo Serie Ticino.



Figura 16b: Paisaje Serie Ticino.

El perfil típico fue descrito a 5120m de la localidad de Dalmacio Velez 32° 38'47" S y 63° 36' 57" O, a 230m sobre el nivel del mar (Figura 17) y muestra las siguientes características:

**Ap** (0-2cm); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo y textura limo arenosa; estructura laminar que rompe en bloques angulares medios; consistencia blanda en seco y firme en húmedo; el límite inferior es abrupto.

**Bwk1** (2-5cm); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo y textura limo arenosa fina; estructura laminar que rompe a bloques angulares cortos; consistencia muy dura en seco y firme en húmedo; límite inferior abrupto. Se observan moteados y humedad en el horizonte.

**Bwk2** (5-11cm); color pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; textura limo arenosa fina; estructura en bloque que rompe a bloques subangulares cortos; consistencia muy dura en seco y friable en húmedo; el límite inferior es abrupto. Se observan moteados y humedad en el horizonte.

**Bck1** (11-17cm); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura limo arenosa; estructura en bloques débil; consistencia muy dura en seco y friable en húmedo; el límite inferior es abrupto. Presenta abundante humedad.

**Bck2** (17-33cm); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura limo arenosa; estructura en bloques muy débiles; consistencia muy dura en seco y suelto en húmedo; el límite inferior es abrupto. Presenta abundante humedad.

**Ck** (33-+); color pardo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura limo arenosa; estructura masiva; consistencia ligeramente dura en seco y suelto en húmedo. Presenta abundante humedad.

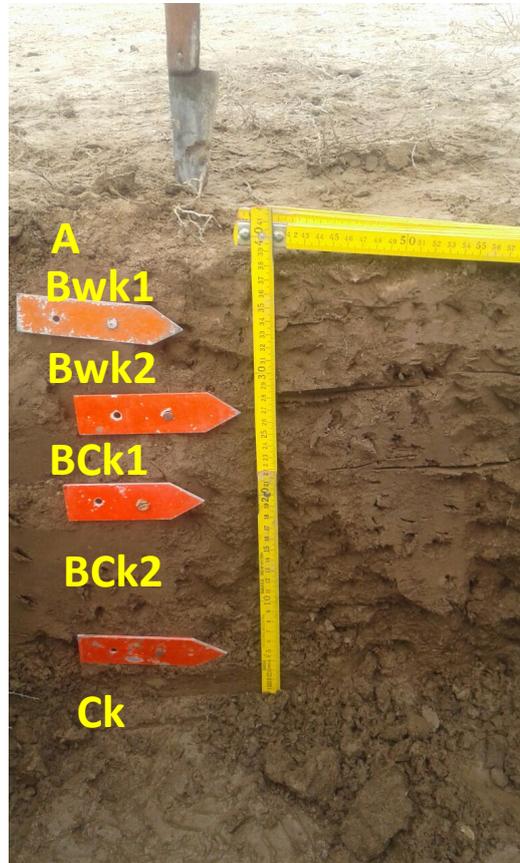


Figura 17: Perfil típico de la Serie Ticino

En la tabla 8 se muestran los datos analíticos del perfil descrito.

MAPA MORFOPEDEOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.

Tabla 8: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Ticino.

<b>HORIZONTE</b>	<b>A</b>	<b>Bwk1</b>	<b>Bwk2</b>	<b>BCK1</b>	<b>BCK2</b>	<b>Ck</b>
<i>Profundidad, cm</i>	0-2	2-5	5-11	11-17	17-33	33+
<i>Materia Orgánica</i>	-	1,48	1,39	1,43	1,64	1,58
<i>Carbono orgánico</i>						
<i>Arcilla &lt; 2 μ, - %</i>						
<i>Limo, 2-50 μ, - %</i>	51,69	42,57	52,70	43,63	48,27	52,18
<i>Arena muy fina, 50-100 μm %</i>	43,13	52,12	46,81	54,12	51,35	47,53
<i>Arena fina, 100-250 μm %</i>	3,27	0,25	0,29	0,28	0,28	0,24
<i>Arena media, 250-500 μm %</i>	1,91	0,03	0,04	0,08	0,05	0,03
<i>Arena gruesa, 500-1000 μm %</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	-	-	-	0,04	-	-
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	-	8,89	8,68	9,50	9,06	8,57
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>						
<i>Na+</i>	46,98	269,68	217,48	65,24	68,72	63,51
<i>K+</i>	4,75	5,63	5,48	5,48	5,63	5,41
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	27,84	31,32	34,80	35,80	38,28	25,23
<i>Conductividad (ms)</i>		6,92	2,85	3,20	3,75	1,10

**Clasificación taxonómica:**

Taxonómicamente los suelos de esta serie fueron clasificados como Natracualf típico.

### **Serie Tentativa Hernando**

Este perfil se presenta dentro de la unidad geomorfológica “Planicie de inundación”.

Es un suelo profundo, bien drenado, desarrollado sobre materiales franco limosos. Se encuentra vinculada a líneas de escurrimiento y aureolas de bajos dentro de un paisaje general de lomas extendidas.

El perfil tipo de la serie Hernando fue estudiado a 14,6 km al NO de la localidad homónima 32° 21' S y 63° 36' O, a 264 m sobre el nivel del mar y presenta las siguientes características:

**Ap** 0-27 cm; color pardo grisáceo oscuro (10YR3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior claro y suave.

**Bt** 27-54 cm; color pardo oscuro (7,5YR3,5/2) en húmedo; franco limoso; estructura en prismas irregulares medios moderados a débiles; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; barnices comunes y finos; límite inferior gradual y suave.

**BC** 54-82 cm; color pardo a pardo oscuro (7,5YR4/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escasos barnices finos; límite inferior abrupto, ondulado.

**Ck** 82 cm a más; color pardo (7,5YR5/4) en húmedo; franco limoso; masivo; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; abundante calcáreo pulverulento en la masa del suelo.

En la tabla 9 se muestran los datos analíticos del perfil descripto.

**MAPA MORFOPEDOLOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.**

Tabla 9: Datos analíticos del perfil típico de la Serie Hernando.

<b>HORIZONTE</b>	<b>A</b>	<b>Bt</b>	<b>BC</b>	<b>Ck</b>
<i>Profundidad, cm</i>	0-27	27-54	54-82	82-+
<i>Materia Orgánica</i>	2,41	0,86	0,51	-
<i>Carbono orgánico</i>				
<i>Arcilla &lt; 2 μ, - %</i>	15,2	21,7	17,7	14,6
<i>Limo, 2-50 μ, - %</i>	71,6	61,5	60,6	64,3
<i>Arena muy fina, 50-100 μm %</i>	12,8	16,6	19,1	17,1
<i>Arena fina, 100-250 μm %</i>	0,9	0,7	1,7	2,7
<i>Arena media, 250-500 μm %</i>	0,2	0,3	0,3	0,3
<i>Arena gruesa, 500-1000 μm %</i>	-	-	-	-
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	-	-	-	-
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	6	7	7,3	8,3
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>				
<i>Na+</i>	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>K+</i>	2,4	1,7	1,0	1,8
<i>Mg<sup>++</sup></i>	0,7	1,0	1,2	-
<i>Ca<sup>++</sup></i>	10,2	13,1	12,9	-
<i>Suma de bases me/100g</i>	13,4	15,7	15,3	-
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	16,0	16,5	15,6	12,0
<i>Saturacion can bases, % (S/T)</i>	84	95	98	-
<i>Conductividad (ms)</i>	-	-	-	-

**Clasificación taxonómica:**

Taxonómicamente los suelos de esta serie fueron clasificados como Argiustol típico, limosa fina, mixta, térmica.

#### IV.2.2. UNIDADES CARTOGRAFICAS

El mapa de suelos está caracterizado por límites y símbolos que corresponden a las *Unidades Cartográficas*. Cada Unidad Cartográfica representa un suelo o agrupación de suelos vinculados geográficamente y son definidas en función de las Unidades Taxonómicas. Las Unidades Cartográficas son un conjunto de todas las delineaciones del suelo que están identificadas por un único símbolo, color, nombre u otra representación en el mapa y definen áreas de suelos.

En toda Unidad cartográfica es probable que existan, además de una clase o un grupo de clases de suelos, otros que no caen dentro de la definición taxonómica por lo que se consideran inclusiones cartográficas. Actualmente se utilizan cinco clases de unidades cartográficas primarias. Ellas son:

- 1) *Consociaciones*
- 2) *Complejos*
- 3) *Asociaciones*
- 4) *Grupos no diferenciados*
- 5) *Grupos no asociados*

Las *Consociaciones* son aquellas áreas dominadas por un solo taxón o áreas misceláneas y suelos similares.

Los *Asociaciones* de Suelos son una mezcla geográfica de sectores con dos o más suelos que pueden separarse mediante levantamiento detallado a escala aproximadamente 1:24.000.

Los *Complejos* son también una mezcla geográfica de áreas de diferentes suelos o de suelos y un área miscelánea, asociados de manera intrínseca, lo que hace dificultoso separarlos en levantamientos detallados a escala aproximada de 1:24.000.

Los *Grupos no diferenciados* consisten en dos o más taxas que no están consistentemente asociadas geográficamente pero que se incluyen en la misma unidad cartográfica debido a que el uso y manejo es el mismo o muy similar.

Los *Grupos no asociados* son unidades cartográficas que contienen dos o más clases de suelos importantes que tienen diferentes aptitudes para el uso y su distribución en el paisaje es desconocida.

Las unidades cartográficas fueron definidas a partir de las observaciones de campo y de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat 8 (228-82 y 228-83, 2014) del USGS. Los criterios utilizados son los establecidos en el Handbook N° 18 del Servicio de Suelos del U.S.D.A. (Figura 18).

MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.

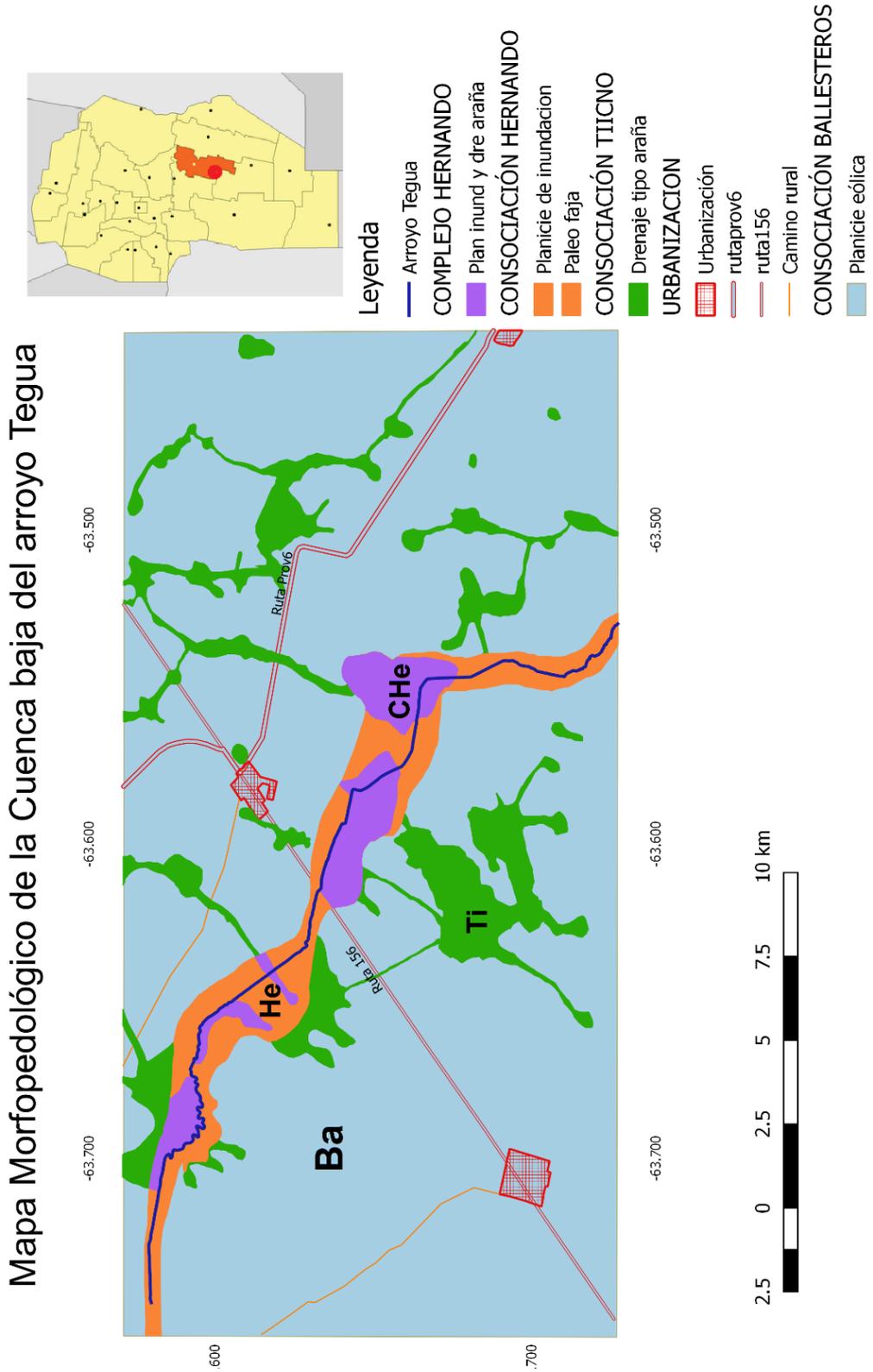


Figura 18: Mapa Morfopedológico de la Cuenca Baja del arroyo Tegua.

### **Consociación Ballesteros**

*Símbolo: Ba*

La composición de esta unidad incluye los Suelos de la Serie Ballesteros (85%) distribuidos uniformemente en la unidad, y suelos similares (15%) que se presentan fundamentalmente en la transición con unidades limitantes.

Esta unidad se caracteriza por poseer un relieve muy plano, con pendientes menores al 0,5% y corresponde a las áreas de interfluvio. Se caracterizan por ser suelos de moderado desarrollado, poco profundos, con escurrimiento medio a rápido, de textura franco arenosa muy fina y son susceptibles a la erosión eólica si no se los maneja adecuadamente.

### **Consociación Ticino**

*Símbolo: Ti*

Esta unidad se encuentra distribuida en el sector Este del área de estudio, mayormente en el sector Sur. Está compuesta por los suelos de la Serie Ticino (85%) distribuidos uniformemente en la unidad y suelos similares (15%) que se presentan fundamentalmente en la transición con las unidades limitantes.

Son suelos imperfectamente drenados, desarrollados a partir de sedimentos de textura franco limosa, vinculados a líneas de escurrimiento bien manifiestos y sectores deprimidos, por lo que están sujetos a anegamientos frecuentes y el agua es eliminada del perfil muy lentamente por percolación o evapotranspiración ya que, por la posición que ocupan en el paisaje, el escurrimiento superficial es inadecuado.

Por lo general, estos suelos son dedicados a pasturas (normalmente pastos naturales) ya que no son aptos para ninguno de los cultivos comunes de la zona.

### **Consociación Hernando**

*Símbolo: He*

Esta unidad está compuesta en un 85% por los suelos de la Serie Hernando distribuidos uniformemente en esta unidad y suelos similares en un 15% que se presentan en la transición con las unidades limitantes. Se ubica en la parte central de la zona asociada a la llanura de inundación del arroyo Tegua. Dado su posición en el relieve pueden tener exceso de agua en los años lluviosos, pero, en general, tiene una

mejor provisión de humedad en los meses secos. Se caracterizan por ser suelos de moderado desarrollo, de buena profundidad, de textura franco limosa. Poseen bajas limitaciones en la elección de los cultivos y exigen practicas simples de manejo y conservación cuando se los cultiva.

### **Complejo Hernando**

*Símbolo:* CHe

Este complejo que encuentra en la parte central de la zona de estudio y está integrado en un 60% por suelos de la Serie Hernando y un 40% por suelos pertenecientes a la Serie Ticino y están asociados geomorfológicamente a la planicie de inundación y a los drenajes en araña.

Los suelos pertenecientes a este complejo son suelos desarrollados en áreas planas, con escurrimiento lento a medio y textura franco limosa. Presenta moderadas limitaciones en la elección de los cultivos y requieren prácticas de conservación especiales para evitar su degradación.

### **IV.3. CAPACIDAD DE USO**

El Servicio de Conservación de Suelos de U.S.A ha desarrollado un agrupamiento de suelos en

- **Clase** de capacidad de uso (8 clases)
- **Subclase** de capacidad de uso (4 subclases)
- **Unidad** de capacidad de uso (n° indefinido)

La categoría superior es la **clase** y está definida en función del riesgo que ocurra un daño o de las limitaciones para su uso. Estas dos condiciones aumentan desde la clase I a la VIII. Las primeras cuatro clases son arables, o sea, son capaces de producir mediante un buen manejo plantas adaptadas, arboles forestales, pasturas naturales, cultivos comunes y pasturas artificiales.

Los suelos de las clases V, VI y VII son capaces de producir únicamente vegetación natural adaptada y hasta cultivos de labranza, pero con prácticas de manejo complejas.

Los suelos de la clase VIII reúnen a las tierras que no implican beneficios para los cultivos, pastos o forestación, se reservan para la recreación y conservación de la fauna y el agua.

La segunda categoría, la **subclase**, está definida en base al tipo de limitación, agrupa a unidades de capacidad de uso con similares tipos de limitaciones y riesgos. Se reconocen cuatro subclases, que se utilizan desde las clases II a VIII, y no hay subclase para la clase I. En orden de jerarquía son:

- **e: erosión:** suelos en los que la susceptibilidad o el riesgo a la erosión es el problema dominante.
- **w: exceso de humedad:** el exceso de agua, drenaje deficiente, capa freática próxima a la superficie o inundaciones son las limitaciones dominantes.
- **s: limitaciones del suelo en la zona de las raíces:** debidas a suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, salinidad o alcalinidad sódica.
- **c: clima:** suelos donde la temperatura y la falta de humedad son las limitantes principales, principalmente en suelos jóvenes.

Para una clase dada solo se pueden reconocer hasta dos unidades por vez: Ile, Ilew, IIs, Iles.

La **unidad** proporciona información más específica y detallada que la subclase. La unidad de capacidad agrupa suelos muy semejantes entre sí en cuanto a su aptitud para la producción de cultivos y respuestas a los sistemas de manejo. Los suelos agrupados deben ser lo suficientemente uniformes para:

- producir clases similares de cultivos labrados y pasturas con prácticas de manejo similares.

- requerir un tratamiento de conservación y manejo similares bajo una misma clase y condición de cubierta vegetal.
- tener una productividad potencial similar.

o sea, agrupa a suelos que tengan la misma repuesta al manejo.

Hay otros sistemas que se utilizan para uso forestal, uso de pasturas artificiales, uso vial, etc.

#### **IV.3.1 CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO**

La clasificación de la tierra por su capacidad de uso se realizó aplicando la metodología del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos USDA (Klingebield y Montgomery, 1960), obteniéndose el Mapa de Capacidad de uso de las tierras en la Cuenca Baja del arroyo Tegua (Figura 19)

##### **Clase II**

Suelos con algunas limitaciones en cuanto a la elección de los cultivos y exigen prácticas simples de manejo y conservación cuando se los cultiva.

Son adecuados para la agricultura, pasturas, campos naturales de pasturas, forestación y conservación de la fauna silvestre.

Presentan pendientes suaves, susceptibilidad moderada a la erosión hídrica y/o eólica, no poseen una profundidad ideal, pueden tener exceso de humedad corregible por medio de drenaje.

En el área de estudio, suelos de esta clase son los correspondientes a:

- Consociación Hernando. *Símbolo Ilew*.

Subclase de erosión y exceso de humedad: susceptibilidad a la erosión hídrica y en menor medida eólica, así como también, exceso de humedad por inundaciones son las principales limitaciones en estos suelos.

##### **Clase III**

Los suelos de esta clase presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de los cultivos, aunque pueden ser buenos para ciertos cultivos y requieren prácticas moderadas de manejo y conservación. Se caracterizan por ser suelos con buen drenaje, profundos y desarrollados sobre materiales franco limosos. Se localizan en los sectores más elevados del área correspondientes a las zonas de interfluvio, en donde la dinámica es predominantemente eólica, por lo que son muy susceptibles a la erosión eólica. Los suelos de la zona que están incluidos en esta clase son los pertenecientes a:

- *Consociación Ballesteros. Símbolo IIIe*

Subclase de erosión: la susceptibilidad a la erosión eólica es el problema dominante en esta clase de suelos.

Otros de los suelos que poseen capacidad de uso III son los que componen el Complejo Hernando, los mismos se caracterizan por ser suelos de moderado desarrollo, compuestos por materiales finos que han evolucionado en un relieve muy plano de drenaje deficiente.

- *Complejo Hernando. Símbolo IIIwe*

Subclase de erosión hídrica y exceso de humedad debido a riesgo de inundación y anegamiento que constituyen las principales limitaciones que presentan estos suelos.

## **Clase VII**

Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos agronómicos. Generalmente son adecuados para pasturas y conservación de la fauna silvestres. Se desarrollan en un relieve muy plano a cóncavo, son suelos mal drenados, con permanencia prolongada del agua en el perfil, en donde el nivel freático está muy próximo o aflorante y sus oscilaciones activan los procesos de hidro y halomorfismo.

En el área de estudio, suelos de esta clase son los correspondientes a:

*Consociación Ticino. Símbolo VIIws*

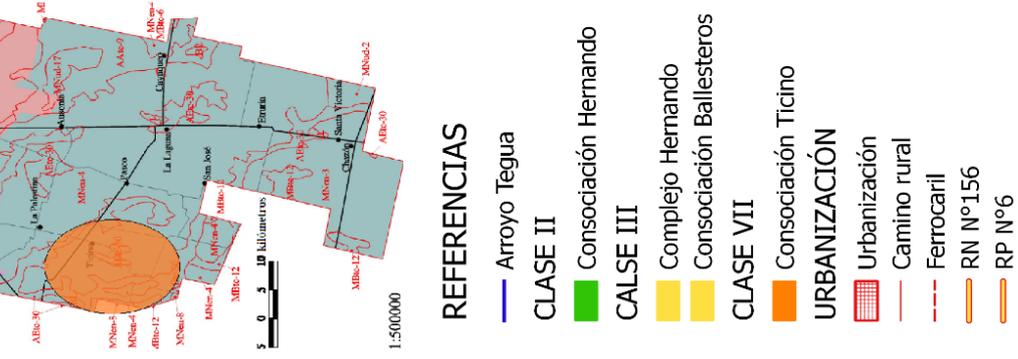
Subclase de exceso de humedad, capa freática próxima a la superficie y salinidad o alcalinidad sódica.

Se podría concluir que en algunos sectores del área de estudio existe una relación de concordancia entre la capacidad de uso de los suelos y el uso actual de los mismos, mientras que en otros no ocurre lo mismo.

Así los suelos pertenecientes a la Consociación Ticino, cuya capacidad de uso es de clase VII actualmente se encuentran destinados principalmente a la conservación de la fauna silvestre, donde se pueden observar especies de flora tolerantes a los altos niveles salinos como los juncales de junco negro, los pastizales bajos de pasto salado

o pelo de chancho y los pajonales o espartillares de espartillo y de forma subordinada se la utiliza como pastoreo. Este uso concuerda con su capacidad de uso.

MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.



REFERENCIAS

- Arroyo Tegua
- CLASE II**
- Consociación Hernando
- CLASE III**
- Complejo Hernando
- Consociación Ballesteros
- CLASE VII**
- Consociación Ticino
- URBANIZACIÓN**
- Urbanización
- Camino rural
- - - Ferrocarril
- RN N°156
- RP N°6

Mapa de Capacidad de uso de los suelos

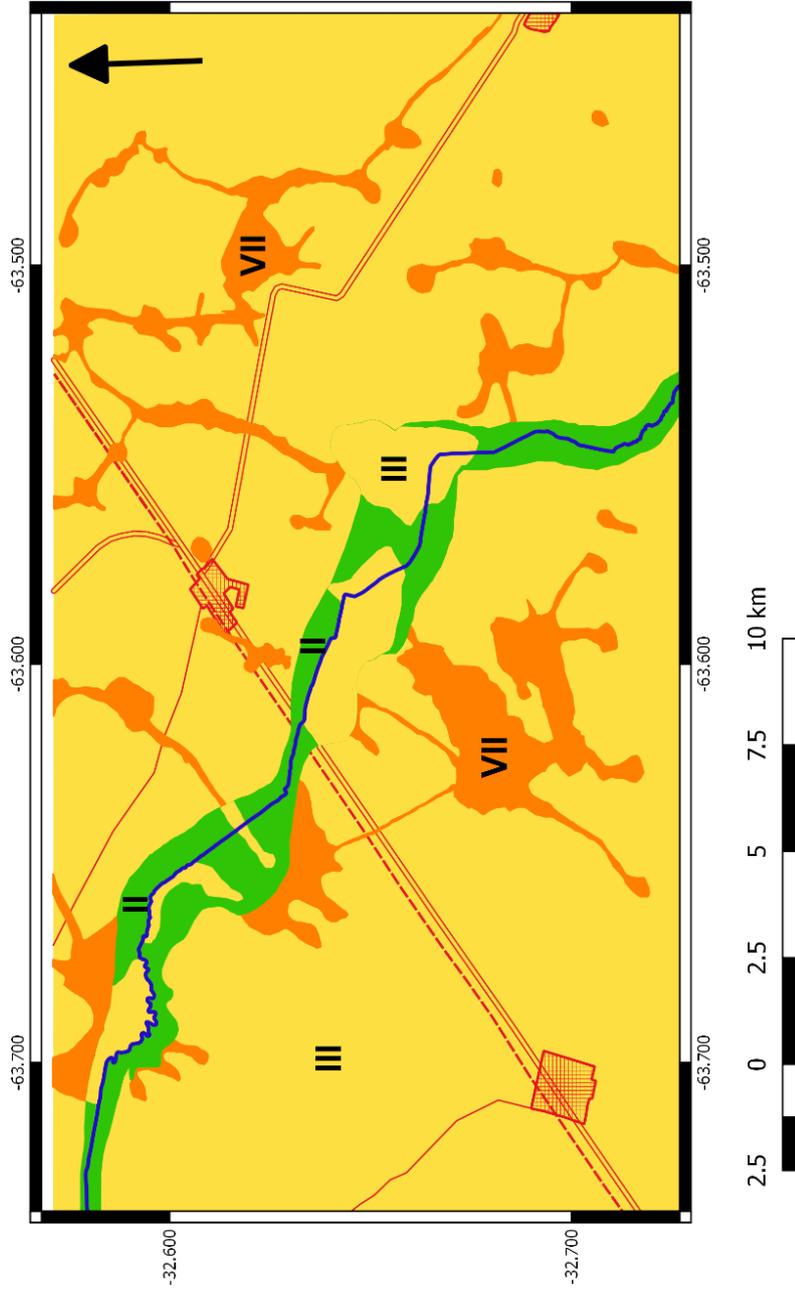


Figura 19: Mapa de Capacidad de Uso de los Suelos.

En cuanto a los suelos que integran la Consociación Ballesteros con capacidad de uso III se hayan sembrados con pasturas, lo cual es adecuado para su capacidad, pero cumplen parcialmente con las medidas de manejo y de conservación que requieren estos suelos susceptibles a la erosión eólica. Si bien se encuentran cubiertos lo que reduce su susceptibilidad, no se han tomado las medidas necesarias tal como la implementación de barreras de árboles, labrar en forma perpendicular al miento, reducir la longitud del campo en dirección del viento, entre otras.

Los suelos pertenecientes a la Consociación y Complejo Hernando constituyen los suelos de mejor desarrollo y calidad dentro del área, pero poseen una alta susceptibilidad frente a la erosión hídrica y al anegamiento debido a que forman parte de la llanura de inundación del Teguá. En este caso también se deben tomar las medidas de manejo adecuadas para disminuir al máximo su degradación.

#### IV.4. RIESGOS

Los profesionales y técnicos dedicados a la planificación y la gestión territorial necesitan contar con información y medios tecnológicos que les permita prever riesgos, paliarlos o evitarlos. Es así que la consideración de los riesgos es, o debería ser, un aspecto esencial dentro de los esquemas de ordenación y protección del entorno ambiental (Cendrero Uceda, 1987). En este apartado, se ha realizado una caracterización de los riesgos que afectan a la cuenca baja del arroyo Teguá:

- a) Riesgo de inundación: Se entiende por *inundación*, también denominada *crecida* o *avenida*, al desborde de un río o arroyo cuando el caudal supera la capacidad de su cauce, cubriendo sus aguas a sectores adyacentes denominados *llanura aluvial* o, desde el punto de vista hidrológico, *planicie de inundación*. Entre las principales causas que conducen a este riesgo son:
- Aumento de las precipitaciones de alta intensidad
  - La rápida y mayor llegada de agua de lluvia a los cauces, por la incorporación de nuevas áreas de aporte, producto de la

impermeabilización de los suelos a partir del crecimiento urbano con la consecuente pérdida de áreas filtrantes.

- La urbanización y el relleno de planicies naturales de inundación de los arroyos.
- La falta de previsión en el mantenimiento y limpieza tanto de los cursos y sus planicies naturales de inundación.
- Obras hidráulicas como puentes, alcantarillas, cañerías, canales, zanjeos de diseños inadecuados o insuficientes,
- Construcción de rutas o caminos rurales perpendiculares a la pendiente regional.

Se podría decir entonces que los grandes daños producidos por las inundaciones son ocasionados o exacerbados por la intervención del hombre. Capitulo aparte son las canalizaciones y los desvíos irregulares o clandestinos, que lejos de disipar el riesgo lo trasladan a otras áreas con igual o mayor grado de compromiso. Esto se observa claramente en el área de estudio en donde ha dejado de ser un sector de depositación final para convertirse en un área de tránsito.

b) Riesgo de erosión hídrica: la erosión hídrica es el proceso mediante el cual el suelo y sus partículas son separadas y transportadas por un curso de agua. Junto a la erosión eólica son los principales causantes de la degradación de los suelos. Dicho riesgo aumenta cuando se incrementa la intensidad de las lluvias y el porcentaje del suelo desnudo. Los sectores más afectados por esta problemática son aquellos que presentan pendientes más pronunciadas y las áreas más próximas a las planicies de inundación.

En las últimas décadas se ha observado una reactivación y un aumento de la erosión hídrica como consecuencia del avance de la frontera agrícola, la simplificación o falta de rotación de cultivos y el sobrepastoreo.

- c) Riesgo de sedimentación: La sedimentación es un proceso asociado a la erosión hídrica. Se trata, por lo tanto, al igual que ésta, de un riesgo geológico exógeno mixto. Afecta a diversos cuerpos de agua: cauces de arroyos, canales, zanjones, lagunas, depresiones, etc. Debido al escaso potencial morfogenético que poseen los derrames superficiales en llanuras, el sedimento fino resultante de la erosión es transportado en suspensión por el agua y se deposita en las posiciones deprimidas del paisaje. Cuando ese material se deposita sobre otros suelos, produce su engrosamiento; cuando llega a cuerpos de agua, contribuye a disminuir su profundidad, reduce o elimina su capacidad reguladora y contribuye al proceso de eutrofización.
- d) Riesgo de anegamiento: El anegamiento es la acumulación de agua en superficie, producida en terrenos de relieve cóncavo que reciben aguas desde áreas más elevadas o en áreas con pendientes muy bajas que no pueden evacuar el agua de lluvia por escurrimiento superficial, o lo hacen muy lentamente. En algunos casos puede sumarse a estas características la presencia del nivel freático elevado. La principal área con riesgos de anegamiento de la región son los sectores asociados al drenaje tipo araña y sus depresiones asociadas.
- e) Riesgo de erosión eólica: la erosión eólica es el proceso mediante el cual el material superficial del suelo es removido y transportado por el viento. Para que la erosión eólica ocurra deben producirse necesariamente tres condiciones: viento fuerte, superficie del suelo erosionable, es decir, susceptible a la acción del viento, y suelo desprotegido, sin cubierta de cultivo, de rastrojo, etc. La susceptibilidad del suelo a la erosión eólica o erosionabilidad viene determinada por:
- Textura: suelos de textura gruesa (arenosos) son más erosionables por crear estructuras edáficas inestables (débiles uniones entre partículas y agregados) y por secarse más rápidamente tras lluvia o riego,
  - Contenido en materia orgánica: factor responsable de la agregación y

- Régimen de humedad: influye en la tasa de desecación del suelo y, por tanto, en la duración de la susceptibilidad a la erosión.

Estas condiciones se pueden observar en los sectores más elevados del área correspondientes a las zonas de interfluvios en donde el principal agente formador es el viento. En estos lugares los suelos son muy susceptibles a la

erosión eólica y se requieren de técnicas de manejo adecuadas para su conservación.

#### **IV.5. ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA**

Los capítulos anteriores estuvieron orientados a la identificación, evaluación y delimitación de unidades, desde el punto de vista de la geomorfología, el suelo, su capacidad o aptitud de uso y el uso actual de los mismos. Contando con esta información y el análisis de las problemáticas ambientales detectadas, es posible establecer Unidades Territoriales de Planificación, cuyas características internas presentan una homogeneidad que permita planificar adecuadamente tanto sus potencialidades como sus déficits para distintos usos, a la vez que posibilita alertar sobre actividades que pudieran constituirse en degradantes para el ambiente.

Las características internas mencionadas pueden ser muy variadas entre las diferentes Unidades, y en conjunto constituyen la oferta del medio a la posibilidad de desarrollo de distinto tipo de actividades. El objetivo fundamental de la delimitación de estas Unidades, es establecer un destino correcto y eficaz del territorio, de acuerdo con sus potencialidades y limitaciones (Cendrero Uceda, 1987), asignando usos adecuados y racionales, y atenuando los impactos que pudieran generarse.

La evaluación de la calidad ambiental es parte importante del planeamiento estratégico para llevar adelante un uso sostenible del territorio. La identificación y el mapeo de las actividades que condicionan la calidad ambiental permiten determinar el grado de sostenibilidad de una política de desarrollo y del uso de los recursos naturales.

En base a la cartografía temática elaborada y su entrecruzamiento, se pueden establecer las siguientes Unidades de Planificación:

1. **Planicie de inundación:** esta unidad posee suelos pertenecientes a la Consociación y Complejo Hernando, los mismos se caracterizan por ser suelos de moderado desarrollo a más fuertemente desarrollados; con capacidad II y III, aptos para la agricultura, campos naturales de pasturas y forestación; por lo que dentro de esta unidad se pueden desarrollar actividades como la agricultura y ganadería extensiva y en zonas más altas intensiva; a fines de mantener la calidad ambiental de la unidad, previniendo la degradación de los suelos.
2. **Planicie eólica en bajos inundables:** esta unidad se caracteriza por tener suelos pertenecientes a la Serie Ballesteros y Ticino, suelos de moderado a escaso desarrollo, susceptibles a la erosión eólica, hídrica y anegamiento, lo que otorga limitaciones importantes en la elección de cultivos y en menor medida en el desarrollo de la actividad ganadera.

Dentro de la misma se encuentra la localidad de Dalmacio Vélez Sarsfield, cuya ubicación se considera de alta vulnerabilidad debido las consecuencias sociales, sanitarias y económicas que se producen ante cada evento de crecida sumado a la alteración de la dinámica hídrica que origina en muchos casos perturbaciones aguas arriba. A esto se le suma la degradación de los suelos producto de la sedimentación de finos como consecuencia del mal diseño de obra hidráulicas como puentes, alcantarillas y de obras viales como rutas y caminos, que en su gran mayoría se disponen en forma perpendicular a la dirección del escurrimiento regional (Figura 20).

## MAPA MORFOPEDELOGICO COMO HERRAMIENTA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CUENCA BAJA DEL ARROYO TEGUA, CORDOBA.



Figura 20: derrames del Arroyo tegua en las inmediaciones de la localidad Dalmacio Vélez Sarsfield. Fuente: *Municipio de Dalmacio Vélez. Informe arroyo Teguá. Documentación fotográfica.*

Las medidas que se recomiendan adoptar para disminuir la degradación ambiental son:

- Evitar el crecimiento de los centros urbanos en las áreas correspondientes a las planicies de inundación y mantener la designación de uso restringido.
- Crear un programa que contemple la limpieza y el mantenimiento permanente del curso de agua y de las planicies de inundación.
- Implementar las medidas de manejo adecuada para disminuir la degradación de suelos por erosión hídrica y eólica.
- Realizar un control estricto de las canalizaciones clandestinas, contemplando tanto la legislación vigente como los requerimientos técnicos correctos que deben reunir las mismas a fines de evitar desequilibrios hídricos.
- Planificar y, en la medida que sea posible, rediseñar la ubicación de caminos para evitar la sedimentación y todos los problemas que se ven asociados, como la degradación de los suelos, inundación por elevación del relieve y la eutrofización de los cuerpos de agua.

- 3. Planicie eólica en áreas anegables:** se ubica al sureste de la zona de estudio y corresponde a los sectores más deprimidos del área. Los suelos pertenecen a la Serie Ticino y se caracterizan por ser de escaso desarrollo, poca profundidad, imperfectamente drenados por anegamiento frecuente y nivel freático alto. Poseen tenores elevados de salinidad y de sodio intercambiable, siendo suelos no aptos para cultivo por limitaciones excesivamente graves, destinados al uso pecuario o forestal.

Dentro de la unidad se haya la localidad de Ticino la cual enfrenta condiciones de alta vulnerabilidad debido a las inundaciones frecuentes, limitaciones en las actividades productivas y malas condiciones sanitarias, situación que se ha visto agravada durante los últimos años como consecuencia del incremento de la intensidad de las lluvias.

Para disminuir la degradación ambiental se recomienda evitar las actividades de agricultura y ganadería intensiva o directamente reservar su uso para la conservación de la flora silvestre. Además, es muy importante evitar la expansión de los centros urbanos, especialmente en los sectores más anegables.

En cuanto a las medidas de manejo y recuperación que se pueden aplicar en estos suelos, se diferencian según su grado de complejidad y costo económico, pues varían desde prácticas agronómicas simples, como el manejo del pastoreo con descansos periódicos (pastoreo rotativo), el uso de cobertura, la interseembra y el cultivo del suelo con especies adaptadas, hasta la sistematización de las tierras para mejorar el drenaje interno y el lavado de sales y sodio (drenajes topo) o el manejo de aguas superficiales, muy útiles en estos casos donde los suelos son anegables (sistematización agrohidrológica). Otras técnicas de alto costo son las llamadas enmiendas, que pueden ser orgánicas (abonos verdes) o químicas (enseyado), esta última consiste en la incorporación de una sal abundante en  $\text{Ca}^{++}$  soluble a pH alcalinos, que provoca la sustitución del  $\text{Na}^+$  del complejo de intercambio para su posterior lavado en profundidad.

Todas estas prácticas tienen como finalidad la reducción del ascenso capilar, el incremento de la infiltración, la recuperación de la cobertura y la mejora de la condición física y química de los suelos (reemplazo del  $\text{Na}^+$  del complejo de intercambio por otro catión y su lavado de la solución del suelo a profundidad).

4. **Planicie eólica ubicada en altos topográficos:** ubicada al oeste del área corresponde a los sectores más elevados del área, compuesta por sedimentos de textura franco limosa donde han evolucionado suelos de la Serie Ballesteros, los cuales se caracterizan por tener un buen drenaje, moderado desarrollo, horizonte Ap arable con contenido medio de materia orgánica, posicionándolo dentro de una clase III de capacidad de uso, apto para actividades agrícola y ganadera. Estos suelos requieren ciertas medidas de conservación para disminuir la degradación por erosión hídrica y eólica, siendo estos los principales riesgos que enfrentan.

Para mitigar la degradación ambiental se recomienda como primera medida procurar que el suelo permanezca cubierto el mayor tiempo posible; ya que la cobertura vegetal actúa como una capa protectora minimizando los efectos erosivos de la gota de lluvia, el escurrimiento superficial y la acción del viento.

Una de las técnicas más utilizadas para ello es dejar el rastrojo luego de la cosecha, que además de reducir el poder erosivo incrementa el contenido de materia orgánica mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo, debido a que la materia orgánica mejora la cohesión del suelo, aumenta la capacidad del suelo para retener agua y fomenta una estructura estable, contribuyendo así a un aumento en la estabilidad del suelo. Esto se puede lograr también con cultivo de gramíneas, tréboles o alfalfa.

Otras técnicas de conservación que se pueden aplicar en esta zona son la rotación de cultivos, policultivos y otras técnicas específicas como la implementación de barreras contra el viento, cultivar en franjas perpendiculares al viento, entre otras.

# CAPÍTULO V

## DISCUSIÓN

- Los suelos presentes en el área se han desarrollado en un relieve muy suave con gradientes regionales hacia el Este que no superan el 0,5% y los materiales predominantes están constituidos por potentes depósitos eólicos de textura franco limosa, con depósitos fluviales, aluviales y paludiales de textura algo más fina.
- De acuerdo a la posición en el relieve y el material original, varían los suelos presentes en el área: suelos que evolucionan en sectores más elevados donde los sedimentos son mayoritariamente de origen eólico (Haplustol); suelos desarrollados en sectores más deprimidos en donde se han superpuesto sedimentos aluviales debido a la acción fluvial (Argiustol), siendo los suelos de mayor desarrollo y calidad de la zona; y por último suelos asociados a bajos anegables (Natracualf), los cuales son los de menor desarrollo con condiciones de anegamiento y altos tenores de salinidad y alcalinidad.
- Se ha podido comprobar que en la zona de estudio existe una estrecha relación entre la evolución de los suelos y el material original y su posición en el relieve; es decir, la pendiente, tipo de drenaje, condiciones de humedad y las distintas geoformas que lo constituyen y que van a controlar los procesos pedogenéticos de los diferentes suelos.
- La zona de estudio se caracteriza por ser un sector de cuenca baja, en donde finalizan los escurrimientos hídricos provenientes de zonas más elevadas y que transportan elevados volúmenes de material sedimentario fino. Esto provoca inundaciones, anegamiento y sedimentación, afectando a los suelos, cuerpos de agua, centros urbanos, caminos y vías de comunicación. Esta situación se ha visto agravada durante las últimas décadas debido al incremento de la intensidad de las lluvias y por la expansión de la frontera agrícola, inclusive en suelos no aptos para la agricultura, lo que ha provocado la degradación de los suelos, disminuyendo la infiltración y favorecido la erosión hídrica, tanto laminar como en surco.

Sumadas a estas problemáticas, se encuentran las canalizaciones de lagunas y sectores anegados con el fin de aumentar la superficie productiva y la canalización del propio arroyo Tegua. Esta práctica ha producido una pérdida importante de

capacidad de almacenamiento y regulación de la cuenca, que se refleja en mayores caudales aguas abajo que desequilibran el cauce natural.

Por ello es de vital importancia aplicar una Planificación Territorial en donde se implementen aquellas actividades que concuerden con la capacidad de uso de cada suelo estudiado.

- La elaboración del mapa de unidades morfopedológicas permite generar una herramienta para el conocimiento del estado del territorio y la toma de decisiones en ambientes con geformas complejas y alta variabilidad de suelos como base para el ordenamiento territorial de la cuenca baja del arroyo Tegua.

# **CAPÍTULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- AGUILAR RUIZ, J.; MARTINEZ RAYA, A. & ROCA ROCA, A., 1996. Evaluación y manejo de los suelos.
- ARBELÁEZ, A.C.; POSADA, L. & VÉLEZ M. V., 2002. Vulnerabilidad y uso de la planicie de inundación. XV Seminario Nacional de hidráulica e hidrología. Medellín
- BLARASIN, M.; CABRERA, A. & MATEODA, E, 2014. Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba.
- BOSNERO H., J. PAPPALARDO, J. SANABRIA, M. CARNERO & V. BUSTOS. 2006. Carta de Suelos de la Rep. Argentina, Hoja 3363-9, Villa María, Escala 1:50.000. Convenio Agencia Cba, Ambiente-INTA
- CABIDO, D.; CABIDO, M.; GORGAS, J. A.; MIATELLO, R; RAVELO, A.; RAMBALDI, S. & TASSILE, J.L.,2003. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba.
- CABRERA, A., 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Segunda edición. Tomo II Fs. 1. Ed. ACME. Bs. As. Argentina.
- CANTÚ, M. y DEGIOVANNI, S. 1984. Geomorfología de la Región Centro Sur de la Provincia de Córdoba. 9° Congreso Geológico Argentino. Actas 4: 76–92. San Carlos de Bariloche.
- CARIGNANO, C., KRÖHLING, D., DEGIOVANNI, S. & CIOCCALE, M. 2014. Geología de Superficie, Geomorfología. Relatoría del XIX Congreso Geológico Argentino. 747-821. Córdoba.
- DEGIOVANNI, S.; ECHEVARRIA, K.; ANDREAZZINI, M. J. & DOFFO, N., 2014. Los sistemas fluviales del sur de Córdoba: Alteraciones históricas, procesos de ajustes y consecuencias ambientales.
- ESPINOZA RODRIGUEZ, L. M. (2005). Morfoedafogénesis: un concepto renovado en el estudio del paisaje. Ciencia Ergo Sum, vol. 12, núm. 2, pp. 162-166, Universidad Autónoma del Estado de México, México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica
- GARCIA, R. Departamento de Suelo y Agua Estación Experimental de Aula Dei Consejo Superior de Investigaciones Científicas Apartado 202 50080 Zaragoza.
- Gobierno de la Provincia de Córdoba, 2011. Estudio Hidrológico y Ordenamiento de los Ecurrimientos Hídricos de la Cuenca del arroyo Tegua.
- GRUMELLI, M., 2000. Carta de Suelos y de Capacidad de Uso de la tierra en un área de llanura al NE de la localidad de Sampacho, Departamento de Rio Cuarto, Córdoba. Inédito. Tesis de Licenciatura. U.N.R.C.
- GRUMELLI, M., 2010. Génesis y relaciones paleoclimáticas de los suelos de la Colonia Nueva Sampacho, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Un aporte al estudio del cambio climático global. Inédito. Tesis Doctoral. U.N.R.C.
- GRUMELLI M, BECKER A & SCHIAVO H. 2012. Evidencias de cambios ambientales durante Pleistoceno superior-Holoceno en la Colonia Nueva Sampacho, Córdoba. V Cong. Arg. de Cuaternario y Geomorf. Rio Cuarto, Argentina.
- GRUMELLI M & M. CANTU 2006 Vinculación de los aspectos geomorfológicos y

- evolución de los suelos en un área al suroeste de Río Cuarto. III Cong. Arg. de Cuaternario y Geomorf. Córdoba, Argentina. 417-426
- HURTADO, M. A.; GIMENEZ, J.E. & CAGRAL, M. G, 2006. Análisis ambiental del Partido de La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial.
- IMBELLONE, P.A.; GIMENEZ, J.E. & PANIGATTI, J.L., 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de Formación.
- INTA. 1991. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-9 Villa María. Plan de mapas de suelos de Córdoba.
- INTA. 2009. Monitoreo de la cobertura y Uso del Suelo a partir de sensores remotos. Programa Nacional de Ecorregiones.
- KLINGEBIEL Y MONTGOMERY, 1961. Clases de capacidad de uso del USDA.
- LAVADO, R. & TABOADA, M., 2018. Manejo de Suelos Halomórficos. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, curso de manejo y conservación de los suelos. Unidad didáctica C5.
- LOPEZ, V.M. & ARRÚE, J.L. Control de la erosión eólica en los suelos agrícolas. Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Apartado 202.50080 Zaragoza.
- MARTINEZ, R.; CHAZÓN, L; GONZÁLEZ, J., & GÓMEZ H. (2006). Aplicación de los SIG en la organización, análisis y divulgación de la información de suelo producida en laboratorio. Universidad de los Andes. Geoenseñanza, 11(1), 51-62
- OLTHOFF, L., 2012. Estimación de crecidas históricas mediante modelización numérica, basada en evidencias sedimentológicas y geomorfológicas, en el tramo medio del arroyo Tegua. Inédito. Tesis de Licenciatura. U.N.R.C.
- OLTHOFFO, L., DOFFO, N., DEGIOVANNI, S., ORIGLIA, & D. SANCHEZ, M.L., 2012. Estimación de crecidas extraordinarias en el arroyo Tegua (Córdoba), a partir de evidencias geomorfológicas-sedimentológicas y modelación hidráulica. Universidad Nacional Rio Cuarto (inédito), 150 p. Rio Cuarto.
- PADEIRO, M. 2016. Land Use Police Conformance in land-use planning: The determinants of decision, conversio and transgression.
- PANIGATTI, J. L., 2010. Argentina: 200 años ,200 suelos. INTA.
- PEREYRA F. X., 1991. Geología urbana del área metropolitana bonaerense (AMBA), Argentina y su influencia en la problemática ambiental. Serie contribuciones técnicas, Ordenamiento Territorial 4. Dirección de geología ambiental y aplicada, SEGEMAR, Buenos Aires, 1-88.
- RENGUELLI, J. (1941.). *Rasgos principales de fitogeografía argentina*. Rev. Mus. La Plata (Nueva Serie), 3, Sec. Bot. pp. 65-181.
- RODRIGUEZ, M. J., 2013. Evaluación de la calidad de suelos mediante indicadores e índices de la región de Villa María, Córdoba. Inédito. Tesis Doctoral.
- RODRIGUEZ, M. J., 2016. Conformación de unidades morfopedológicas como herramienta para el ordenamiento territorial en el Departamento General San Martín. U.N.V.M.

- RODRIGUEZ MJ, BECKER A, GRUMELLI M. 2013. Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. I Jornada Internacional de Biomasa. Villa María, Córdoba, Argentina.
- RODRIGUEZ, M. J.; BECKER, A; GRUMELLI, M.; BOUZA, P.; CASTOLDI, L.; GIACCONE, C.; CONCI, E. & GASTALDI, B. Implementación de la Geopedología para contribuir a la evolución del Departamento General San Martín, Córdoba. U.N.V.M.
- SAGRIPANTI, G. L., 2006. Neotectónica y Peligro Sísmico de la región de Sampacho, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba, Inédito, Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- SALAS, H. & LOVERA, E., 1994. Anegamientos e inundaciones en nuestra provincia (Córdoba) y su relación con el manejo de los suelos.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Soil Conserv. Serv., U.S. Dept. Agric. Handbook vol. 436, U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC 754 pp.
- SOIL SURVEY STAFF, 1993. Soil Survey Manual. Handbook N° 18. United States Department of Agriculture (U.S.D.A). Washington.
- ZINCK, J.A., 2012. Geopedología. Elementos de la Geopedología para el estudio de los suelos y de riesgos naturales.