

Estudio geomorfológico de la cuenca del Morro dpto. Pederñera. San Luis

2009

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899



+info
www.argentina.gob.ar/ina

Autores:
Barbeito Osvaldo, Beltramone Carlos,
Ambrosino Silvio, Contreras Pedro, Quintana
Salvat Francisco, Moya Gonzalo y Barrera
Francisco



PROYECTO

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA DEL MORRO

DEPARTAMENTO PEDERNERA. SAN LUIS.

INFORME FINAL

Jefe de Proyecto:
Geólogo OSVALDO BARBEITO

Participantes:

Dr. en Geología: CARLOS BELTRAMONE

Geólogo. SILVIO AMBROSINO

LIC. en QUÍMICA: PEDRO CONTRERAS

Colaboradores externos:

FRANCISCO QUINTANA SALVAT U.N.C.
GONZALO MOYA U.N.C.
FRANCISCO BARRERA

ABRIL 2009

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- METODOLOGÍA

3.- RESULTADOS

3.1.- ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN Y FOTOINTERPRETACIÓN. MAPA GEOLOGICO –GEOMORFOLOGICO.

**3.1.1.- Ambientes y unidades geológicas-geomorfológicas.
Descripción.**

3.- RESULTADOS

3.1.- ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN Y FOTOINTERPRETACIÓN. CARTA GEOLOGICA –GEOMORFOLOGICA.

**3.1.1.- Ambientes y unidades geológicas-geomorfológicas.
Descripción.**

- **Ambiente de montaña**

Vertiente occidental de la Sa. De Comechingones

Sierra Del Portezuelo

Sierra Del Morro

Sierras Del Yulto

Basamento cristalino cercano a la superficie

Piedemonte de la Sa. del Morro

- **Ambiente de planicies**

Planicie loéssica arenosa

Planicie medanosa

Planicie aluvial antigua y actual del Río Quinto

3.2.- SISTEMA DE DRENAJE

3.2.1.- Definición de subcuencas que conforman el sistema

Sistema del A° Zanjón del C° Negro

Sistema A° La Guardia

Sistema A° Nuevo

Sistema A° El Quebrachal

3.2.2.- Áreas de aporte a nivel de sistema

3.2.3.- Muestreo y cálculo de caudales

Calidad del recurso

Calculo de caudales

Censo de pozos

3.3.- CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES E HIDRO-GEOMORFOLÓGICAS Y SU PROBABLE RELACIÓN CON LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

3.3.1.- Estructura

3.3.2.- Recarga regional y local

3.3.3.- Basamento hidrológico

3.4.- EVOLUCIÓN DE EXCEDENTES HÍDRICOS

3.4.1.- Modelo de balance hídrico

3.4.2.- Resultados del modelo de balance hídrico.

3.5.- EVOLUCION ACTUAL DE LAS CONDICIONES HIDRODINAMICAS DEL SISTEMA

3.5.1.- Planicie loésica - arenosa

3.5.2.- Planicie medanosa

3.6.- ANALISIS TEMPORAL DE LA TENDENCIA EVOLUTIVA A NIVEL DE SISTEMAS. CARTA DE PROCESOS RIESGOS Y PRIORIDADES

3.6.1.- **Sistema A° Zanjón del C° Negro**

3.6.2.- **Sistema A° La Guardia**

3.6.3.- **Sistema A° Nuevo**

3.6.4.- **Sistema A° El Quebrachal**

3.7.- TRATAMIENTO DE REGULACIÓN DE FLUJOS HÍDRICOS SUPERFICIALES.

3.7.1.- **Procesos en interfluvios**

Procesos de erosión hídrica laminar, en regueros y concentrada en cárcavas.

Erosión tubificada / cárcavas

3.7.2.- **Procesos en cauces**

3.7.3.- **Afloramiento de napa freática**

Anegamientos

Salinización de suelos

4.- CONCLUSIONES

5.- RECOMENDACIONES

6.- ANTECEDENTES CONSULTADOS

1.- INTRODUCCION

El presente trabajo se realizó de acuerdo a Contrato de Locación de Servicios, mediante Convenio entre Fundación Argeninta y El Ministerio del Campo de la Provincia de San Luís. Expediente N° 4728/08. Año 05-05-2008.

El área de estudio comprende el sistema de drenaje regional con desarrollo al sur de la *Sa. del Morro* , hasta el valle del río Quinto limitado al este por la vertiente occidental de la prolongación sur de la *Sa. de Comechingones* y al oeste, por la vertiente oriental de la *Sa. del Yulto*.

El objetivo principal del trabajo es el de obtener información cartográfica geológica-geomorfológica y la memoria técnica, sobre los problemas de excesos hídricos y erosión-aluvionamiento que afectan a la región, a los efectos de implementar una base de partida para el logro de una propuesta de ordenamiento y manejo integral del exceso hídrico que posibilite mitigar el deterioro de tierras productivas y obras de infraestructura.

Las manifestaciones impactantes del problema de erosión y aluvionamiento, están determinadas por inundaciones periódicas y cada mas frecuentes en las zonas rurales ubicadas próximas a las rutas N° 7 y 8, la creciente destrucción de caminos de la red principal y secundaria y la erosión- sedimentación en toda la región en estudio.

Las consecuencias directas de estos procesos son:

- Creciente inestabilidad del medio físico, determinando una mayor dificultad económica y social en la solución integral del problema.
- Aumento de los costos de producción y reparación de la infraestructura regional existente.
- Aislamiento de la población rural.

Para abordar esta problemática es necesario partir de una base de información del territorio de carácter geológico y geomorfológico, por cuanto estos aspectos juegan un rol fundamental en la planificación territorial. La geología por la naturaleza de los terrenos y suelos y la geomorfología, porque además de considerar las formas y su génesis, tiene en cuenta los procesos dinámicos que modelan el paisaje y los que no

han sido tenidos en cuenta convenientemente, suelen de por sí solos o disparados por incorrectas intervenciones, ocasionar efectos no deseados.

En el estudio se puso especial énfasis en establecer el peso de estos aspectos en la problemática que afecta a la región, mediante la realización de un diagnóstico orientado a determinar los factores condicionantes y desencadenantes de los procesos que tienen lugar.

Los resultados obtenidos indican que los factores geológicos, geomorfológicos y climáticos, tienen una fuerte incidencia, lo que sumado al uso actual, determinan una problemática de alta complejidad. Esto indica que tales resultados de por sí solos no brindarán la solución, que solo se logrará mediante un enfoque de carácter interdisciplinario.

2.- METODOLOGÍA

Síntesis metodológica:

1. Recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos de orden geológico, geomorfológico, sismológico, edáfico, etc. y cartográficos y fotográfico y satelital. Como material cartográfico de base se utilizó información del Instituto Geográfico Militar considerando el siguiente material:

CARTA IMAJEN SATELITAL. SAN JOSE DEL MORRO 3366-23. Escala 1.100.000. AÑO 1998.

HOJA. VILLA MERCEDES 3366-IV. ESCALA 1:250.000. Compilación año 1995.

HOJA. LA PUNILLA 3366-23-2. ESCALA 1.50.000. AÑO 1974.

HOJA. ESTACION ACHIRAS 3366-23-4. ESCALA 1.50.000. AÑO 1973.

HOJA. ESTACION CORONEL ALZOGARAY 3366-28-2. Escala 1:50.000. Año 1972.

HOJA. LA PUNILLA 3366-23-2 Escala 1: 50.000. Año 1974.

HOJA. SAN JOSE DEL MORRO 3366-23-3. Escala 1;50.000- Año 1973.

HOJA. LA ESQUINA 3366-23-1. Escala 1:50.000. Año 1975.

HOJA. MERCEDES 3366-35-1. Escala 1: 50.000. Año 1969.

HOJA. MERCEDES NORTE 3366-29-3. Escala 1:50.000. Año 1969.

HOJA. ESTACION ACHIRAS 3366-23-4. Escala 1: 50.000. Año 1973.

HOJA. CERRO BLANCO 3366-292. Escala 1:50.000. Año 1969.

HOJA. CHAJAN 3366-29-4. Escala 1:50.000. Año 1969.

HOJA. CERRO GARRAPATA 3366-35-2. Escala 1:50.000. Año 1969.

HOJA. ESTANCIA EL QUEBRACHAL 3366-29-1. Escala 1:50.000. Año 1969.

HOJA. LA TOMA 3366-22. Escala 1: 100.000. Año 1990.

La información temática se obtiene a partir de la interpretación de imágenes satelitales landsat 7 y 5 de distinta fecha y fotomosaico del año 1962 a escala 1:50.000.

2. Análisis de teledetección y fotointerpretación, orientados al reconocimiento, caracterización y evaluación de los siguientes aspectos:

2.1. Materiales geológicos de superficie en base a ambientes y unidades litológicas, considerando los tipos de rocas de interés hidrológico e hidrogeológico del basamento cristalino y de los depósitos cuaternarios.

2.2. Estructura geológica de acuerdo a localización de fallas, fracturas y diaclasado.

2.3. Ambientes, unidades y elementos geomorfológicos que componen el Paisaje.

2.4. Sistema de drenaje a nivel de cuencas y subcuencas que integran el sistema.

2.5. Tendencia evolutiva de los procesos dinámicos que afectan al sistema de drenaje, mediante análisis temporales del sistema a partir del fotoanálisis de fotogramas del año 1970 e imágenes satelitales actuales, considerando áreas de

alumbramiento de napa freática, avance y estado de la erosión en profundidad y lateral y los procesos de acumulación asociados.

2.6. Sistematización de la información recopilada.

3. A partir del análisis de la red de drenaje y la información geológica-geomorfológica, se seleccionan sitios convenientes para la medición de caudales, muestreo de agua y censo de pozos.

3.1. Medición de caudales se realiza por vadeo con empleo de Micromolinetes AOTT KEMPTEN.

3.2. Los muestreos se realizaron de modo puntual, utilizando la metodología detallada en el Manual de Procedimientos para el Muestreo de Aguas de GEMS y en el PM. Cabe mencionar que las muestras fueron manejadas de acuerdo al manual.

3.3. Muestreo y medición del nivel freático en pozos existentes.

4. Evaluación de excedentes hídricos. Balance hidrológico.

5. Reconocimiento y evaluación de la hidrodinámica a nivel de sistemas hidrográficos, considerando la situación pasada, actual y futura.

6. Tratamiento de regulación de los flujos hídricos superficiales. Obras de prevención y control.

7. Conclusiones y recomendaciones.

3.- RESULTADOS

3.1.- ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN Y FOTOINTERPRETACIÓN. CARTA GEOLOGICA –GEOMORFOLOGICA.

Como información de base de partida para el estudio, se obtiene la Carta Geológica - geomorfológica del sistema hidrográfico, considerando en forma integral la naturaleza del territorio y los ambientes y unidades geomorfológicas que lo integran.

A partir de los análisis de teledetección y fotointerpretación y control de campo, se definen unidades cartográficas en las que se consideran los siguientes aspectos: litología, morfología, suelos (información antecedente), drenaje y procesos morfodinámicos.

3.1.1.- Ambientes y unidades geológicas-geomorfológicas.

Descripción.

Ambiente de montaña

El ambiente de montaña comprendido en el sistema hidrográfico se corresponde con el extremo sur de la *Sa. de Comechingones*, la *Sa. del Portezuelo*, la *Sa. del Morro* y la *Sa. del Yulto*.

Estas unidades orográficas se ajustan al estilo tectónico de las Sierras Pampeanas de bloques levantados por fallamiento regional N-S, en forma fuerte hacia el oeste y basculados en forma tendida en dirección este, a excepción de la Sierra del Portezuelo que lo hace en forma inversa, con levantamiento fuerte al este y basculamientos tendido hacia el oeste.

Vertiente occidental de la Sa. de Comechingones

Litología.

Complejo metamórfico de medio y alto grado. Esquistos biotíticos migmáticos y granitoides. Eopaleozoico.

Morfología:

Abrupto de falla en partes escalonado por el descenso diferencial de bloques. La altitud desciende progresivamente de 1.100 m.s.n.m. al norte, a 750 m.s.n.m. al sur, a partir de donde comienza a sumergirse y se manifiesta en cerros aislados que se prolongan en un alto estructural. La altura relativa con respecto a la planicie es del orden de los 160 mts. al norte y menos de 60 mts. al sur.

La pendiente media del relieve varía de fuerte a accidentada con alternancia de interfluvios convexos asociados a rocas graníticas masivas y valles en "V" abiertos, con fondo plano por relleno coluvial.

Suelos:

Los suelos evolucionaron a partir de cubiertas residuales derivadas de la meteorización. Son suelos muy superficiales y discontinuos con respecto a la roca desnuda que aflora con porcentajes del orden del 30% (rocosidad). Son suelos de textura franco arenosa en laderas y franco limosa en el fondo de valles.

Red de drenaje:

En este ambiente se organizan las nacientes del sistema hidrográfico del A^o La Punilla y arroyos menores. El drenaje es de moderada a alta densidad, de diseño dendrítico angular por el fuerte control estructural que ejerce el fallamiento y/o fracturación, en particular en el sentido NE-SW (colectores principales).

Procesos morfodinámicos

Ambiente de denudación con procesos de meteorización moderada en forma de disgregación granular y fragmentación en bloques. Remoción en masa en forma de desprendimientos de bloques muy localizados con ausencia de deslizamientos y flujos densos. Reptación en mantos en cubiertas residuales de suelo.

Sistema fluvial torrencial con alta tendencia a crecidas repentinas por impermeabilidad del sustrato rocoso, alta energía del relieve, escasa vegetación y efecto orográfico en las precipitaciones.

Sierra del Portezuelo

Litología:

Basamento cristalino metamórfico plutónico aflorante en la vertiente oriental de edad precámbrico-cámbrico compuesto por esquistos biotíticos migmáticos, granitos y pegmatitas) cubierto por sedimentos loessoides arenosos, en la vertiente occidental tendida.

Morfología:

La unidad orográfica tiene una longitud de 17 Km. y un ancho no superior al kilómetro. La altitud absoluta supera escasamente los 1000 m.s.n.m. y las relativas con respecto a la planicie, varían de 60 mts. al norte, a menos de 20 mts. al sur, a partir de donde se integra paulatinamente a la planicie.

El relieve es accidentado a fuerte en la vertiente oriental que obedece al abrupto de la falla y mediano y tendido en la occidental, por basculamiento. En el primer caso los interfluvios son convexos en rocas ígneas y de crestas angulares en rocas metamórficas, alternantes con valles en "V" con y sin fondo aluvional evolucionados por la incisión vertical de los cursos de agua, favorecida por la debilidad generada por el trazo de fallas y fracturas.

Drenaje:

Ambas vertientes de la unidad aportan al sistema hidrográfico. En el abrupto de falla oriental se organizan nacientes de arroyos de escaso desarrollo de carácter temporario con aporte al A° El Portezuelo y en la vertiente tendida occidental, el escurriendo desorganizado con ausencia de cauces, aporta al A° Paraná tributario del sistema del A° La Guarda.

El diseño de drenaje en el abrupto de falla es subdendrítico angular con frecuentes trazos rectos por fuerte control estructural y en la vertiente occidental tendida sobre los materiales loésicos-arenosos que cubren el basamento, el

drenaje elemental adopta diseño mantiforme con pseudoconcentración en bajos sin alveo definido.

Procesos morfodinámicos:

Ambiente de denudación con procesos de meteorización en forma de disgregación granular y fragmentación en bloques en rocas graníticas y fragmentación en bloques moderada en rocas metamórficas.

Los procesos de remoción en masa se limitan a caídas en forma de desprendimientos de bloques muy localizadas, con ausencia de deslizamientos y flujos densos.

En la vertiente occidental tendida se evidencian procesos moderados de erosión hídrica concentrada en cárcavas.

Sierra del Morro

Litología:

Complejo metamórfico. Esquistos biotíticos migmáticos y traquiandecitas (domos y lavas) Terciario. Mioceno.

Depósitos loessoides con paleosuelos y cineritas en la parte cumbreal deprimida (fondo de pseudocaldera).

Morfología.

Relieve de montaña fuerte con estructura en forma de cono con una amplia depresión circular en la cumbre en forma de caldera, de 3 Km. de diámetro y bordes abruptos con desniveles algo mayores a los 200 mts. con respecto al fondo que presenta un relieve de altiplanicie suavemente ondulado con corrientes fluviales secundarias encajadas (A°. La Guardia).

Completan el marco morfológico pitones volcánicos (traquiandesita) incluidos en la depresión y fuera de ella en forma adventicia (C° El Tala y C° La Guardia).

Morfología:

Relieve fuerte similar a un típico aparato volcánico pero de laderas conformadas por basamento cristalino por empuje de la cámara magmática.

La altura absoluta de la estructura es de 1648 m.s.n.m. y la relativa con respecto al piedemonte de más de 500 mts.

Al este la unidad limita con relieve de planicie y al oeste se integra con continuidad a la Sa. del Yulto.

Su origen probablemente se vincule a un vaciamiento brusco por emisión de material volcánico y posterior colapso.

Drenaje:

En esta unidad orográfica se organizan las nacientes del sistema de mayor potencial hidrológico, con drenaje de diseño radial típico de las estructuras volcánicas. En la depresión de la caldera se organizan las nacientes del A° La Guarda y en las laderas, las nacientes del A° Paraná al este y numerosos arroyos no identificados en la toponimia que forman parte del mismo sistema, al oeste.

Suelos:

Suelos profundos de texturas francas en el material loessoide en la altiplanicie de la depresión cumbral y suelos residuales someros y discontinuos con respecto a la roca desnuda en porcentajes del orden del 30% y muy pedregosos, en las laderas.

Procesos morfodinámicos:

Ambiente de denudación. Meteorización mecánica predominante por fragmentación en cantos y disgregación. Remoción en masa en forma de deslizamientos de roca localizados y reptación en mantos en cubiertas residuales de suelo.

Sistema fluvial torrencial con alta tendencia a crecidas repentinas en los colectores principales del drenaje por baja permeabilidad del sustrato rocoso, fuertes pendientes naturales, vegetación natural de bajo grado de protección hidrológica y efecto orográfico.

Sierra del Yulto

Litología:

Basamento metamórfico plutónico. Esquistos migmáticos y biotíticos poco inyectados. Eopaleozoico.

Morfología:

En el sistema hidrográfico se incluye la vertiente oriental tendida de la unidad orográfica que al norte se integra con continuidad al macizo de la Sa. Del Morro, mientras que la vertiente occidental asociada al abrupto de falla, aporta al río El Rosario.

La altitud absoluta varía desde los 1.000 m.s.n.m. al norte, hasta los 900 m.s.n.m. al sur, a partir de donde se sumerge en la planicie continuado en forma de alto estructural.

El relieve tiene escasa expresión morfológica con elevaciones relativas con respecto al entorno del orden de los 50 mts. La pendiente media del terreno es moderada con interfluvios plano-convexos y valles en "V" abiertos de fondo plano-cóncavo por relleno coluvio-aluvial que se integran con continuidad al piedemonte.

Drenaje:

La vertiente oriental tendida del macizo se incluye en el sistema hidrológico según cuencas paralelas de mediano desarrollo, que configuran las nacientes del A| El Quebrachal.. El drenaje es dendrítico angular con fuerte control estructural en dirección norte-sur y NO-SE y NE-SO.

Procesos morfodinámicos:

Ambiente de denudación. Meteorización mecánica en forma de disgregación granular y en bloques moderada a baja. Ausencia de procesos de remoción en masa con significación en el sistema fluvial. Moderado grado de torrencialidad y menor tendencia a crecidas repentinas con respecto a las Sierras de Comechingones y El Morro.

Basamento cristalino cercano a la superficie

Asociada al relieve de montaña se consideran unidades condicionadas por la cercanía del basamento cristalino a la superficie detectadas en base a análisis de imágenes radar, por su probable incidencia en el aspecto geohidrológico,.

Litología:

Indeterminada.

Morfología:

Afloramientos puntuales de escasa expresión morfológica (granito).

Drenaje

Sin drenaje superficial

Proceso morfodinámicos:

Ausencia

Piedemonte de la sierra del Morro

Se define como unidad independiente por su clara expresión morfológica y su identidad litológica diferencial, con respecto a los piedemontes de las restantes unidades orográficas que se presenta obliterados por materiales por la cubierta limo-loésicas de las planicies.

Litología:

Unidad mixta sin posibilidad de diferenciación a la escala de trabajo. Basamento cristalino metamórfico plutónico con cubierta de materiales piroclásticos y rellenos coluvio-aluviales de valles secundarios.

Morfología:

Relieve alternante de colinas alongadas plano-convexas y valles secundarios longitudinales de fondo plano-cóncavo, con distribución radial a partir del macizo de la Sa del Morro.

La unidad presenta pendiente tendida radial con un valor medio de 1.8% y una diferencia de altura entre altos y bajos, del orden de los 20 mts.

Drenaje:

La unidad presenta drenaje alóctono por los cursos de carácter permanente y semipermanente que la atraviesan derivados de las vertientes del macizo del C° El Morro y local esporádico con franco diseño radial. En el segundo caso las subcuencas aportan a los colectores principales alóctonos y al oeste, con alto grado de desorganización con pseudoconcentración en bajos, aportan a las nacientes del A° El Quebrachal.

Morfodinámica:

Acción del escurrimiento superficial. Erosión hídrica laminar y difusa moderada en relieve de lomas y concentrada en cárcavas de mediana a fuerte intensidad en el relleno coluvio-aluvial el fondo de valles. Ambiente con tendencia a la generalización e intensificación de la erosión acelerada.

Ambiente de planicies

El ambiente de planicie se corresponde con el área de mayor extensión del sistema estudiado y en donde tienen lugar los procesos hidrodinámicos de mayor inestabilidad que afectan a la región.

Estos ambientes son el producto del relleno de depresiones estructurales originadas por el descenso diferencial de bloques del basamento cristalino en profundidad, por el aporte de depósitos fluviotorrenciales de piedemonte derivados de los macizos serranos, sobre los que se asienta una cubierta de sedimentos loessoides arenosos.

A partir del límite norte de la cuenca hidrográfica se localizan dos depresiones estructurales: al este la depresión definida entre la Sa. de Comechingones y la Sa. del Portezuelo, cerrada al norte por un alto estructural y al oeste, la depresión definida entre la Sa. Del Portezuelo y la Sa. Del Yulto, con cierre norte en la Sa. del Morro.

Ambas depresiones a unos 40 km en dirección sur, comienzan a integrarse en una única depresión que pierde progresivamente definición comprendida entre las Sierras de Comechingones y El Yulto, hasta el valle del río Quinto.

En base a la naturaleza de los materiales geológicos de superficie, las pendientes naturales y el aspecto morfodinámico, se diferencian tres ambientes: la

Planicie loésica arenosa , la Planicie arenosa y la planicie aluvial anigua y reciente del río Quinto.

Planicie loésica - arenosa

Litología:

Sedimentos eólicos loessoides y arenosos. Plistoceno-holoceno (unidad mixta difícil de diferenciar).

Depósitos arenosos subyacen sobre loessoides y viceversa apoyados sobre basamento cristalino, depósitos piroclásticos terciarios y/o fluviales pleistocénicos.

Sedimentos aluvionales: gravas, arenas y limos actuales como carga de fondo en los cursos fluviales. Holoceno

Morfología:

El relieve con pendiente tendida en dirección sur del orden del 1.6%, se presenta plano suavemente ondulado a ondulado, con alternancia de lomas amplias y bajos amplios plano-cóncavos e inclusión de paleomedanos muy disipados y aislados y zonas de explayamientos aluviales en abanico con formación de bañados.

La cubierta por sectores suaviza el paisaje cuando es de escasa potencia cubriendo a el basamento cristalino cercano a la superficie o en los piedemontes.

Suelo:

Profundos de textura franco arenosa: arcilla (7%), limo (23%) y 70 % (arenas de las cuales el 55% es fina a muy fina) muy calcáreos desde superficie o a partir de los 50 cm. Excesivamente drenados.

Drenaje:

El drenaje alóctono asociado a los cursos fluviales derivados de los macizos serranos, presentan por tramos la alternancia de trazos rectos y semirectos y meandriforme de variada sinuosidad.

El drenaje interno tiene un bajo grado de organización y diseño sub-paralelo, con hidrodinámica caracterizada por escurrimiento elemental mantiforme y difuso en los interfluvios y concentrado en bajos, con o sin aporte del nivel freático.

Morfodinámica:

Ambiente de neto predominio de procesos de denudación sobre los de acumulación. Los colectores principales de la red de drenaje corren encajados en valles en forma de artesa.

Erosión hídrica laminar y concentrada en cárcavas moderadas en interfluvios con alta tendencia a la intensificación y generalización por uso antrópico.

Alternancia de procesos fluviales por encajamiento y ampliación de valles de fuerte actividad reciente y sectores de cierta estabilización.

Planicie arenosa

Litología:

Sedimentos loessoides y arenosos: arenas eólicas, retrabajadas y retransportadas y sedimentos limo-arenosos pobremente consolidados, con depósitos salinos en depresiones. Holoceno.

Depósitos aluvionales: arenas y limos actuales como carga de fondo en los cursos fluviales y limos y arcillas de desborde en explayamientos aluviales. Holoceno.

Morfología:

Disminución de la pendiente regional con respecto a la planicie limoloésica-arenosa de 1.6%, a 0.7%. El relieve es ondulado a fuertemente ondulado con paleomedanos disipados de baja altura fijados por la vegetación de rumbo NNE y localmente activos de orientación N-NO, con inclusión de explayamientos aluviales y bañados y frecuentes cubetas de deflación con y sin afloramiento de la napa freática. Las depresiones de deflación son elongadas norte-sur o de forma más o menos circular y borde redondeada, situada en las áreas intermedanos.

Suelo:

Entisoles subordinados (regosolicos). Profundos Textura franco arenosa: arcilla(10%), limo (20%) y 70 % (arenas). Calcáreos. Excesivamente drenados.

Drenaje:

La disminución de la pendiente define un sistema de drenaje desorganizado y anárquico con frecuente pérdida de cauce único y formación de bañados e interconexión de depresiones lagunares. La hidrodinámica se caracteriza por escurrimiento elemental mantiforme y difuso en los interfluvios y concentración en bajos con o sin aporte del nivel freático.

En la situación actual los colectores principales evidencian paulatino encajamiento en partes con diseño meandriforme (A° Zanjón del C° Negro).

Morfodinámica:

El cambio de pendiente con respecto a la planicie loéssica-arenosa determina un predominio de los procesos de agradación con tendencia a la acumulación aluvional por explayamientos.

Procesos erosión eólica moderados e hídrica acelerada en interfluvios y salinización de suelos por cercanía del nivel freático a la superficie.

Planicie aluvial antigua y actual del Río Quinto

Litología:

Planicie aluvial antigua: sedimentos aluvionales (arenas y gravas) con cubierta de arenas loéssicas (medanos). Planicie aluvial actual: material aluvional reciente (arenas y gravas aluviales en fondo y terrazas). Holoceno.

Morfología:

El plano aluvial antiguo presenta relieve plano suavemente ondulado con inclusión de médanos aislados. Completan el marco morfológico un paleocauce obliterado por cubierta eólica probablemente asociado al aporte lateral de una paleored fluvial conformada por la confluencia de los actuales sistemas A° Nuevo y A° El Quebrachal y la depresión La Salada, ligada a paleoformas fluviales del río quinto.

Por su parte el plano aluvial actual encajado en el antiguo, tiene una amplitud que alcanza los 1. 8 km., con inclusión de tres niveles de terraza: el nivel inferior con una cota topográfica superior a los 4 mts. con respecto al fondo del río, el nivel medio entre 6 y 7 mts. y el superior, entre 10 y 12 mts.

Suelos:

Suelos profundos moderadamente bien drenados de textura franco arenosa en la planicie aluvial antigua y aluviales profundos, moderadamente bien drenados y textura franco arenosa en los niveles aterrizados de la planicie aluvial actual.

Drenaje:

El drenaje en la planicie aluvial antigua es mantiforme con ausencia de ejes definidos de avenamientos y sobreimposición de los aportes laterales, con diseño meandriforme en el caso del A° Zanjón del C° Negro y alterado por canalización, en el caso del A° Nuevo.

En el plano aluvial actual el cauce del río Quinto se ajusta a un diseño meandriforme de baja sinuosidad y en partes, a tramos rectos por probable control estructural en profundidad.

Procesos morfodinámicos:

La acción fluvial por encajamiento y ampliación de valle, presenta franco avance en el caso del ingreso lateral a la planicie aluvial antigua del sistema del A° Zanjón del C° Negro y alto potencial, en el ingreso canalizado del sistema del A° Nuevo.

La depresión La Salada en la situación actual pierde progresivamente capacidad de almacenamiento por intensos procesos de aluvionamiento incrementados notablemente por el efecto de retención que genera la ruta Nac. N° 8.

En la planicie aluvial actual el cauce del río Quinto ocasiona erosión de márgenes moderada a severa, en donde el diseño meandriforme es acusado e inundabilidad del nivel inferior de terraza, en crecidas de magnitud.

3.2.- SISTEMA DE DRENAJE

3.2.1.- Definición de subcuencas que conforman el sistema

A partir de la información cartográfica geológica y geomorfológica lograda, análisis de imágenes satelitales de distinta fecha, fotomosaicos aerofotográficos a escala 1:50.000 del año 1962, cartografía del IGM y control de campo, se han reconocido y definido los siguientes sistemas hidrográficos en la situación evolutiva actual:

Sistema del A° Zanjón del C° Negro

Tiene nacientes a partir del aporte de la vertiente occidental de la Sierra de Comechingones y la oriental de la sierra del Portezuelo, en el primer caso mediante el A° *La Punilla* y en el segundo, mediante el A° *El Portezuelo*. Ambos en su ingreso a la planicie *loésica - arenosa* presentan fuerte control por fallamiento el A° *La Punilla* en el sentido NE-SO y el A° *El Portezuelo* N -S, hasta su confluencia a la altura del paraje *La Cañada*.

Aguas debajo de dicha confluencia la confluencia el curso mantiene el control estructural N -S en un recorrido de 12 km., hasta su ingreso a *la planicie arenosa* en el cruce de la ruta Prov. N° 1.

A partir de ese punto el colector adopta fuerte control en el sentido NE-SO y luego de un recorrido de 22 km. con encajamiento entre 8 mts. y 10 mts., recibe por la margen izquierda en forma de bañados el aporte del A° *Zanjón del C° Negro* con nacientes en la vertiente occidental de las *Sa. de Comechingones*.

A partir de este punto el curso ajustado a la misma dirección de control hasta más al sur de la ruta Nac. N° 8, desagua con carácter permanente en el río Quinto luego de un recorrido de 38 km.

Sistema A° La Guarda

La subcuenca del *A° La Guarda* organiza las nacientes a partir de la caldera en la parte cumbral del *C° del Morro* a mas de 1700 m.s.n.m., mediante el nacimiento dos arroyos de caudal permanente que luego de su confluencia, abandonan la depresión por la quebrada *De la Cal*.

El colector así generado ingresa al piedemonte del *C° del Morro* con carácter temporario por infiltración a la altura de la Ea. La Guarda, ajustado a control estructural por fallamiento NO-SE con cauce fluvial encajado en forma de cañada, en un recorrido de 10 km., a partir de donde pierde la condición de cauce único e ingresa al ámbito de la *planicie loésica-arenosa* y adopta nuevamente carácter permanente por aporte del nivel freático en un complejo sistema de lagunas y bañados.

En este sistema de bañados confluyen completando el sistema dos arroyos. Al este el *A° Paraná* con nacientes en el faldeo oriental del *C° del Morro* y occidental de la *Sa. del Portezuelo* , luego de un recorrido de 27km. con valle encajado y carácter temporal; y al oeste, un arroyo no identificado en la toponimia de alto grado de desorganización con nacientes en el faldeo del *C° del Morro* y piedemonte.

El su desarrollo en dirección sur el arroyo con pérdida de cauce único, adopta fuerte grado de desorganización por confluencias y difluencias de flujo, encadenamientos de lagunas y efecto de canalizaciones, particularidad que se mantiene hasta la ruta Nac. N° 8, a partir de donde se integra al sistema del *A° Nuevo* en la depresión *La Salada*.

Sistema A° Nuevo

Las condiciones topográficas definen la alta cuenca del sistema a partir del aporte desorganizado de cursos intermitentes en el piedemonte del *C° del Morro* que se infiltran cuando ingresan a la *planicie loésica-arenosa* .

Mas al sur en un área plano-ondulada imperfectamente drenada con aporte del nivel freático, el arroyo en la situación evolutiva actual, comienza a definirse por interconexión de lagunas y continúa en cárcavas con franca tendencia a la formación de un valle fluvial con profundidades del orden 12 a 15 mts. y una amplitud superior a los 30 mts.

En un recorrido de 16 km. el cauce formado evidencia probable control por fallamiento en profundidad por fotolinamientos evidentes en dirección NO-SE, para luego a la altura de la E^a. R. Vasallo, adoptar rumbo NO-SE hasta la depresión *La Salada*, a partir de donde por canalización desagua con carácter permanente en el río Quinto.

Sistema A° El Quebrachal

Este sistema en un estadio evolutivo incipiente se organiza a partir de nacientes con desarrollo en la vertiente oriental de la *Sa. del Yulto*, que al ingresar al ambiente de la *Planicie arenosa*, adoptan una marcada anarquía concentrándose en áreas deprimidas (cubetas de deflación), cañadas interrumpidas por deposición eólica, con y sin afloramiento del nivel freático y formación de lagunas con encadenamiento durante precipitaciones importantes.

El encadenamiento de lagunas y el trazo de cañadas interrumpidas, denota probable control por fallamiento en dirección NO-SE.

El sistema al sur se continúa con carácter temporario y encajamiento incipiente, hasta la altura del camino al Paine, a partir de donde tiende en dirección a un bajo con clara evidencia potencial de interconexión de bajos interdunas (cubetas de deflación), hasta la depresión de *La Salada*.

3.2.2.- Áreas de aporte a nivel de sistema

A continuación se indican las áreas de aporte en Km² de cada sistema hidrográfico en particular, considerando dos situaciones: Las áreas hasta la ruta Nac. N° 8 y las áreas comprendidas entre dicha ruta y la ruta Nac. N° 7 (fig. 1)

SUPERFICIE de SISTEMAS HASTA LA RUTA N° 8	
A° ZANJON DEL C° NEGRO	488 Km ²
A° LA GUARDA	636 Km ²
A° NUEVO	372 Km ²
A° EL QUEBRACHAL	356 Km ²

SUPERFICIE de SISTEMAS ENTRE LAS RUTAS N° 8 y N° 7	
A° ZANJON DEL C° NEGRO	100 Km ²
A° LA GUARDA (no funcional por trasvaso)	92 km ²
A° NUEVO (por canalización)	52 Km ²

3.2.3.- Muestreo y medición de caudales

Para la obtención de información de base ambiental en complementación al estudio y con el propósito de evaluar la probable relación con los procesos hidrogeomórficos que hoy afectan la región, se considera la calidad de aguas, medición de caudales y niveles piezométricos en sitios seleccionados a partir de la evaluación conjunta de la información obtenida de la red de drenaje a nivel de los sistemas que la integran y las particularidades geológicas y geomorfológicas, según los ambientes y unidades reconocidas.

Calidad del recurso

Los parámetros medidos son los indicados en la Global Environmental Monitoring System Water (GEMS-WATER), para arroyos y ríos de montañas.

En el área de estudio se seleccionó un total de 22 puntos de muestreo, los cuales se distribuyen de la siguiente forma: 8 en la cuenca del A° Río Nuevo; 4 en la cuenca del A° La Guardia; 6 en la cuenca del A° Zanjón del Cerro Negro; 4 en la cuenca baja del A° Río Nuevo y canal Juan Jorba/depresión La Salada. En el caso del sistema del A° Nuevo se intensificó el muestreo, dado la complejidad del sistema de drenaje y el estado avanzado de los procesos activos.

En los puntos de muestreo se midieron los siguientes parámetros básicos definidos por GEMS en el Plan Maestro:

- pH
- Salinidad
- Temperatura
- Conductividad

EL equipamiento y laboratorio utilizado para los análisis de las muestras fue el LABORATORIO LIMNOLOGICO DE CRSA (INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA). Los resultados se indican en la fig.2.

Mediciones de caudales y calidad de agua de las muestras

Las mediciones de caudales se realiza por técnica de vadeo con micromolinete. Los sitios de muestreo y las mediciones de los caudales y los parámetros de calidad de agua se realizaron in situ y se indican en la fig. 3.

Censo de pozos

La disponibilidad de registros de niveles freáticos obtenida por El INTA en su estación de Villa Mercedes, que considera un periodo de 20 años, entre 1987 y 2007.(fig. 4), se complementan con ensayos de exploraciones efectuadas en campañas específicas considerando las nacientes de los sistemas A° Nuevo y A° El Quebrachal, debido a la fuerte incidencia que manifiesta el nivel freático en los procesos fluviales hoy activos (fig. 5)

En el análisis de la Fig. 4. la profundidad media del nivel freático es cercana a los 2m advirtiéndose un periodo con agua subsuperficial más profunda entre los años 2004 y 2007. Sin embargo para más de la mitad de la serie la profundidad es del orden

de 1.5m., condición que se evidencia en la Fig. 5.

M N°	CÓD	SDT (mg/L)	DUR (mg/L)	CA (mg/L)	MAG (mg/L)	ALC T (mg/L)
1	ago-53	2492	172	30	142	265
2	ago-54	2208	170	26	144	225
3	ago-55	5060	865	102	763	274
4	ago-56	5724	901	102	799	297
7	ago-58	4696	1877	211	1666	378
5	ago-57	6944	611	79	532	284
8	ago-59	1600	504	48	456	468
B	ago-60	312	208	32	176	232
A	ago-61	280	181	30	151	234
C	ago-62	260	189	28	822	225

M N°	CÓD	CL (mg/L)	SO4 (mg/L)	NA (mg/L)	K (mg/L)	F (mg/L)	COND CAMPO	PH CAMPO
1	ago-53	1,51	24	25,6	5,42	0,632	0,542	8,72
2	ago-54	1,01	33	21,2	4,06	0,532	0,54	8,68
3	ago-55	361,44	4220	208	24,6	1,048	6,91	8,56
4	ago-56	364,45	5473	207	28,2	0,936	6,86	8,49
7	ago-58	502,38	7089	259	80,7	1,228	3,99	8,05
5	ago-57	173,67	3709	194	25	0,84		
8	ago-59	230,55	1253	149	13,5	1,34	4,01	7,99
B	ago-60	1,01	40	25,5	4	0,56	0,585	8,73
A	ago-61	2,01	21	26,6	5,27	0,66	0,605	8,5
C	ago-62	4,03	33	23,1	3,82	0,548		

ORIGEN DE LA MUESTRA N°

1. C ALTA, A° LA GUARDIA OESTE (04/06/08)
2. C ALTA, A° LA GUARDIA ESTE (04/06/08)
3. C MEDIA R NUEVO, CRUCE CAMINO DEL MEDIO (05/06/08)
4. C BAJA R NUEVO, LAGUNA E° VASALLO (05/06/08)
7. C MEDIA R NUEVO, LAGUNA (O) E° UCKE (05/06/08)
5. C BAJA MOLINO, LAGUNA PRIVADA A ODERIS. (05/06/08)
8. C MEDIA R NUEVO, ALIMENTACION LAG UCKE ("CALDEN") (05/06/08)
- B. CALDERA VOLCAN, A° CAMINO IZQUIERDO (11/06/08)
- A. CALDERA VOLCAN, A° CAMINO DERECHO (11/06/08)
- C. C ALTA, A° LA GUARDIA IZQUIERDA (11/06/08)

Fig. 2. Tabla de mediciones de parámetros de aguas de la cuenca del Morro (Laboratorio de Limnología INA-Cirsa).

Nº	FECHA	HORA	PUNTO MUESTREO	CUENCA	POSGAR 94 metros		CAUDAL m3/seg	PH	COND uS/cm	T AGUA °C	SAL %
					LAT S	LONG W					
1	20/06/2008	10:15	Cruce R8N , canal J Jorba y Rio Nuevo	J Jorba baja (-)	3556556	6277774,56	0,98	8,49	7,12	5,5	0,36
2	20/06/2008	11:30	Canal Juan Jorba cruce c/ Camino del Medio	J Jorba baja	3559031,16	6278464	0,295	8,41	6,9	6	0,35
3	20/06/2008	10:55	RN8 cruce del RIO NUEVO y J JORBA (KM 720)	J Jorba baja	3556556	6277774,56	1,1	8,41	7,12	5,5	0,36
4	20/06/2008	13:10	A ZANJON C' NEGRO cruce RUTA 8N	J Jorba baja	3568576,73	6281016,52	2,44	8,85	2,27	8,9	0,1
5	20/06/2008	14:28	A ZANJON C' NEGRO cruce RUTA 14B	J Jorba baja	3572646,34	6292482,11	1,427	8,7	2,18	12,5	0,1
6	03/07/2008	15:00	RIO NUEVO cruce CAMINO DEL MEDIO	J Jorba baja	3559028,11	6278469,57	0,83	8,83	5,51	17,9	0,29
7	03/07/2008	15:41	CANAL J JORBA cruce CAMINO DEL MEDIO	J Jorba baja	3559028,11	6278469,57	0,308	8,92	5,21	11,1	0,26
8	04/07/2008	15:52	molino RIO NUEVO NAC a 200 METRO DEL	El Quebrachal	3553014,98	6307894,5					
9	20/06/2008	17:10	A' LA PUNILLA cruce CAMINO a Estancia	La Punilla	3580414,06	6309745,07		8,74	2,22	10,3	0,1
10	03/07/2008	10:17	A La Guardia ALCANT MOLINO RUTA 1 cruce	La Guardia medi	3570986,14	6297325,17	0,01	8,82	4,53	7	0,22
11	03/07/2008	11:11	A La Guardia ALCANT FRENT E' CHAMICO NO CR	La Guardia medi	3569404,12	6295166,29	0,111	8,96	3,12	8,4	0,15
12	20/06/2008	15:28	Cárcava ESTE der, cruce Camino Las Nenas	J Jorba media	3567283,08	6293787,39		8,56	8,21	7,7	0,43
13	20/06/2008	15:44	Cárcava MEDIO centro, cruce Camino Las Nenas	J Jorba media	3567828,87	6293650,46		8,49	7,23	8	0,37
14	20/06/2008	15:51	Cárcava OESTE izq, cruce Camino Las Nenas	J Jorba media	3568676,27	6293457,74		8,59	4,35	6,6	0,21
15	03/07/2008	11:40	Carcava CRUCE ESTE CAM LAS NENAS	J Jorba media	3568626,79	6293469,19	0,106	8,78	3,46	8,7	0,16
16	03/07/2008	12:15	Carcava CRUCE MEDIO CAMINO LAS NENAS	J Jorba media	3567845,89	6293648,49	0,54	8,64	5,33	10,6	0,27
17	03/07/2008	12:40	Carcava CRUCE OESTE CAMINO LAS NENAS	J Jorba media	3567287,76	6293792,9	0,017	8,78	6,04	10,3	0,31
18	02/07/2008	11:49	A LA PUNILLA PUENTE METALICO localidad La Pu	La Punilla alta	3585642,43	6332678,06	0,049	8,29	0,36	12,2	0,01
19	02/07/2008	13:03	A EL PORTEZUELO CRUCE CAMINO al morro	El Portezuelo	3578455,76	6326648,89	0,091	8,76	2,15	12,1	0,1
20	02/07/2008	14:17	CONFLUENCIA A PORTEZUELO y A LA PUNILLA	La Punilla alta	3578745,9	6323317,09	0,258	9,16	1,62	15,8	0,07
21	02/07/2008	16:17	A LA PUNILLA CRUCE CAM ESTANCI	La Punilla media	3580421,84	6309746,85	0,318	8,74	2,21	10,4	0,1
22	18/06/2008	10:43	canal Estancia El Quebrachal	El Quebrachal	3549656,26	6304436,92	0,127	8,54	2,13	7,5	0,09
23	18/06/2008	11:05	Carcava nac rio Nuevo, fondo granitico	El Quebrachal	3554102,51	6306544,55	0,011	8,7	2,67	7,1	0,12
24	18/06/2008	12:00	Nacimiento, Rio Nuevo, alcantarilla	El Quebrachal	3552968,99	6307425,21	0,01	8,61	3,34	6,9	0,16
25	18/06/2008	14:18	Eº Don Julio (Carcava, corte camino)	Rio Nuevo medio	3558188,05	6299416,55	0,061	8,41	6,73	13,6	0,35
26	18/06/2008	15:51	Eº Don Julio H, camino entrada y canal	Rio Nuevo medio	3549238,91	6307740,65		8,49	2,92	9,5	0,14
27	17/06/2008	16:30	Alcantarilla entrada Eº Ucke	Rio Nuevo medio	3560225,66	6300613,09	0,018	8,74	5,34	12,4	0,27
28	17/06/2008	17:31	Alcantarilla, cruce R33, al N de Rizatti	Rio Nuevo medio	3558561,92	6300248,03	0,113	8,19	6,13	13,3	0,32
29	17/06/2008	18:05	Eº Rizzatti, camino entrada	Rio Nuevo medio	3559132,16	6299723,24	0,046	8,5	6,19	10,4	0,32
30	19/06/2008	11:06	A Rio Nuevo, cruce con R33	Rio Nuevo medio	3558191,68	6297961,63	0,213	8,31	6,75	10,7	0,35
31	19/06/2008	14:30	A rio Nuevo, entrada laguna Vasallo	Rio Nuevo medio	3560681,26	6283378,68	0,66	8,49	6,86	9,6	0,36
32	19/06/2008	15:06	A rio Nuevo, cruce con Camino del medi	Rio Nuevo medio			0,523	8,56	6,91	10,9	0,36
33	05/06/2008	13:45	Viotto y Viotto	Rio Nuevo medio	3558331,74	6298867,57		8,23	6,3	19,3	0,33
34	05/06/2008	14:00	Rissatti, canal sobre camino (2)	Rio Nuevo medio	3559240,04	6299916,53	0,046	8,45	5,69	15	0,29
35	05/06/2008	14:42	Ruta 33 - Alcantarilla	Rio Nuevo medio	3558651,65	6300515,38	0,081	8,03	5,7	14,4	0,29
36	05/06/2008	14:55	Alcant Ucke p/Risatti	Rio Nuevo medio	3559896,5	6300812,78	0,005	8,54	5,03	16,8	0,26
37	05/06/2008	15:20	Eº Ucke (laguna semipermanente) 5	Rio Nuevo medio	3559881,63	6302167,94		8,52	4,7	13,4	0,24
38	05/06/2008	16:33	Eº Ucke (inicio laguna alambrado) (6)	Rio Nuevo medio	3559543,85	6303201,57		7,69	4,01	14,4	0,2
39	05/06/2008	17:00	Laguna Potrero Ucke	Rio Nuevo medio	3559438,95	6303287,26		8,05	3,99	14,3	0,2
40	05/06/2008	17:30	salida laguna al N de Ucke, canal 8	Rio Nuevo medio	3559435,36	6302701,26					
41	05/06/2008	17:49	Molino, casa familia Ucke	Rio Nuevo medio	3560307,3	6302316,89		7,97	3,72	12,1	0,18
42	06/06/2008	13:55	Carcava Eº El Quebrachal	Rio Nuevo medio	3554298,39	6306387,99		8,64	2,58	13,6	0,12
43	17/06/2008	12:51	Aº La Guardia, afl derecho, aguas abajo	La Guardia alta	3557400,17	6325823,14	0,012	8,72	0,542	14,8	0,02
44	17/06/2008	13:30	Aº La Guardia. Afl izquierdo, aguas abajo	La Guardia alta	3558095,31	6327737,85	0,069	8,68	0,54	10,7	0,02
45	04/06/2008	17:30	Rio La Guardia - Arroyo I oeste	La Guardia alta	3557400,17	6325823,14		8,31	0,504	14,7	0,02
46	04/06/2008	17:52	Rio La Guardia - Arroyo II este	La Guardia alta	3558095,31	6327737,85		8,39	0,47	10,4	0,01
47	11/06/2008	13:43	Estancia La Guardia, Aº I	La Guardia alta	3557400,17	6325823,14		8,66	0,542	15,9	0,02
48	11/06/2008	13:53	Estancia La Guardia, Aº II	La Guardia alta	3558095,31	6327737,85		8,68	0,529	11	0,02
49	11/06/2008	11:15	Arroyo, La Casa, Ea. La Morena, El Morro	La Guardia alta				8,43	0,297	7,1	0,01
50	11/06/2008	11:47	Vertiente, Casco Eº La Morena, El Morro	La Guardia alta				7,51	0,124	7,3	0
51	11/06/2008	12:25	Confluencia Caldera El Morro	La Guardia alta				8,55	0,596	11,1	0,01
52	11/06/2008	12:29	Desde confluencia Aº I	La Guardia alta				8,73	0,605	10,3	0,02
53	11/06/2008	12:32	Desde confluencia Aº II	La Guardia alta				8,5	0,587	12,3	0,02

Fig. 3: Mediciones de calidad de agua y caudales en secciones de la cuenca del Morro.

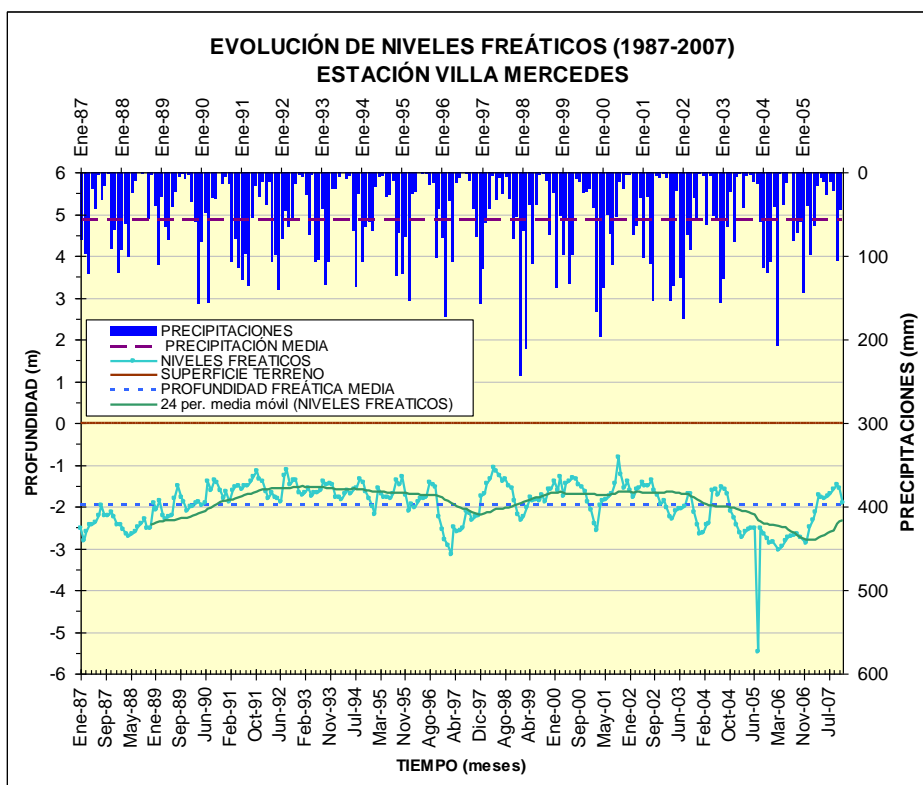


Fig.4: Variación de niveles freáticos en los últimos 20 años - Fuente: INTA Villa Mercedes.

FREATICA POZOS CUENCAS EL MORRO			
UBICACIÓN POSGAR94 ZONA3			
LAT S	LONG W	PUNTO DE MUESTREO	PROF (m)
3552999,47	6307894,59	molino a 200 metros nac Río Nuevo E ^a El Quebrachal	0,8
3552956,41	6307393,85	nacim Río Nuevo, entre las 3 cárcavas	1,6
3556697,49	6303431,41	molino E ^a Central de Don Julio	3,6
3558336,55	6303225,71	nacimiento cárcava en campo E ^a Don Julio	0,05
3547356,17	6305565	Casco de la E ^a El Quebrachal (Autopista)	2,5
3549305,41	6306180,1	Molino, cercano al canal E ^a El Quebrachal	1,47
3552648,75	6303012,46	Molino -Casco Antiguo E ^a El Quebrachal	5,57
3552772,95	6305034,17	camino al Molino -Casco Antiguo E ^a El Quebrachal	2

Fig. 5. Mediciones de la profundidad de pozos en la cuenca del Morro

3.3.- CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES E HIDRO-GEOMORFOLÓGICAS Y SU PROBABLE RELACIÓN CON LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

3.3.1.- Estructura

Para la evaluación de las condiciones estructurales de la región mediante el empleo de imágenes satelitales, se consideran dos aspectos principales: los accidentes morfoestructurales del sistema y el control que acusa el sistema de drenaje (ver Carta N° 1).

Como accidentes morfoestructurales se destacan el extremo sur de la *Sa. de Comechingones*, la *Sa. del Portezuelo*, la *Sa. del Morro* y las depresiones comprendidas entre ellas que reciben los aportes del flujo.

Del lineamiento de la *Sa. de Comechingones* se integra al sistema hidrográfico la vertiente occidental, que se corresponde con el abrupto de falla de los bloques de basamento cristalino, levantados en forma fuerte hacia el oeste y basculados en forma tendida al este. El abrupto de falla progresivamente pierde definición morfológica hacia el sur, en donde se expresa en forma aislada en los cerros *Divisadero*, *Loma Larga*, *Negro* y *Blanco*.

La faja de fallamiento en este caso ejerce el control más evidente del sistema hidrográfico en el sistema de drenaje. En primera instancia con sentido N-S en una distancia de 12 km., en todo el recorrido del *A° El Portezuelo* hasta su confluencia con el *A° La Punilla*, evidente en el tramo recto del arroyo y el encadenamiento de lagunas en un sector de bañados, inmediatamente al sur de la ruta Prov. N° 10.

Mas al sur controla a este último arroyo en una distancia de 11 km., hasta que cruza la ruta Prov. N° 1, a partir de donde el control adopta rumbo NE-SO por 40 km., controlando al mismo curso ya con el nombre de *A° Zanjón del C° Negro*, hasta sobrepasar a la ruta Nac. N° 8.

La *Sa. del Portezuelo* presenta un estilo tectónico inverso, con levantamiento fuerte hacia el este y basculamiento tendido al oeste, determinando una depresión probablemente tipo graben con respecto a la *Sa. de Comechingones*.

El control más evidente que genera la estructura vinculada a esta unidad morfoestructural en el drenaje, es con rumbo N-S en forma alternada en todo el recorrido del *A° Paraná*.

Por su parte las unidades morfoestructurales del *C° del Morro* y la *Sa. del Yulto*, el control regional más notable N-S, es el que ejerce fuera del sistema al río *El Rosario* y en forma secundaria a las nacientes del *A° El Quebrachal*, en donde es evidente en la alineación de depresiones lagunares.

En el ámbito de las planicies se evidencian fotolineamientos en dirección NE-SO, NO-SE y N-S. que controlan el sistema de drenaje y que tienen muy probable relación con movimientos diferenciales de bloques en profundidad

En el primer caso es notable el control que ejerce al trazo del *A° La Punilla* y aunque menos evidente pero probable, en el límite entre la *planicie loésica-arenosa* y la *planicie arenosa*, en donde se alinean en ese sentido lagunas de origen freático.

Más al sur el control se repite en las estribaciones de la *Sa. del Yulto*, en el sector que se evidencia la cercanía del basamento cristalino a la superficie (imagen radar) y tienen desarrollo las nacientes del sistema *A° El Quebrachal*, lo que permite suponer un movimiento diferencial de bloques en profundidad.

El control NO-SE afecta con magnitud regional al tramo del río Quinto incluido en el sistema y a nivel más local, al colector principal del *A° La Guardia*, desde la salida del *C° del Morro* atravesando el piedemonte y la *planicie loésica-arenosa*, hasta cuando ingresa a la *planicie arenosa*. Mas al oeste el probable control se manifiesta en gran parte del trazo del *A° Nuevo*, hasta la altura de la E^a. V. Vasallo y en los tributarios del sistema del *A° El Quebrachal*, por la alineación de depresiones lagunares con afloramiento del nivel freático y en cañadas interrumpidas por deposición eólica.

Por su parte el control N - S que rige los cauces de los arroyos *La Punilla* y *Paraná*, se evidencia más al oeste en *A° La Guardia*, cuando ingresa a la *planicie arenosa* y en los bañados que genera por la frecuente alineación de depresiones

lagunares. El lineamiento de cubetas de deflación en la parte baja del sistema de drenaje del A° *El Quebrachal*, quizás se vincule también a este control.

3.3.2.- Recarga regional y local

La depresión estructural al este definida entre la *Sa. de Comechingones* y la *Sa. del Portezuelo*, cerrada al norte por un alto estructural y la depresión al oeste, definida entre las sierras del *Portezuelo*, *del Morro* y *del Yulto*, representan la recarga regional de mayor significación a las planicies por la superficie de captación y las condiciones de permeabilidad.

Los macizos rocosos presentan permeabilidad secundaria por frecuente fracturación y diaclasado y los niveles de piedemontes adosados con cubierta eólica, significan depósitos aluviales en profundidad con alta permeabilidad por porosidad, constituyen condiciones aptas para la recarga de acuíferos.

Completa el marco regional la depresión mas al sur de similares características, comprendida entre la *Sa de Comechingones* y *del Yulto* y sus prolongaciones mediante altos estructurales, hasta el valle del río Quinto.

Aunque en una medida menor la recarga local en el ambiente de las áreas pedemontanas y planicies que abarcan el 70% del total del sistema, en base a la posición deprimida que ocupan, sumado a las condiciones estructurales y al carácter litológico que involucra la presencia de sedimentos fluviales, aluvionales y médanos, determinan condiciones de permeabilidad por porosidad favorables para la infiltración

3.3.3.- Basamento hidrológico

Estudios antecedentes indican que en la cuenca del río Quinto la potencia de los sedimentos cuaternarios permeables variable entre 10 mts. y 200 mts, fuertemente influenciada por la posición de bloques de basamento cristalino en profundidad que han sufrido movimientos diferenciales (P. Argentino-Australiano. 2000).

En concordancia con estos antecedentes el análisis de imágenes radar realizado, evidencia la proximidad del basamento cristalino a la superficie en las áreas pedemontanas, en particular en el caso de la *Sa. del Yulto*, en el sector que organizan las nacientes los sistemas de los arroyos *Nuevo* y *El Quebrachal* (Carta N° 1).

Esto se confirma en los controles de campo, en el afloramiento de granito en interfluvios o en el fondo de los valles de reciente encajamiento, a unos 7 Km. al este de la ruta nacional N° 148 (fig.6) y en el mismo entorno, en calcretes de la Fm Paso de Las Carretas que afloran en el fondo A° Nuevo (fig. 7) y en el corte de lomas sobre la ruta Nac. N° 148 (fig. 8).

Por su parte en el piedemonte del C° El Morro, afloran en forma de relictos de erosión depósitos piroclásticos de flujos densos, apoyados sobre el basamento cristalino, lo que permite suponer la probabilidad de su continuidad en profundidad hacia el sur FOTO. Completan el marco datos brindados por el Dr. Peña Zubiarte (Com. Per), que indican en el entorno de Villa Mercedes en el plano aluvial antiguo del río Quinto, la presencia de una capa de arcilla fluvial a escasa profundidad por debajo de los depósitos eólicos, probablemente relacionada con la Fm. Río Quinto – Paso de Las Carretas (Santa Cruz, J. 1979).

Todo esto indica que el nivel freático aunque con fluctuaciones, a estado históricamente en una posición cercana a la superficie en concordancia con la posición del basamento hidrológico en profundidad, hecho confirmado en estudios antecedentes de niveles freáticos (F. Pastore; INTA Va. Mercedes 1987-2007 y P.R.H. subterráneos de San Luís / INA),

En la parte media de la cuenca en los ambientes de los piedemontes y la *planicie loésica-arenosa*, el acuífero libre adopta una morfología tipo ondulada y acompaña en forma suavizada a la topografía subcortical, con dirección de flujo N-S, y una profundidad que no define condiciones de afloramiento, a diferencia de la parte baja en la *planicie arenosa*, en donde la freática con el mismo sentido de flujo es de tipo plana acompañando al relieve de menor energía, cercana a la superficie o aflorante. Aquí el nivel por intersección con la superficie topografía genera una serie de bañados de bordes fluctuantes y es donde en la situación actual se produce el mayor aporte de agua a los cursos superficiales que conforman las cuencas del Río Nuevo y A° La Guardia (fig. 9).



Fig.6. Granito aflorante. Vertiente Tendida de la Sa. Del Yulto. E^a. El Quebrachal. Unidad: Basamento cercano a la superficie.



Fig. 7. Basamento cristalino con cubierta de calcrete. Fondo del A^o Nuevo. Salto por erosión diferencial.



Fig. 8. Izquierda: afloramiento de depósitos piroclásticos en piedemonte del C° El Morro. Derecha: calcrete en barranca sobre ruta Nac. N° 148.



Fig. 9. Sistema A° Nuevo. Nivel freático cercano a la superficie. Aporte de freática al curso (efluente).

3.4.- EVOLUCIÓN DE EXCEDENTES HÍDRICOS

Se plantea el análisis de las variables que intervienen en el proceso de formación de excedentes hídricos en el sistema hidrográfico, con el objetivo de cuantificar los niveles de agua que conforman el escurrimiento superficial de la cuenca y su variación temporal, con el propósito de evaluar el peso de los factores geológicos y geomorfológicos y los relativos al clima, en la problemática que afecta a la región . Las variaciones del uso del suelo no se contemplan con la aplicación del modelo.

Se intenta con los resultados descartar o establecer la probabilidad de aportes anómalos al sistema no relacionados con el aumento de las precipitaciones.

3.4.1.- Modelo de balance hídrico

Para el presente trabajo se utiliza el modelo computacional denominado Thornthwaite monthly water-balance y desarrollado por el U.S. Geological Survey, el cual se basa en la aplicación, a escala mensual, de la metodología de Thornthwaite y Mather (1955).

Para la modelación las variables de entrada consideradas son:

- Precipitaciones totales mensuales en el periodo considerado correspondientes a estaciones incluidas en el área de estudio
- Temperaturas medias mensuales en el periodo de estudio correspondientes a estaciones incluidas en el área de estudio
- Latitud de un punto que se considera representativo para la ubicación del área en la cual se aplica el balance
- Capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo
- Porcentaje del área de drenaje que corresponde a superficies impermeables

Los resultados así obtenidos representan la variación en el tiempo de la distribución del agua en la cuenca entre las distintas componentes de su sistema hidrológico.

Los datos de temperatura media mensual (T , ° C) y la precipitación total mensual (P , mm), han sido analizados y presentados en el anexo “Evolución del Escurrimiento Superficial” (Moya G. 2009).

La Latitud de la cuenca se utiliza para el cálculo de la longitud del día, que a su vez interviene en el cálculo de la evapotranspiración potencial (PET), ésta se fijó a los fines del cálculo en -33° .

A continuación se analizan los componentes individuales del balance hídrico, para lo que se tiene como referencia la fig. 10.

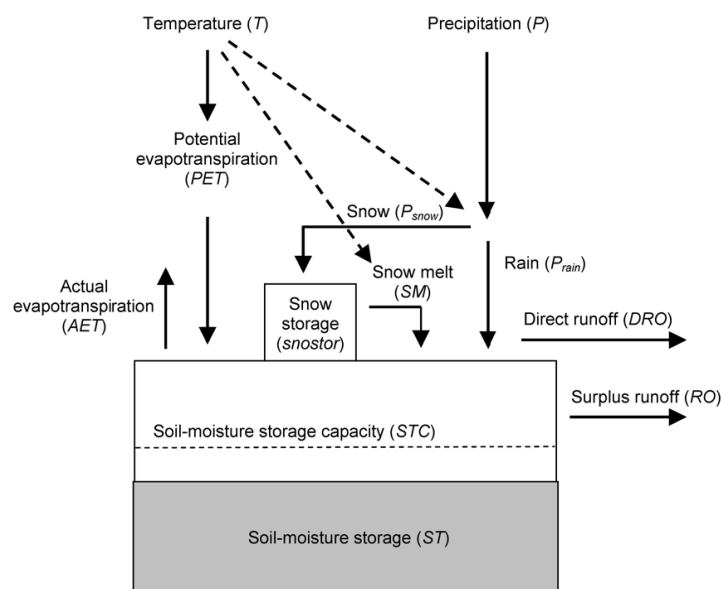


Fig. 10: Esquematización del balance hídrico o componentes del ciclo hidrológico que intervienen en el modelo

Escurrimiento Directa

La escurrimiento directa (DRO) es el escurrimiento que ocurre en la cuenca, directamente desde las superficies impermeables, o como consecuencia de los excedentes de agua que no llegan infiltrarse en el suelo.

La fracción de lluvia que se convierte en escurrimiento directa (DRO), se especifica como un 5% de las precipitaciones, porcentaje recomendado por Wolock y McCabe, 1999.

Evapotranspiración y humedad almacenada en el suelo

La Evapotranspiración real (AET) se obtiene a partir de la Evapotranspiración potencial (PET), las precipitaciones (P) totales del mes y la variación de la reserva de agua en el suelo.

La Evapotranspiración potencial (PET) se calcula a partir de la temperatura media mensual y de una cubierta vegetal homogénea con sus necesidades hídricas siempre cubiertas (Thornthwaite, 1948; Mather, 1978) Por lo tanto, la Evapotranspiración potencial, representa la máxima demanda de agua para determinadas condiciones climáticas.

En el cálculo de la Evapotranspiración potencial se utiliza la ecuación de Hamon (1961).

$$PET = 13.97 \times d \times D^2 \times Wt$$

Donde,

PET: Evapotranspiración en mm/mes

d: numero de días del mes

D: horas de luz del día

Wt. Densidad del vapor de agua en condiciones de saturación y se calcula según la siguiente formula

$$Wt = \frac{4.95 \times e^{0.062 \times T}}{100}, \text{ donde } T \text{ es la temperatura media mensual en } ^\circ \text{C.}$$

Cuando la precipitación total en un mes sea menor a la Evapotranspiración potencial, la Evapotranspiración real será igual al total de precipitaciones de ese mes, mas una parte de agua que se extraerá del suelo hacia el ambiente.

La variación de la reserva de agua en el suelo, es lineal y decreciente desde STC (máxima humedad que el suelo puede retener) hasta un mínimo para el cual ya no es posible extraer humedad del suelo.

La variación de humedad en el suelo se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$STW = ST_{i-1} - \left[\text{abs}(P_{total} - PET) \times \left(\frac{ST_{i-1}}{STC} \right) \right]$$

Donde

ST_{i-1}: agua almacenada en el suelo en el mes anterior

STC: máxima cantidad de agua que puede almacenar el suelo.

Si la suma de la precipitación total del mes y el agua disponible para evaporar (STW) es menor a la evapotranspiración potencial (PET), el déficit de agua se calcula como PET – AET.

Si PET es menor a las precipitaciones totales del mes, entonces la Evapotranspiración real (AET) será igual a la potencial. Además, si la reserva de agua en el suelo (ST) supera a la capacidad de almacenamiento (STC), el exceso quedará disponible para el escurrimiento superficial (RO).

Respecto a la capacidad de almacenamiento (STC), se tiene que la infiltración varía entre un máximo y un mínimo, en función de la cantidad de agua almacenada superficialmente y en el perfil del suelo.

La tasa de infiltración será máxima cuando el perfil del suelo se encuentre en su estado mínimo de reserva de agua.

Cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad, o lo que es lo mismo la infiltración desde la superficie será nulo. Por tanto debemos conocer el valor de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil, para luego inferir conclusiones relativas al escurrimiento de excedentes.

Conforme a los estudios geológicos y geomorfológicos, realizados específicamente para el área de interés, las unidades de mayor extensión corresponden a la *Planicie loésica –Arenosa* y a la *Planicie Arenosa*.

Simultáneamente según la Carta de Suelos y Vegetación de la Provincia de San Luís, citada en los estudios geomorfológicos, en las inmediaciones de Justo Daract, la llanura arenosa presenta suelos estructuración moderada a débil, en bloques de textura franco arenosa y permeabilidad rápida, el perfil es de tipo sencillo de tipo A-AC-C, generalmente con más de 1% de materia orgánica en los primeros 25 cm. la

composición mecánica es la siguiente: 10% de arcilla, 20% de limo total y el restante 70% corresponde a las arenas.

En el “Programa de Ensayos de Fertilización en Trigo: Dosis y Momentos de Fertilización Nitrogenada y Combinada” desarrollado por el Ing. Agr. Guillermo Covas (EEA Anguil INTA – Abril 2004), se analizan suelos en una profundidad de hasta 140cm, con composiciones mecánicas similares a las que se dan en las formaciones de mayor extensión en la cuenca del Morro (Planicie loésica –Arenosa y a la Planicie Arenosa). La 11, se muestran los valores de Capacidad de Campo y Agua útil para estos suelos.

Ensayos	Profundidad del perfil en cm	Capacidad de Campo (mm)	Punto de Marchitez Permanente (mm)	Agua Util (mm)	Textura en %		
					Arena	Limo	Arcilla
1. Gral. Pico	Mayor a 140	157.0	87.2	69.8	67.08	25.56	7.30
2. G. Moreno	Mayor a 140	157.0	87.2	69.8	60.40	31.20	8.30
3. H. Renancó	Mayor a 140	181.5	95.7	85.8	72.08	24.50	3.36
4 Guatraché	60	88.6	49.0	39.6	80.00	15.00	5.00
5 E. Martín 1	100	217.4	140.2	77.2	83.00	13.00	4.00
6 E. Martín 2	100	203.5	90.9	99.8	80.00	15.00	5.00
7 E. Martín 3	120	218.2	144.4	73.8	80.00	15.00	5.00

Fig. 11: Constantes Hídricas hasta 140 cm. o la tosca, profundidad de suelo y textura en los sitios incluidos en el “Programa de Ensayos de Fertilización en Trigo: Dosis y Momentos de Fertilización Nitrogenada y Combinada” - Ing. Agr. Guillermo Covas (EEA Anguil INTA – Abril 2004),

Los ensayos correspondientes a Gral. Pico y Huinca Renancó son los más cercanos a los suelos en el área de estudio que nos ocupa, si se tiene en cuenta su textura en %.

Adicionalmente se consideran los valores representados en las curvas de valores típicos de constantes hídricas, publicadas por la FAO 2005 (fig. 12) por lo tanto se toma como referencia, una reserva máxima de 170mm.

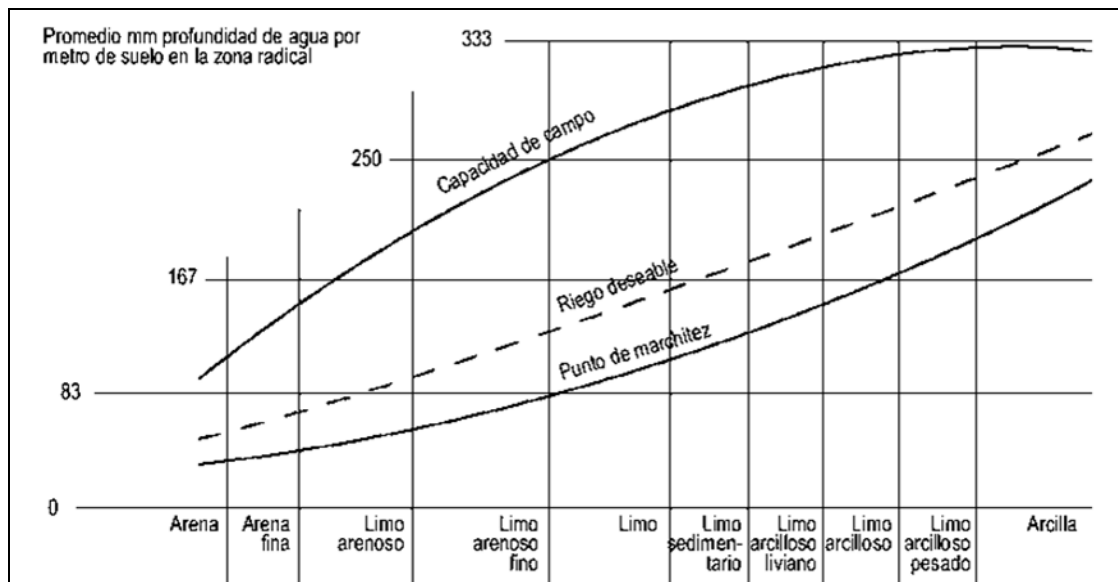


Fig. 12: Valores típicos de constantes hídricas de suelos (Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo por Francis Shaxson y Richard Barbe Consultores de la FAO Servicio de Manejo de las Tierras y de la Nutrición de Plantas, 2005)

3.4.2.- Resultados del modelo de balance hídrico

La escorrentía superficial que en un determinado mes alimenta los cursos de agua de la cuenca, se forman a partir del escurrimiento en el suelo (S) considerando un factor de 0.5, con lo cual se calcula sobre la hipótesis de que los escurrimientos superficiales de un mes determinado estarán formados por un 50% del volumen de agua que excede o escurre a nivel superficial dentro del perfil del suelo, quedando el resto para la formación de escurrimientos y/o almacenamientos del mes siguiente.

Los escurrimientos directos desde superficies impermeables (DRO) se suman directamente a los escurrimientos que provienen de excesos del perfil de suelo (RO) para el cálculo del escurrimiento superficial total de la cuenca (RO_{total}).

El Anexo, adjunto al final del presente informe, contiene los resultados del balance hídrico calculado, presentando en la última columna los valores de escorrentía directa de la cuenca en milímetros. Las variables representadas en ella son las siguientes,

- PET: Evapotranspiración potencial;
- P: Precipitación;
- ST: Almacenamiento de agua en el suelo;

AET: Evapotranspiración real;

EX: Excesos;

ED: Escorrentía directa.

La fig. 13 representa gráficamente la variación, en el periodo de 47 años analizado, de las componentes del ciclo hidrológico en la cuenca El Morro expresadas en milímetros (DRO, AET, RO_{total}, ST, P).

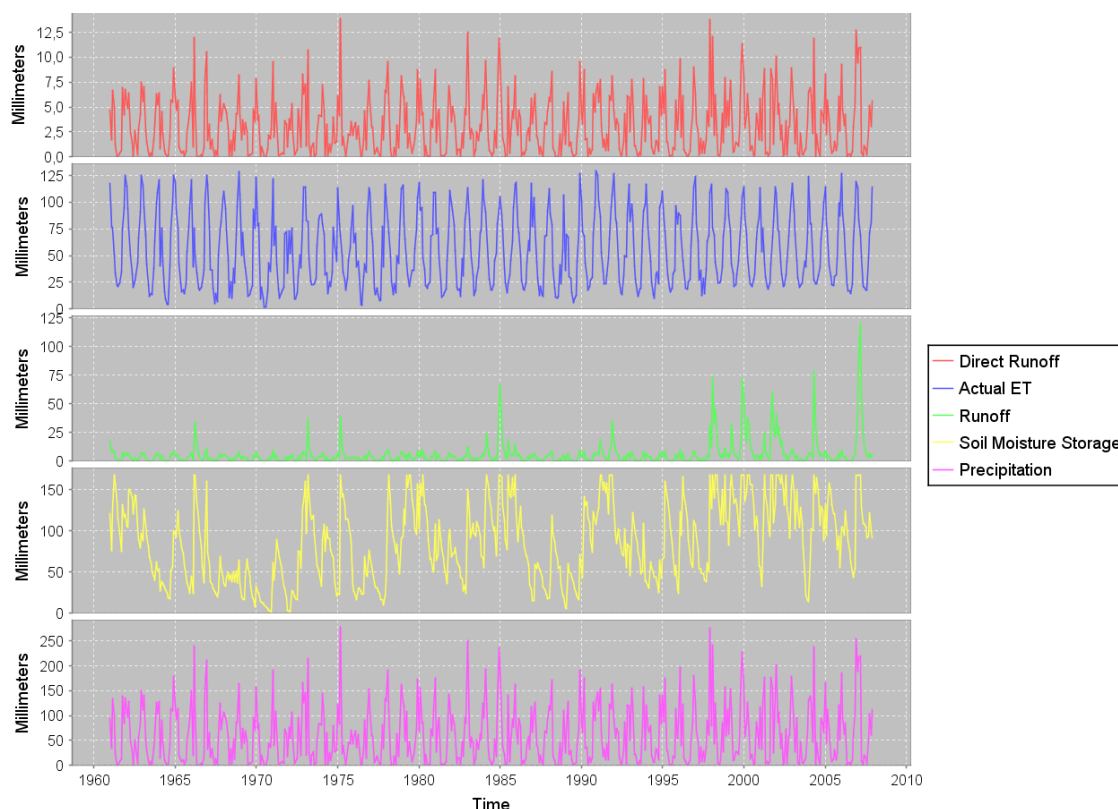


Fig. 13: Variación de las componentes del balance hídrico de la cuenca El Morro - Escorrentía directa desde superficies impermeables (DRO), Evapotranspiración real (AET), Escorrentía directa total, reserva de agua en el suelo, y precipitaciones.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en el cálculo del balance hídrico, se analiza la evolución de las precipitaciones la Evapotranspiración real y el volumen de agua almacenado en el suelo, en correspondencia con la variabilidad que acusa el cálculo de escurrimientos superficiales.

Si bien el análisis de la evolución de las precipitaciones (anexo “Evolución del Escurrimiento Superficial”, se abordan las características y variaciones de las precipitaciones totales anuales entre los 1961 y 2007, se reitera la ocurrencia de ciclos húmedos, destacándose el que se da entre los años 1997 y 2007. Conforme al gráfico de escurrimiento superficial (Runoff), se concluye que los máximos valores en él

(75 a 100 mm) suceden en estos mismo años y por lo tanto son consecuencia directa de dicho ciclo húmedo.

En la Fig. , se destaca relación existente entre los procesos de precipitación y escorrentía superficial, evidenciando valores máximos en los años de 1966, 1973, 1975, 1985, 1991, 1998 a 2001, 2004 y 2007.

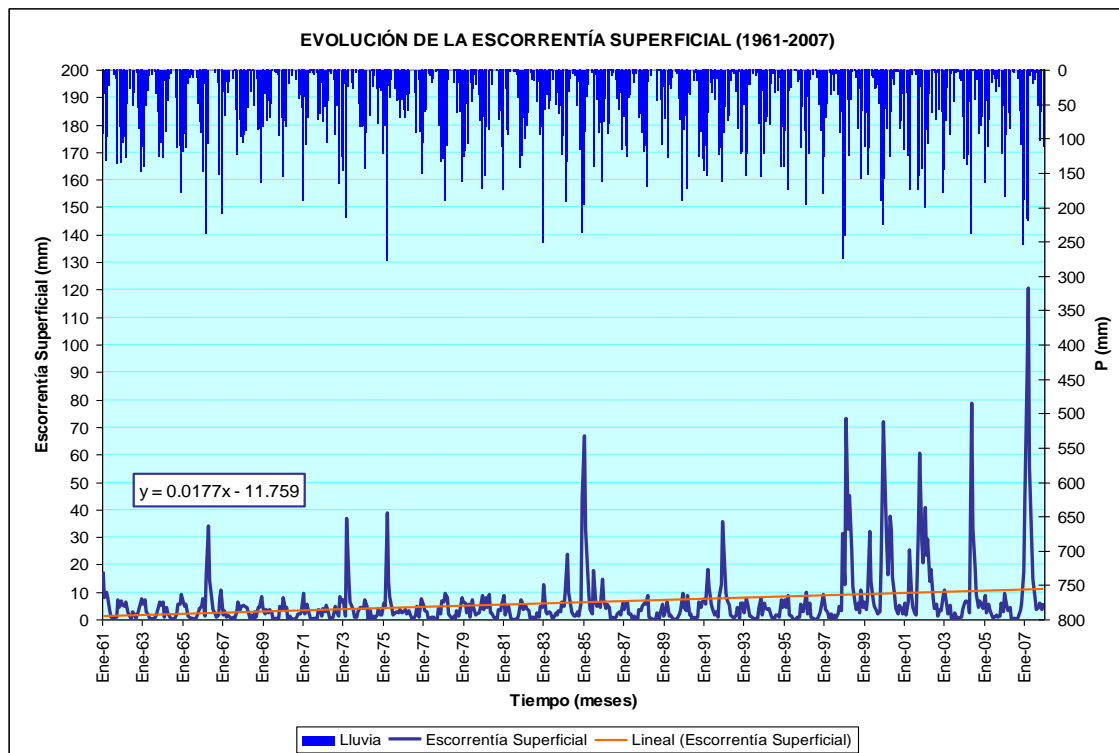


Fig. 14: Evolución de escurrimientos superficiales entre 1961 y 2007, en la cuenca El Morro.

Analizando la evolución de la Evapotranspiración Real para todo el periodo de análisis (Ver Fig.), se puede observar que la misma presenta una fuerte componente estacional con valores máximos en los meses de diciembre y mínimos en julio.

En la misma figura se presenta la evolución de las medias móviles con un periodo de 4 años (48 meses), observándose una leve fluctuación interanual con un ciclo de entre 7 a 8 años aproximadamente, la cual de acuerdo a los resultados obtenidos desaparece en los últimos 10 años del periodo analizado.

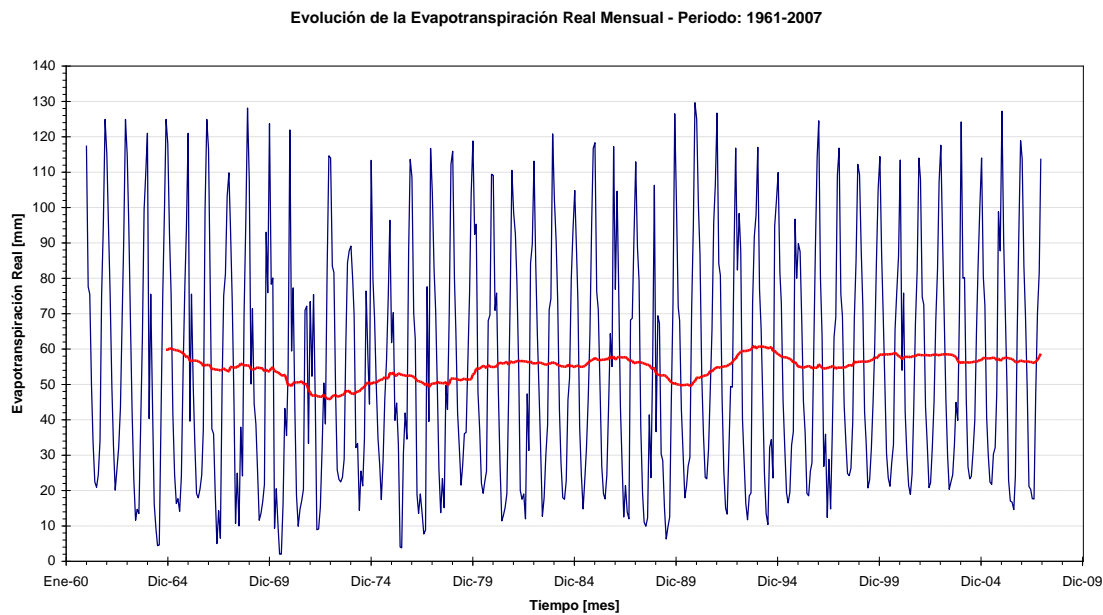


Fig. 15: Evolución de la Evapotranspiración Real entre 1961 y 2007, en la cuenca El Morro

En la fig. 15 se presenta la evolución observada en base a los resultados obtenidos en la Evapotranspiración Real Anual. En dicha figura puede observarse que existe una tendencia creciente, con tasa del 1,05 mm/año, acorde con la mayor disponibilidad de agua por un incremento en las precipitaciones anuales caídas en la cuenca.

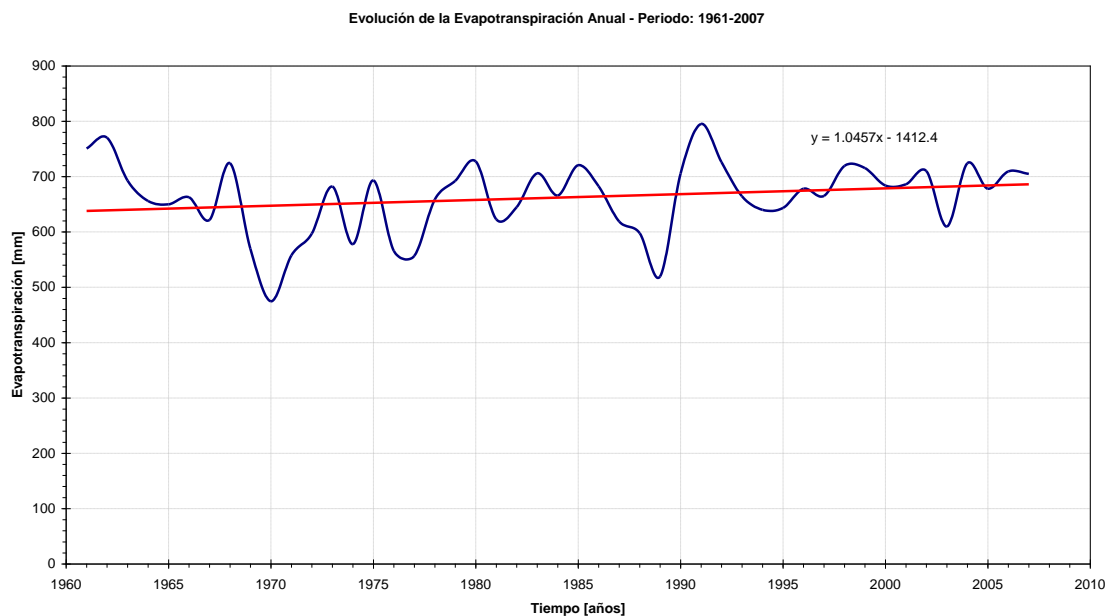


Fig. 16: Evolución de la Evapotranspiración Real Anual. Periodo: 1961 – 2007.

Para poder correlacionar lo observado en el gráfico de la Fig. con la evolución de los escurrimientos superficiales, se llevan éstos de la escala mensual obtenida por modelación a escurrimientos superficiales anuales (Fig.17).

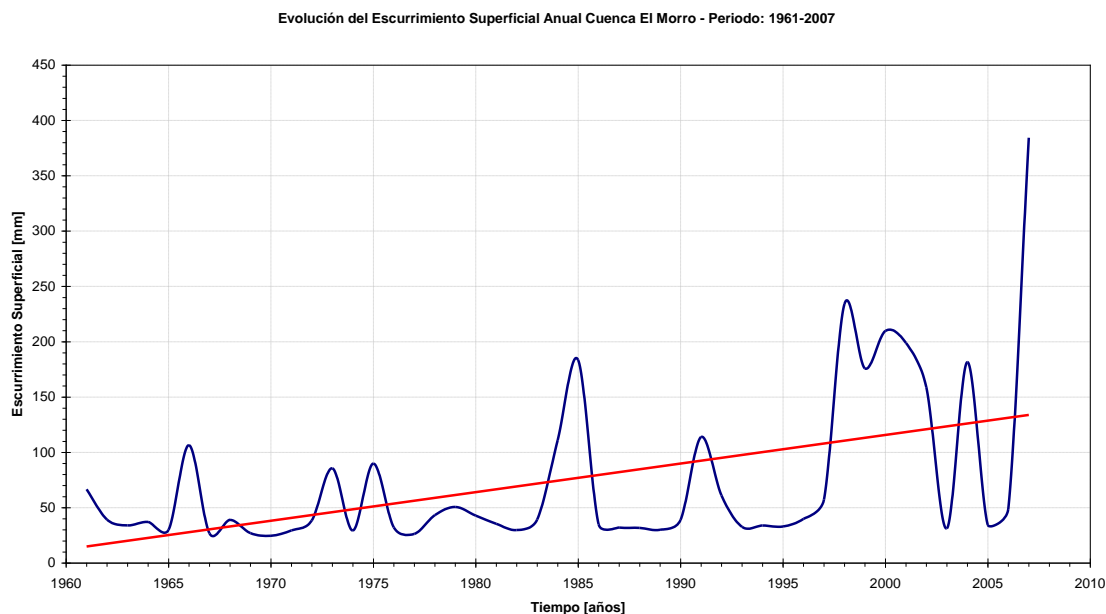


Fig. 17: Evolución de escurrimientos superficiales anual entre 1961 y 2007.

La lectura de la fig. 17, indica que, en los últimos 10 años se presenta una mayor ocurrencia de eventos de escorrentía significativos en relación a periodos anteriores, poniendo en evidencia de que el sistema ha reducido su capacidad de regulación de excedentes ante eventos de precipitación puntual de magnitud similar a la registrada históricamente.

Así mismo los resultados indican un continuo incremento en los valores totales anuales de escurrimiento, con tasas de crecimiento del orden de los 2,6mm/año (fig. 17).

Por lo tanto la pérdida del carácter cíclico de los niveles de evapotranspiración y la tendencia creciente de los valores de escurrimiento superficial, especialmente en la última década, son atribuibles al sistemático incremento de los totales anuales precipitados (3,9mm/año), que ha permitido alcanzar niveles de almacenamiento de agua en el suelo mayores a los históricos, disminuyendo en consecuencia su capacidad de infiltración.

La variación histórica de las reservas de agua en el suelo se representa en la fig. 18, indicando para los últimos 10 años un significativo incremento en la cantidad de meses al año en el cual el suelo presenta una Capacidad de Almacenamiento en Suelo igual o mayor al 80% de su valor máximo, lo cual se traduce en una disminución de la capacidad de absorción de agua por infiltración

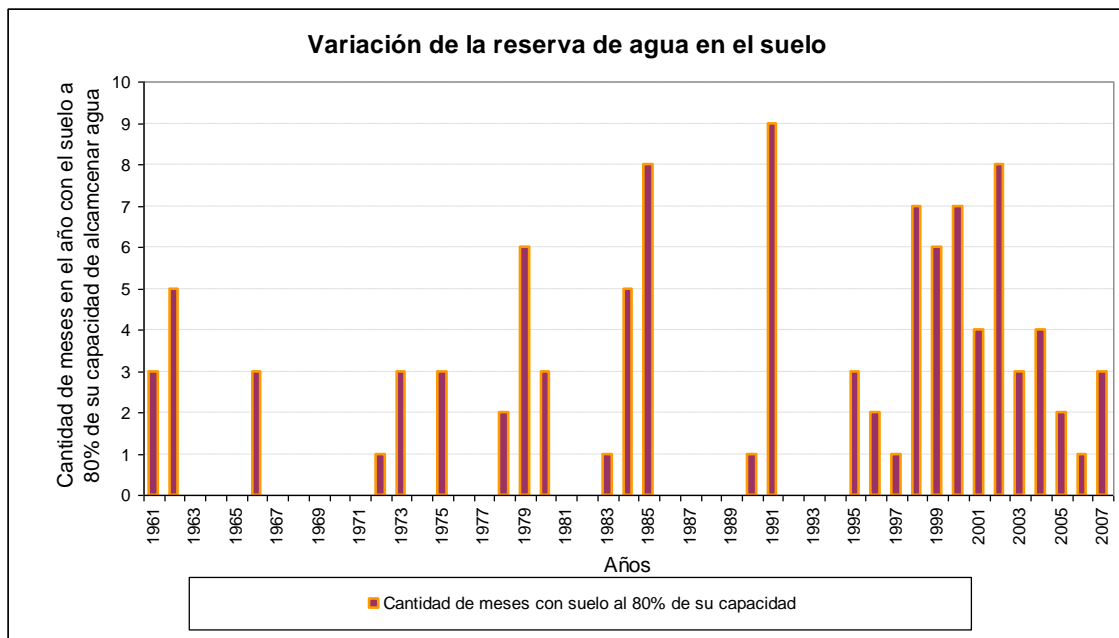


Fig. 18: Cantidad de meses al año con la reserva del suelo al 80% de su capacidad máxima en la cuenca El Morro.

Al aumento en el nivel de precipitaciones, comprobado tras los análisis de la serie 1961-2007, y sus consecuencias sobre la evolución de los escurrimientos superficiales, puesta en evidencia a través del balance hídrico calculado y las conclusiones anteriores, deben sumarse los efectos antrópicos que han sido reconocidos a nivel conceptual y descriptivo mediante la interpretación de antecedentes relativos al estudio de los cambios en el uso del suelo y sus efectos en el ciclo hidrológico.

3.5.- EVOLUCION ACTUAL DE LAS CONDICIONES HIDRODINAMICAS DEL SISTEMA

Las condiciones de pendiente, la naturaleza geológica de los materiales de superficie con predominancia de depósitos eólicos y la cercanía o no del nivel freático a la superficie, definen un ambiente de precario equilibrio, en donde los procesos de erosión-acumulación, remoción en masa y fluviales, tienen una rápida respuesta frente a cambios en las condiciones climáticas.

Esto queda en evidencia en el análisis de la evolución de excedentes hídricos realizada, que marca una clara correlación entre la evolución pluviométrica y los niveles de escurrimiento que hoy tienen lugar la región, y el notable cambio que ha sufrido la hidrodinámica del sistema en los últimos años.

Estudios en áreas de duna o médanos en las regiones áridas y semiáridas en otras regiones del mundo, indican que leves cambios en las precipitaciones tienden a acentuar notablemente los efectos de las fases secas y húmedas, respondiendo el paisaje rápidamente frente a las nuevas condiciones (Rognon, 1982; Lamb, 1977; Knox, 1984). En estos casos el encajamiento de cursos fluviales obedece a diversas causas en donde se interrelacionan una multitud de variables entre las que se destacan los cambios climáticos seculares de corta duración y el uso del suelo, siendo muy complejo determinar la razón de peso en cada caso.

Acontece lo mismo en el caso que nos ocupa, en donde sin duda la actividad agrícola tiene participación por modificación de la vegetación, pero en una medida que es difícil de evaluar desde el punto de vista hidrogeomorfológico.

En tal sentido cabe destacar que en el modelo de balance hidrológico empleado, no ha sido considerado el factor uso del suelo, lo que indica que si bien la actividad agrícola ganadera tiene algún grado de participación, en particular por las modificaciones de la cubierta de vegetación natural, este no constituye el factor determinante o desencadenante de la inestabilidad que afecta a la región.

Tal inestabilidad adquiere la mayor significación en el ambiente de las planicies y aunque si bien existen alteraciones en los restantes ambientes, estas son de una

magnitud poco relevante y no significan un impedimento de peso para el desarrollo en la región.

3.5.1.- Planicie loéssica - arenosa

Los colectores de la red de drenaje a la salida del relieve de montaña e ingreso a la planicie, corren encajados en valles en artesa con un perfil transversal de bordes subverticales típicos de las “*barrancas*”, con una llanura de inundación estrecha cuando presentan trazo recto y de mayor amplitud, cuando adoptan diseño meandriforme. El canal activo es poco profundo y no supera los 60 mts de amplitud con ausencia de terrazas pero si peldaños de carácter erosivo de reducida a mediana extensión y con una importante carga mixta, de fondo y suspensión (fig. 19).

La red de drenaje en planta adopta un patrón de escurrimiento paralelo a subparalelo condicionado por los valores y uniformidad de la pendiente natural.

El proceso de encajamiento y el dominio del arrastre sobre la deposición, responde a los valores de pendiente superiores al 1.6 % y el carácter friable de los materiales geológicos de superficie.

Los cursos tienen carácter de influentes con aporte a la napa freática situada a más de 10 mts. de profundidad. En su progresión al este en dirección a la Planicie arenosa, estos por disminución de pendiente y pérdida en la capacidad de carga y competencia, paulatinamente pierden encajamiento y explayan en abanicos aluviales e infiltran con formación de bañados.

El aumento de las precipitaciones en los últimos años ha dado lugar a un mayor grado de organización y densidad de la red de drenaje con acción de procesos erosivos remontantes (fig.20) y fluviales por encajamiento y ampliación de valle por erosión de márgenes y desplome, con presencia de niveles aterrizados ligados a fenómenos de erosión vinculados a precipitaciones intensas, destacándose el caso del *Aº La Punilla* y *Aº Paraná* en el análisis temporal entre fotomosaico del año 1962 e imagen Google Earth 2003 (fig. 21 y 22).

Paralelamente al encajamiento de la red de drenaje en los interfluvios se evidencian procesos de erosión hídrica laminar y concentrada en cárcavas en grado moderado, pero con tendencia a la intensificación y generalización, en respuesta al cambio en el perfil de equilibrio de las laderas debido al progresivo encajamiento de los colectores de la red de drenaje.



Fig. 19. A° La Guardia . Ausencia de terrazas y alta carga de fondo. Curso influente.



Fig. 20. Procesos erosivos. Erosión hídrica remontante concentrada en cárcavas



Fig. 21. A° Paraná. Fotomosaico año 1962. Red de drenaje de bajo grado de organización.



Fig. 22. A° Paraná. Imagen Google Herat 2003. Red de mayor organización, grado de encajamiento y Procesos erosivos remnantes

3.5.2.- Planicie medanosa

La posición mas deprimida que ocupa el ambiente dentro del sistema con respecto a las áreas de aporte serrano y la *planicie loéssica-arenosa*, determina condiciones morfodinámicas diferenciales, predominando las transferencias verticales de agua (precipitación, evaporación e infiltración), sobre las lineales (escurrimiento).

Los factores condicionantes naturales de mayor peso en la hidrodinámica de este paisaje, se relaciona con las particularidades de los materiales geológicos de superficie, la disminución de los valores de pendiente regional y la cercanía a la superficie y/o afloramiento del nivel freático.

Los sedimentos loessoides arenosos representan un material friable de bajo grado de compactaciones altamente susceptibles a la erosión aerolar y concentrada en los ejes de avenamiento, los que combinados con procesos de remoción en masa, definen un paisaje de un equilibrio precario desde el punto de vista geomorfológico.

El quiebre de pendiente de 1.6% en la *Planicie loéssica-arenosa* a 0.7 % en la *Planicie arenosa* de 1.6%, con anterioridad a la situación evolutiva actual del paisaje, daba lugar a la pérdida de encajamiento de los cursos de agua y la generación de explayamientos en abanicos e infiltración, con formación de bañados temporales por sectores, en particular en el caso del sistema del A° *La Guardia*.

En la actualidad esta hidrodinámica frente al progresivo y constante aumento de las precipitaciones, con recarga y levantamiento del nivel freático y aumento de la esorrentía superficial, ha dado lugar a la generación de verdaderos procesos fluviales con encajamiento y ampliación de valle por erosión de márgenes.

La presencia de niveles fluviales en los bordes abarrancados de los valles de reciente encajamiento en algunos sectores, indican la reactivación de una antigua red de drenaje obliterada por material eólico (Fig. 23), hecho evidente a la vez en trazos de cañadas truncadas de buen grado de definición geomorfológica interrumpidas por acumulación deposición eólica, observables en fotografías aéreas del año 1962 y cartas topográficas del IGM. (Fig. 24).

La cercanía y/o afloramiento del nivel freático conjuntamente con la cantidad de sales contenida en el agua subterránea y su composición química, tiene una fuerte participación en los procesos morfodinámicos detectados. Los muestreos y análisis realizados evidencian un cambio sustancial y progresivo de la salinidad, desde el ámbito de la *planicie loésica-arenosa* en su progresión en dirección a la *planicie arenosa* hacia el sur, muy probablemente por contacto el acuífero libre con las formaciones sedimentarias terciarias que pueden estar actuando como basamento hidrológico (Fig. 3).

En base a lo observado en el fotoanálisis realizado y el control de campo, se evidencia una secuencia de procesos con ordenamiento difícil de establecer, aunque es posible inferir la siguiente secuencia:

- Ascenso de la napa freática con alumbramiento en cubetas de deflación y áreas de interdunas con formación de lagunas (Fig. 25).
- Posterior encadenamiento de lagunas por colmatación y pérdida de capacidad de retención (fig. 26).
- Acción antecedente, conjunta y/o posterior de erosión tubificada por disolución y/o dispersión de suelos (procesos de piping) seguido de colapso. Esta secuencia se relaciona con la presencia de un nivel de menor permeabilidad en profundidad (limos loésicos) o basamento cristalino y/o sedimentitas terciarias, sobre los que se asientan mantos mas arenosos y permeables con alto contenido calcáreo (Fig. 27 y 28).
- Generado el colapso en las cicatrices generadas comienza a actuar la erosión en profundidad y lateral, mediante significativos procesos de desplome por descalce de la pendiente de las paredes del valle debido al efecto de la acción hidráulica que ejerce la corriente, a lo que se le suma el efecto de la disolución (Fig. 29, 30 y 31). La presencia de un nivel de limos determina un aumento en la plasticidad y pérdida de la resistencia al corte promoviendo el colapso.
- En los controles de campo realizados se evidencia que el grado de encajamiento en los cauces ha superado el nivel freático, lo que ha determinado

un cambio sustancial en el sistema fluvial. Los cauces de carácter temporario que antes actuaban como influentes aportando a la napa freática, hoy reciben el aporte de esta, actuando como cursos permanentes de carácter efluente (Fig. 32).

- Los procesos de encajamiento y ampliación lateral de los valles, implica un importante aporte de carga de fondo y en suspensión a los colectores del sistema de drenaje, que ajustados a la hidrodinámica histórica del ambiente, son depositados aguas abajo en forma de explayamientos aluviales.
- Estos depósitos por aumento de caudales por aporte pluvial, son posteriormente sobrepasados por encajamiento con progresiva traslación de la deposición en el sentido del flujo (Fig. 33 y 34).
- Hacia el sur la cercanía del nivel freático a la superficie que condiciona el ascenso capilar de la freática y/o la infiltración y desecamiento en áreas deprimidas, condicionan fuertes procesos de salinización.
- En los mismos sectores el alto contenido en sodio en el agua sub-cortical genera el probable efecto de dispersión de los suelos, evidente en manchones oscuros y en el aspecto oleaginoso del agua del entorno en el trazo de los caminos secundarios (Fig. 35).
- La cercanía de la freática a la superficie disminuye la infiltración, lo que sumado a la compactación de suelos por dispersión incrementan la inundabilidad.



Fig. 23. Lentas aluvionales en barranca



Fig. 24. Fotomosaico 1962. Cañada truncada interrumpida por deposición eólica.
Aº El Quebrachal.



Fig. 25 Afloramiento de nivel freático. Nacientes del sistema del A° Nuevo.
Proceso Incipiente. *Planicie arenosa.*



Fig. 26 .Desborde de laguna por colmatación en procesos de encadenamiento.
Nacientes A° Nuevo.



Fig. 27. Proceso de erosión tubificada – piping y colapso en procesos de encadenado por erosión, Camino secundario. Sistema A° La Punilla.



Fig. 28. Erosión tubificada – piping. Nacientes A° Nuevo



Fig. 29. Proceso de encadenamiento de lagunas. Encajamiento incipiente del flujo. Proceso fluvial incipiente. *Planicie arenosa*.



Fig. 30. Situación evolutiva mas avanzada que en la Fig. 29. Francos procesos fluviales de fuerte intensidad. Encajamiento y ampliación de Valle. Desplomes laterales recientes. Aº Nuevo. *Planicie arenosa*.



Fig.31. Desplome por descalce de base por erosión fluvial con probable efecto de disolución. Sistema A° Nuevo. Nivel freático aportante (curso efluente).Foto N° 8. Curso efluente con aporte de freática. Sistema A° Nuevo.



Fig. 32. Tramo efluente por aporte del nivel freático al cauce. Sistema A° Nuevo.



Fig. 33. *Sistema A° Nuevo*. Izquierda: Imagen Google Earth 2003. Explayamiento Aluvial. Derecha: Explayamiento aluvial sobrepasado por encajamiento con traslación de los eplayamientos aguas abajo.



Fig. 34. *Sistema A° Nuevo*. Explayamiento aluvial sobrepasado por encajamiento



Fig. 35. Manchón oscuro en el suelo y aspecto oleaginoso en el agua del entorno. Ruta Prov. N° 33

3.6.- ANALISIS TEMPORAL DE LA TENDENCIA EVOLUTIVA A NIVEL DE SISTEMAS. CARTA DE PROCESOS RIESGOS

En complementación a la Carta Geológica-Geomorfológica, con el propósito de obtener información de los procesos morfodinámicos que tienen lugar en la región, tanto en situación actual, como potencial de acuerdo a la tendencia evolutiva que manifiestan, se realiza un foto-análisis temporal a nivel de los sistemas que integran la cuenca hidrográfica empleando:

- Fotomosaico a escala 1:50.000 del año 1962
- Imagen Landsat IGM. Año 1995
- Imagen Google Earth 2003
- Imagen Landsat TM 2008
- Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) a Escala 1: 50.000 de distintas fechas.

A partir de la información lograda se obtiene la CARTA DE PROCESOS RIESGOS como base de partida para la adopción de las medidas de prevención y control (carta N° 4).

A continuación se trata la situación evolutiva considerando cada sistema por separado. En las figuras que acompañan el texto en algunos casos por mayor claridad, se muestran imágenes satelitales en escala de grises.

3.6.1.- Sistema A° el Zanjón del C° Negro

Es en este sistema en donde los procesos fluviales han alcanzado la mayor intensidad, extensión y grado de evolución del área de estudio.

1. En el análisis del fotomosaico del año 1962 , se evidencia que el *A° La Punilla* al igual que el *A° El Portezuelo* en el ámbito de la *Planicie loésica-arenosa*, entraban en confluencia a la altura de *Punta del Agua* con pérdida de encajamiento y explayamientos, dando lugar a áreas anegadas (Fig. 36).
2. Por su parte en la Carta del IGM La Punilla 3366-23-2 escala 1.50.000 del año 1974, las cañadas mapeadas indican que hubo un progresivo y continuo encajamiento del orden de los 3 Km. en dirección sur en el caso del *A° El Portezuelo* y encajamiento parcial del *A° La Punilla*, próximo al sitio de confluencia entre ambos, a partir de donde la condición de encajamiento se mantiene unos 500 mts., hasta la formación de nuevos explayamientos y bañados en el paraje *La Cañada* (Fig. 37).
3. En el análisis de la imagen TM 2008 se denota un notable avance de los procesos erosivos en dicho colector que alcanzan a sobrepasar todo el ambiente de la *planicie loésica-arenosa*, evidentes en fuerte incisión vertical y ampliación de valle (Fig. 38). En este avance se generaron importantes procesos fluviales con sobrepaso de explayamientos aluviales, encajamiento y ampliación de valle por erosión de márgenes ligada a diseño de escurrimiento meandriforme de sinuosidad variable. A la vez en las corrientes de primer orden que derivan de la vertiente oriental de la *Sa. del Portezuelo*, denotan progresión del encajamiento por erosión remontante.
4. De observaciones de campo se desprende que en la situación actual, estos procesos aguas arriba del cruce del *A° La Punilla* con la ruta Prov. N° 1, evidencian cierto grado de estabilidad por la baja carga en suspensión que transporta la corriente y la presencia de vegetación en el fondo y márgenes del cauce (Fig. 39 y 40).
5. En su progresión al sur el *A° La Punilla* ingresa al ámbito de la *Planicie medanosa* y los procesos fluviales denotan un cambio sustancial con fuertes

indicios de inestabilidad del relieve. Estos se evidencian en la ausencia de vegetación en el cauce y en francos procesos de erosión en profundidad y lateral y aumento en la carga de fondo y suspensión de la corriente (Fig. 41). Aquí la cercanía del nivel freático a la superficie determina el carácter efluente del curso y se comporta como el principal factor condicionante de la inestabilidad fluvial. (Fig. 42). En este sector el análisis del fotomosaico 1962 y de las imágenes satelitales Landsat IGM del año 1995 y Google Earth 2003, marcan un franco avance en el encajamiento del arroyo hasta captar los explayamientos y bañados del *Aº Zanjón del Cº Negro*, que con anterioridad funcionaba como sistema independiente (Fig.43).

6. La presencia de depósitos fluviales en forma de lentes en las paredes del valle generado por encajamiento en varios sitios, constituyen un claro indicio de la de que está ocurriendo la activación de una antigua red de avenamiento obliterada por cubierta loésica (Fig. 44).
7. Aguas abajo el cauce, ya como un único sistema por encajamiento, ha llegado en la actualidad hasta el río Quinto con caudal de aporte permanente. En todo este tramo los procesos fluviales evidencian una fuerte inestabilidad con una tendencia importante a la intensificación, en particular en el tramo comprendido entre las rutas nacionales N° 8 y N° 7, en donde los procesos fluviales de ampliación de valle por erosión de márgenes y desplomes, son evidentes favorecidos por el diseño meandriforme que adopta el cauce (Fig. 45)., al igual que la alta carga en suspensión que transporta el curso (Foto N° 46).



Fig. 36. Situación evolutiva de la confluencia entre el A° El Portezuelo y el A° La Punilla. Fotomosaico año 1962.

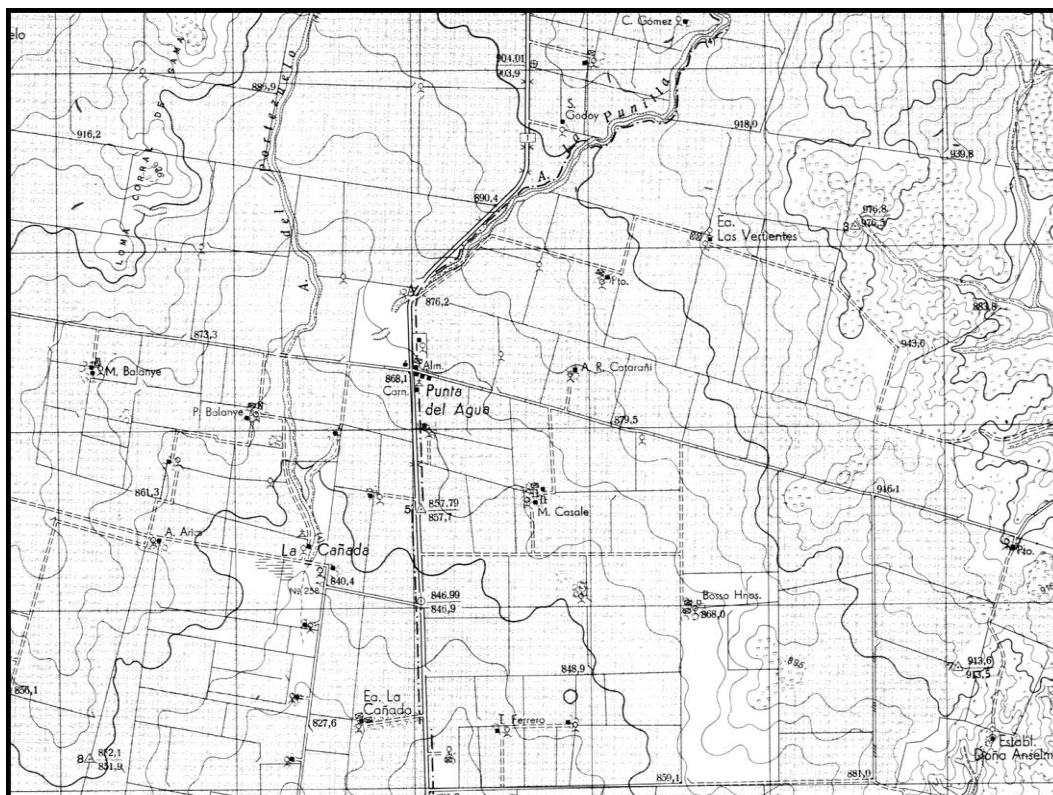


Fig. 37. Situación evolutiva de la confluencia A° el Portezuelo y A° La Punilla. Carta IGM año 1974.



Fig. 38. Imagen TM 2008. Situación evolutiva de la confluencia del A° *Portezuelo* y A° *La Punilla*.



Fig.39. A° *La Punilla* en el cruce de la ruta Pcial. N° 1. Estabilización del cauce por presencia de vegetación en márgenes y fondo.



Fig. 40. Ausencia de materiales en suspensión. Aguas abajo del puente de la foto N° 1.



Fig. 41. Ausencia de vegetación alta carga en suspensión. Francos procesos de erosión en profundidad y lateral A° Z. C° Negro en predios de la Ea. Chamico.



Fig. 42. A° La Punilla en la P. loésica arenosa. Nivel freático cercano a la superficie curso efluente inmediatamente al este de la ruta Nac. N° 1



Fig. 4 3. Nacientes del A° Z. C° Negro fotomosaico año 1962 (izquierda). Avance del A° La Punilla, encajamiento y captación de los bañados del A° Z. C° Negro. Generación de un único sistema imagen Google Earth 1993 (derecha).



Fig. 44. A° La Punilla. Lentes aluvionales en barranca. Indicio de activación de paleored fluvial.



Fig. 45 . A° Z. C° Negro. Tramo entre las rutas nacionales N° 8 y N° 7 cercanías del Pto. Zanón. Encajamiento y ampliación de valle por diseño meandriforme incipiente.



Fig. 46. A° Zanjón del C° Negro. Tramo Pto. Zanon. Ampliación de valle por erosión de márgenes y encajamiento. Alta carga en suspensión de la corriente.

3.6.2.- Sistema A° La Guardia

1. En la *planicie loésica-arenosa* las nacientes del sistema evidencian al igual que en el caso de los arroyos *El Portezuelo* y *La Punilla* un aumento en el grado de organización y densidad del sistema de drenaje, con progresión de encajamiento por erosión de los colectores de primer orden. En el fotomosaico del año 1962, se observa que los arroyos La Guardia y Paraná, antes de su ingreso a la *Planicie arenosa*, pierden progresivamente encajamiento e insumen en forma de explayamientos manteniendo hasta este sector el carácter influente, a la vez que en todo el entorno, no se observa el afloramiento de la napa freática en cubetas de deflación y depresiones intermedanos, (Fig. 47).
2. El cambio sustancial del sistema ocurre en su ingreso a la *Planicie -arenosa*. En la imagen IGM 2003 y Landsat TM 2008, se observa el afloramiento generalizado de la napa freática en cubetas de deflación y depresiones interdunas, con interconexión por desborde y la formación de bañados (fig.48), adoptando los tributarios de la red de drenaje carácter de efluentes. En el control de campo son evidentes los procesos de desborde y encadenamiento de lagunas y procesos de erosión tubificada (piping) y posterior colapso (Fig. 49 y 50).
3. En la progresión sur del sistema por paulatina disminución de la pendiente regional, se observa un alto grado de desorganización del escurrimiento con difluencias y confluencias de flujo y formación de bañados y salinización de suelos, evidente en el análisis de imagen Google Earth 2003. (Fig. 51).
4. En este sistema en donde el análisis temporal indica el cambio de mayor significación en la hidrodinámica causados por canalizaciones y trasvasos de orden local (Fig. 51) y regional, destacándose en este último caso, el trasvaso por canalización paralela a la ruta N° 8 en una distancia de 10 km., desde inmediatamente al oeste de la localidad de Juan Jorba, hasta la depresión de *La Salada* (Fig. 52).

5. Originalmente el sistema en base al análisis del fotomosaico del año 1962, adoptaba aguas arriba de la ruta Nac. N° 8 dos direcciones principales de flujo en forma de red desorganizada y bañados: una a 4.5 km. al oeste de la localidad de Juan Jorba, mediante un bajo amplio de escaso grado de definición geomorfológico, que a corta distancia después de atravesar la ruta, se insumía en forma de bañado; y otra, a 1.3 km. de dicha localidad que mediante un bajo de mayor definición y continuidad geomorfológica, lo hacía más al sur en forma de derrames luego de atravesar la ruta.

6. El análisis de la imagen satelital 2003 Google Earth (Fig. 53) indica que esta última dirección muy probablemente formaba parte de la paleored en la actualidad obliterada por material eólico, la que entraba en confluencia con los derrames asociados al sistema del *A° del Zanjón del C° Negro* a 5 km. aguas abajo de la ruta Nacional N° 8, en las cercanías de la E^a. Di Genaro. La presencia de una alcantarilla sobre la ruta en este sentido de flujo y la presencia de vegetación hidrófila en el bajo, permiten suponer que el esta era la dirección natural de escurrimiento antecedente a la actual (foto N° 54).

7. El efecto de retención y desvío del sistema complica la situación en la depresión *La Salada*, en donde hoy desagua el *A° Nuevo*. El canal de trasvase en la actualidad por sectores evidencia fuerte inestabilidad potencial con procesos de ampliación por diseño de escurrimiento meandriforme incipiente (fig. 55 y 56). Esto a más de comprometer el trazo de la ruta por erosión, significa un seguro sobrepaso y corte ante lluvias intensas.

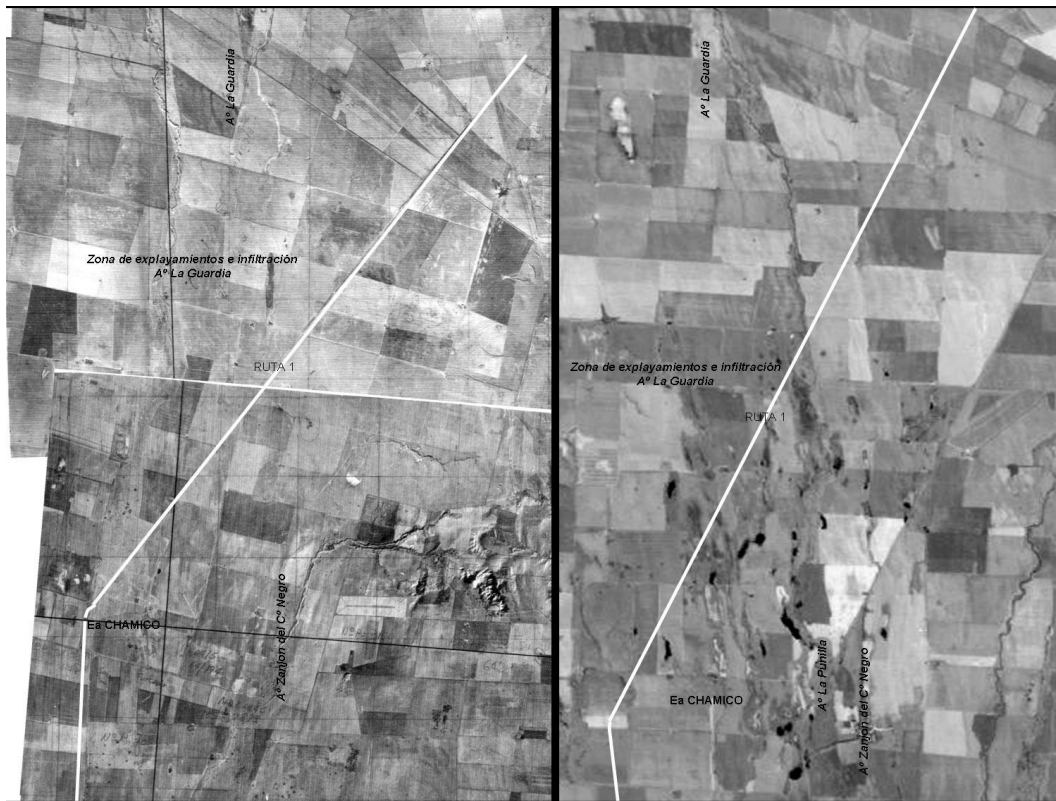


Fig. 47. Zona de explayamientos e infiltración del A° La Guardia Izquierda: fotomosaico 1962. Sistema de drenaje influente con ausencia de lagunas. Derecha: Imagen TM 2008.



Fig. 48. Imagen Google Earth 2003. Sistema A° La Guardia. Desborde y encadenamiento de lagunas con procesos de erosión tubificada-piping.



Fig. 49. Procesos de erosión tubificada-piping y posterior colapso en camino secundario.



Fig. 50. Ídem Fig. 49.



Fig. 51. Salinización de suelos. Canalizaciones de orden local en zona de bañados. E^a. El Progreso.



Fig. 52. Trasvaso del sistema A° La Guardia a la depresión La Salada por canalización (rojo).

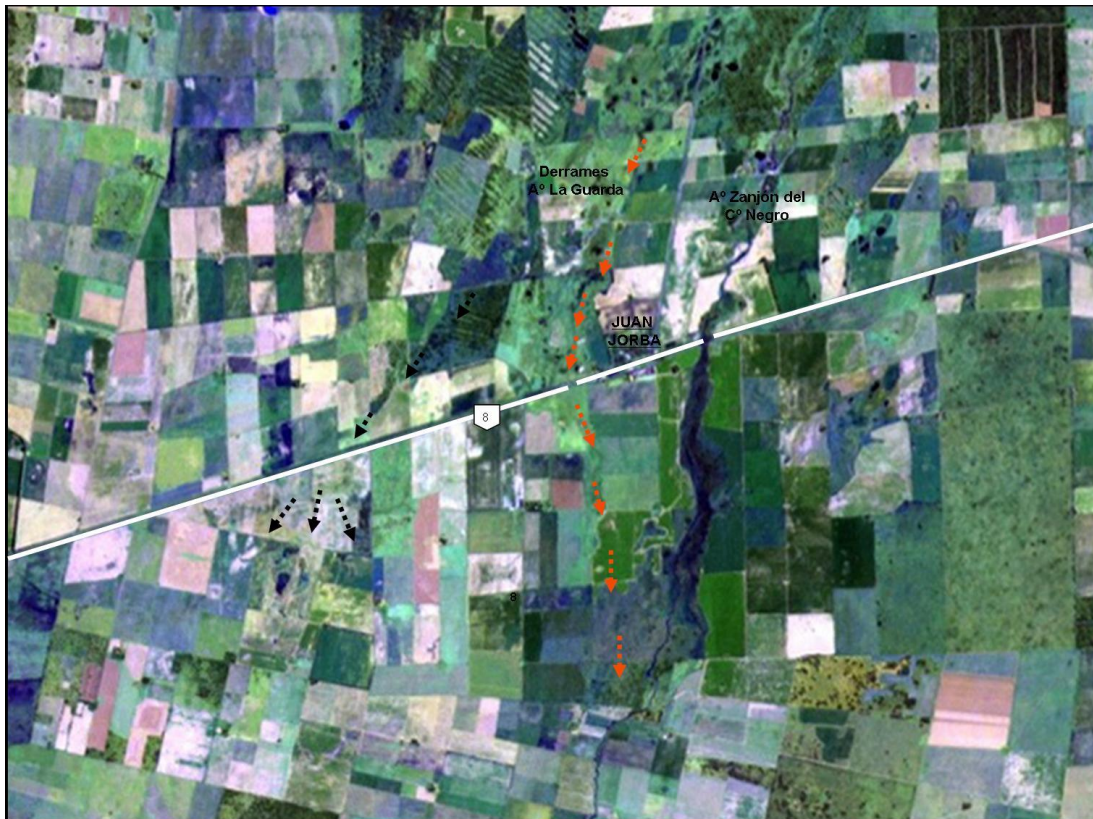


Fig. 53. Tendencia de los derrames del A° La Guardia. Mayor definición geomorfológica (rojo)
Imagen Google Earth 2003



F. 54. Alcantarilla sobre ruta Nac. N° 8. Desagüe coincidente con los derrames con mayor grado de definición. Al fondo vegetación hidrófila de bañados.



Fig. 55. Erosión de márgenes – desplome. Diseño meandriforme incipiente. Canal de Trasvaso.



Fig. 56. Canal de trasvaso. Evidencias de potenciales desplomes por socavación de márgenes.

3.6.3.- Sistema A° Nuevo

En este sistema a diferencia de los tratados anteriormente, es en donde los procesos fluviales, denotan mayor actividad erosiva - deposicional actual.

1. En el análisis del fotomosaico del año 1962 (fig. 57). y de la Carta IGM 3366 - 29-1 El Quebrachal del Año 1969 (Fig. 58), no se observa el afloramiento de la napa freática y la red de drenaje en las planicies *loésica-arenosa* y *arenosa* muestra alto grado de desorganización, sin encajamiento en las líneas de avenamiento definidas por las condiciones topográficas.
2. Contrariamente en el análisis temporal de la Imagen Google Earth 2003 (Fig. 59) e imagen TM 2008 (Fig. 60), se observa en la *Planicie arenosa* un cambio sustancial en las condiciones hidrodinámicas. En el primer caso se observa afloramiento del nivel freático en lagunas en cubetas de deflación a la altura del establecimiento de A. Viotto, a la derecha de la ruta Prov. N° 33 y claros procesos fluviales por interconexión de depresiones lagunares, encajamiento, desplomes, etc. (Fig. 61 y 62). Por su parte en el segundo caso, el avance de estos procesos en una distancia de 1.8 km. ha llegado a el sobrepasar y afectar la ruta Prov. N° 33 y el establecimiento de A. Viotto (Fig. 63). En el control de campo se evidencia la cercanía del nivel freático a la superficie y claros procesos de erosión tubificada - piping.
3. Los procesos erosivos remontantes de encajamiento y ampliación de valle, han significado el aporte de una importante carga en suspensión y de fondo del curso con generación de explayamientos aluviales, posteriormente sobrepasados por encajamiento erosivo durante la ocurrencia de eventos pluviales. El notable avance de esta hidrodinámica se manifiesta claramente en el análisis temporal considerando la imagen 2003 e imagen 2008 (Fig. 64).
4. Los procesos fluviales han tenido en este mismo periodo un avance sustancial sobrepasando los predios de la Ea. R. Vasallo, hasta la depresión de *La Salada* (Fig. 65 y 66). En todo el recorrido el control de campo indica el aporte de la freática al curso del río (efluente). En la depresión de La Salada el efecto de retención que genera la ruta Nac. N° 8 por obras de desagüe insuficientes, a

demorado la progresión de los procesos de explayamiento y aluvionamiento en dirección al nivel de base en el río Quinto.

5. En este sitio el fotomosaico del año 1962 muestra depresiones salinas sin acumulación de agua por afloramiento de freática o escurrimiento superficial (Fig. 67), a diferencia que la imagen Google Earth 2003 (fig. 68), en donde estos aspectos son evidentes y muy marcados, en la imagen TM 2008. En esta fecha los procesos de explayamientos aluviales y posterior encajamiento, han sobrepasado el trazo del camino Del Medio y la deposición aluvional ha alcanzado la depresión de *La Salada*.(fig. 69). A la vez es evidente la cercanía del nivel freático a la superficie por manchones de humedad en las líneas de avenamiento (Fig. 35).
6. El efecto de retención de la ruta ha generado un nivel de base temporal por deposición aluvional en constante cambio por los sucesivos aportes (Fig. 70 y 71). Esto significa que de realizarse obras de desagüe acordes a la nueva situación, es de esperar la progresiva traslación de los procesos de explayamientos - encajamiento en dirección a la desembocadura del sistema en el río Quinto.
7. En la alta cuenca teniendo en cuenta la fragilidad geológica y geomorfológica y la franca tendencia evolutiva de los procesos observada en el análisis temporal, se vislumbra una fuerte potencialidad de intensificación y generalización de los procesos en forma remontante, los que estarán regidos por las líneas de avenamiento definidas por las condiciones topográficas (Carta N° 4).



Fig. 57. Fotomosaico año 1962. Falta de una red de drenaje organizada y ausencia de afloramiento del nivel freático.

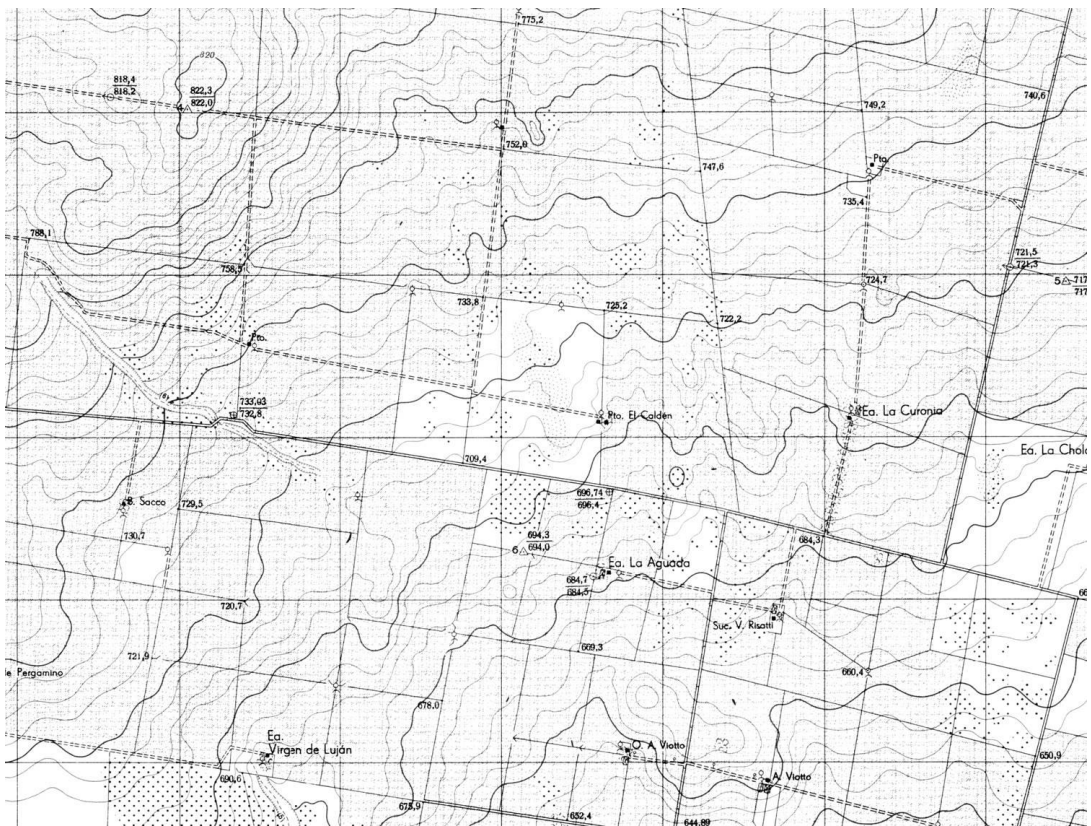


Fig. 58. Carta IGM 3366 -29-1 El Quebrachal del Año 1969. A la izquierda se observa cañada obliterada por material eólico indicio de paleored de avenamiento.



Fig. 59. Imagen Google Earth 2003. Francos procesos fluviales. Afloramiento de nivel Freático.



Fig. 60. Imagen TM 2008. Marcado avance de los procesos fluviales. Sobrepasso y corte de La Ruta Nº 33.



Fig. 61. Sistema A° Nuevo. Desplome reciente



Fig. 62 Desplome lateral de magnitud por socavación de margen.

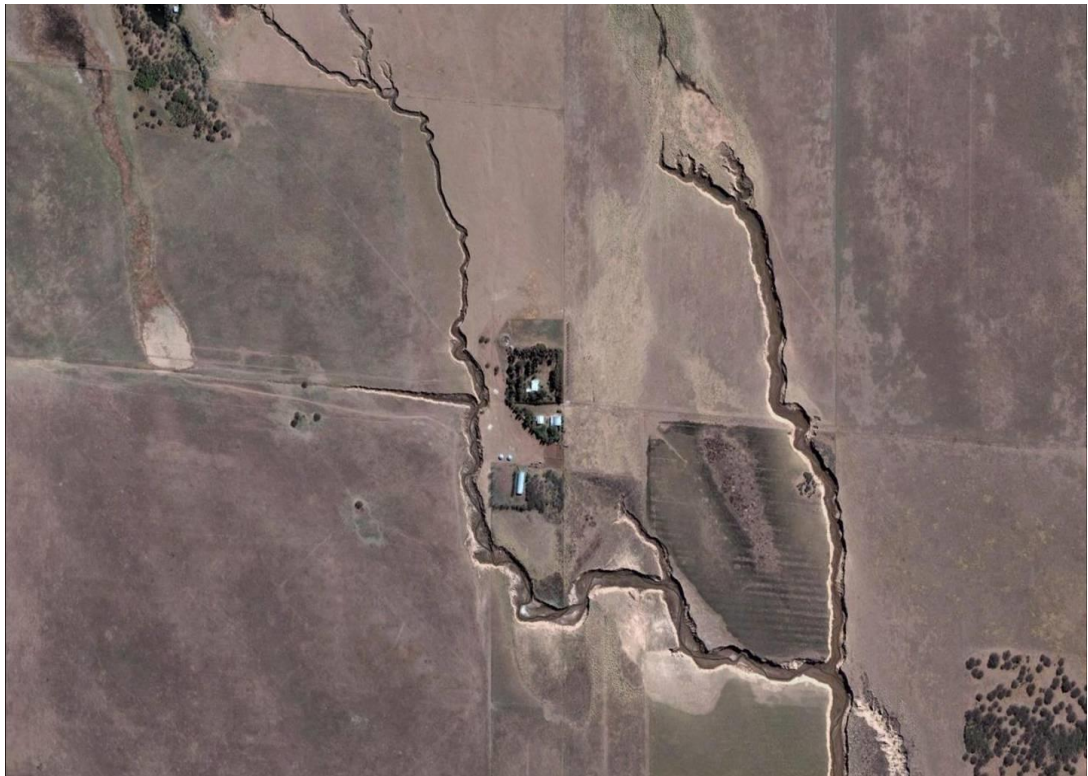


Fig. 63. Establecimiento A. Viotto. Fuerte afectación por procesos fluviales. Imagen Google Earth 2003.

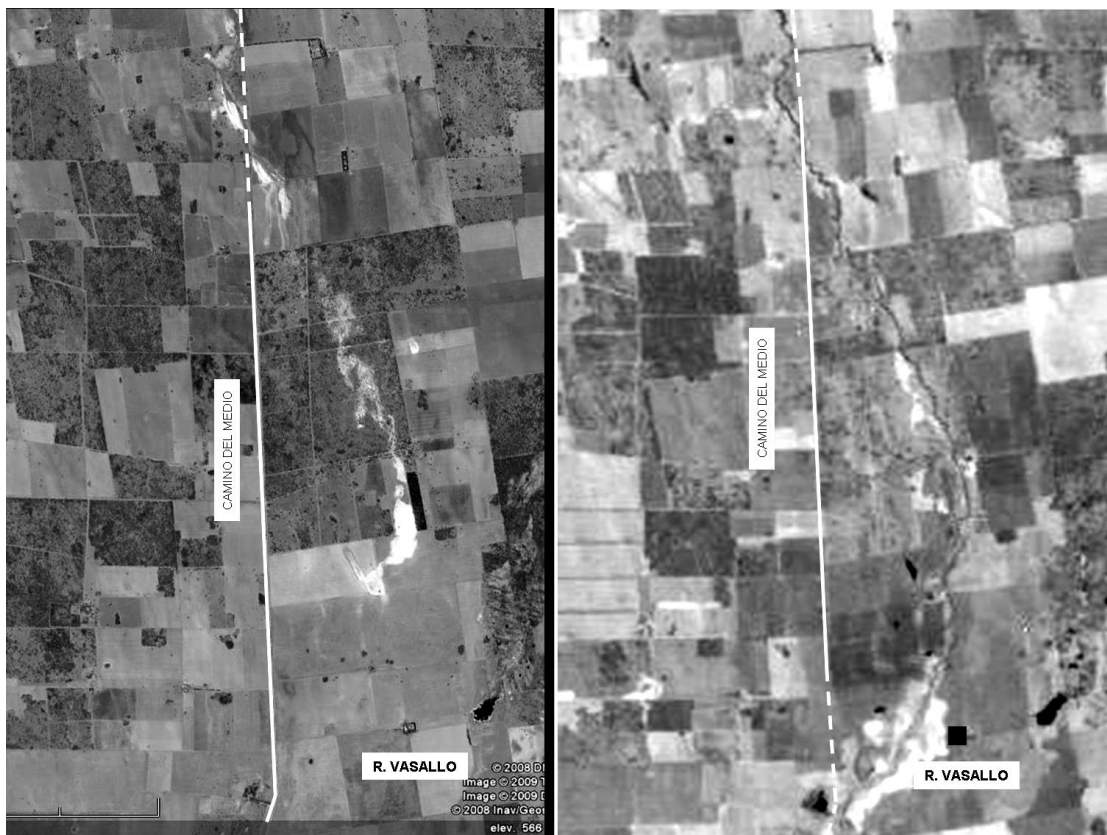


Fig. 64. Izquierda imagen Google Earth 2003. Derecha imagen TM 2008. Franco avance de Explayamientos aluviales y posterior sobrepaso por encajamiento fluvial.



Fig. 65. Sobrepaso de explayamiento aluvial por encajamiento. Ea. R. Vasallo



Fig. 66. Ídem fig. 65



Fig. 68. Fotomosaico 1962. Depresión *La Salada* con vegetación de bañado sin afloramiento de napa freática y ausencia de drenaje organizado.

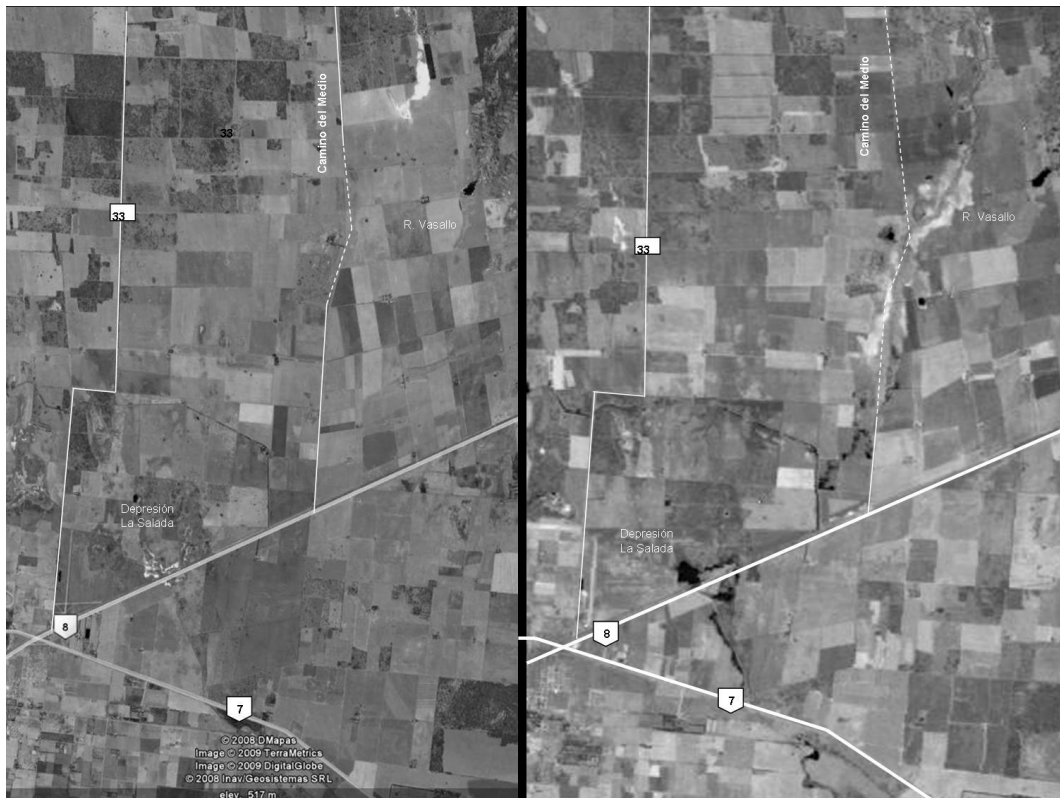


Fig.69. Izquierda Imagen G. Earth 2003. Derecha imagen TM 2008. Evolución de los procesos fluviales. Afloramiento de freática en la depresión *La Salada*.



Fig. 70. Depresión *La Salada*. Fuerte acumulación aluvional por el efecto retención de la Ruta Nac. N° 8 por desagües insuficientes.



Fig. 71. Ídem a Fig. anterior. Vías del ferrocarril enterradas por aluvionamiento inmediato al norte de la ruta Nac. N° 8. Depresión *La Salada*.

3.6.4.- Sistema A° El Quebrachal

Es en este sistema donde la acción potencial de los procesos fluviales adquiere la mayor importancia y las acciones de prevención y control, deben considerarse de primera urgencia.

- En el análisis del fotomosaico del año 1962 y la Carta del IGM El Quebrachal Hoja 3366–29–1 del Año 1969, se manifiesta al norte de la Ea El Quebrachal, la ausencia de una red de drenaje organizada de los flujos que derivan de la *Sa. del Yulto* y la presencia de una cañada de clara definición geomorfológica interrumpida por deposición eólica (fig. 72).
- Mas al sur el mismo análisis indica que se mantiene la ausencia de una red de drenaje organizada y se evidencia el trazo de otra cañada, en cuyo origen se localiza la Ea. Virgen de Luján, que al igual que la mencionada anteriormente, presenta clara definición geomorfológica e interrupción por deposición eólica (fig. 73). El alto grado de definición de estas geofomas permiten inferir su vinculación con la paleored fluvial obliterada.
- En el análisis comparativo, entre la imagen Google Earth 2003 y la imagen TM 2008 (fig. 74), es claro el comienzo y la tendencia evolutiva de los procesos fluviales con explayamientos aluviales posteriormente sobrepasados por encajamiento, dinámica que se ha trasladado mas al sur del camino El Paine en las cercanías de la Ea. H. Rodríguez, en donde el control de campo indica en la evidencia del sobrepaso con formación incipiente de cauce (fig. 75).
- En un análisis más regional de las nacientes del sistema (imagen Google Earth 2003), se observa la fuerte tendencia a la integración de la red de drenaje con aporte a las cañadas anteriormente mencionadas, además de interferencias locales por parte del trazo de la ruta Nac. N° 148 y un punto de difluencia del flujo, en donde se ha efectuado un trasvaso por canalización (fig. 76).
- Los cursos intermitentes derivados de la *Sa. del Yulto* que se infiltraban ineditamente en el pie de sierra o en lluvias importantes originalmente drenaban con sentido NO-SE en dirección a la planicie a la altura de la Ea. San

Antonio y Ea. Pozo del Rodeo, por efecto del trazo de la ruta Nac. N° 148 sin obras de desagüe en el sector, en la actualidad lo hacen en forma paralela a esta, hasta sobrepasar la Ea. El Quebrachal y perderse por infiltración en dirección sur.

- Por otra parte al este de la ruta frente a Ea. El Quebrachal, se observa un punto de difluencia del flujo a partir de donde tienen lugar dos direcciones: una al este en donde por trasvaso por canalización, el flujo se encauza en la cañada con fuerte definición geomorfológica que forma parte del sistema *El Quebrachal* y al oeste. La otra hacia el sur de la citada estancia, donde el flujo cruza la ruta por las obras de alcantarillado sobre otra cañada de magnitud menor (fig. 74), para integrarse a la dirección de flujo paralela a esta. La información cartográfica del IGM; los patrones de conformación de la red de drenaje evidentes en imágenes satelitales, indican que en la situación evolutiva anterior a la nueva tendencia, el flujo naturalmente se regía en esa dirección. No obstante el grado de definición geomorfológica y magnitud que evidencia la cañada antes mencionada, indica su muy probable relación de la paleored-fluvial hoy no funcional obliterada por sedimentos modernos.
- Esto no permite establecer con certeza la conveniencia o no de rectificar el trasvaso realizado, que estaría favoreciendo la activación de la antigua red fluvial. En este caso se deberían profundizar los estudios de causa y efecto para la adopción de las medidas más convenientes.
- Mas al sur las condiciones de relieve y patrones de escorrentías discontinuos con inclusión de depresiones con indicios de interconexión por desbordes (cubetas de deflación) que se observan en las imágenes satelitales (2003 y 2008), permiten inferir que el nivel de base temporal del sistema en activación, lo constituye la depresión *La Salada*, lo que significa un aporte extra al sistema del *A° Nuevo* necesario de considerar en las obras a implementar.



Fig. 72. Fotomosaico año 1962 (izquierda) y Carta IGM El Quebrachal Hoja 3366/29/1. Año 1969 (derecha). Ausencia de red de drenaje organizada y quebrada con clara definición geomorfológica.

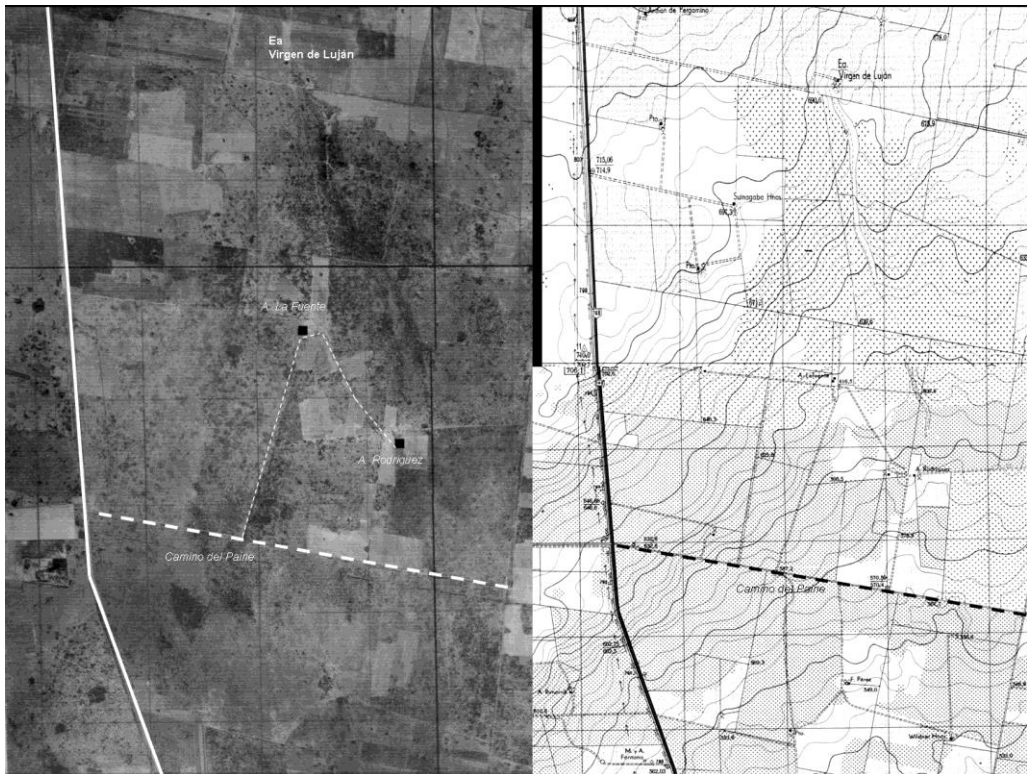


Fig. 73. Fotomosaico 1962 (izquierda) y carta IGM El Quebrachal Hoja 3366–29–1. Año 1969 (derecha). Cañada interrumpida por deposición eólica y ausencia de una red de drenaje organizada.



Fig. 74 Obra de alcantarillado sobre ruta Nac. Nº 148



Fig. 75. Explayamiento aluvial sobrepasado por encajamiento incipiente inmediatamente al sur del camino El Paine (Ea. H. Rodríguez)



Fig. 76. Imagen G. Earth.2003 Claros patrones de la tendencia evolutiva e integración del sistema A° El Quebrachal (activación de paleored fluvial)..

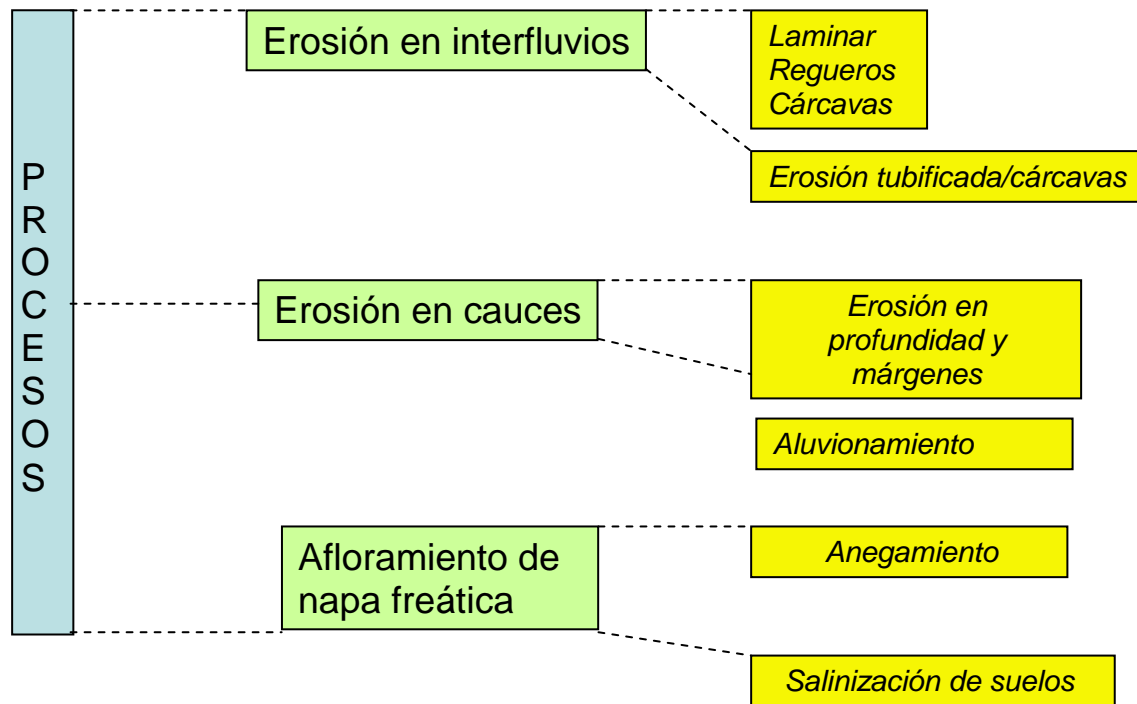
3.7- TRATAMIENTO DE REGULACIÓN DE FLUJOS HÍDRICOS SUPERFICIALES.

La muy probable activación de una antigua red de drenaje a la que se le sobreimpone por sectores una cubierta de deposición eólica, significa ante la nueva situación morfo-climática la aparición de una serie de procesos de ajuste, tanto en los interfluvios, como en los cauces.

Frente a esto y priorizando los procesos cuya acción está desencadenada en mayor parte por la intervención antrópica y que pueden dar lugar a una aceleración y/o complicación de la hidrodinámica actual y/o futura (canalizaciones, trasvasos de cuenca, bordos, infraestructura vial, etc.), se pretende aportar información para la toma de decisiones relativas al manejo de la escorrentía superficial y subcortical. Esto con el propósito primordial de brindar la base de partida para la implementación de acciones que permitan no solo mitigar en la mayor medida posible la situación que hoy se vive, sino a la vez aprovechar la nueva disponibilidad del recurso hídrico en una medida acorde a la nueva situación.

Es muy importante tener en cuenta que la complejidad e interrelación de los procesos de inestabilidad que hoy tienen lugar, no permiten acciones preventivas o correctivas puntuales que puedan generar o aumentar la inestabilidad en otros sectores, para lo que es necesario emplear el criterio de cuenca hidrográfica en su conjunto. La problemática de los distintos espacios del sistema (erosión, aluvionamiento, anegamiento, etc.) tarde o temprano terminará involucrando a todos.

Los procesos detectados en el sistema en su conjunto a los efectos de establecer las acciones de prevención y control se ordenan de acuerdo a los grupos y sub-grupos indicados en el cuadro siguiente:



3.7.1.- Procesos en interfluvios

Entre los procesos erosivos que tienen lugar en los interfluvios entre cauce y cauce, actúa un mecanismo complejo por cuanto intervienen aguas superficiales y sub-superficiales, en una relación de peso que depende del ambiente geomorfológico, motivo por el cual se consideran dos situaciones: Procesos de erosión hídrica laminar, en regueros y concentrada en cárcavas, en donde el poder de la escorrentía superficial es dominante y erosión tubificada / cárcavas, en donde las aguas subsuperficiales, constituyen el agente de mayor peso en el proceso.

Si bien entre ambas situaciones no es posible definir un límite neto, la diferencia entre los mecanismos de ocurrencia del proceso, permite su diferenciación.

Procesos de erosión hídrica laminar, en regueros y concentrada en cárcavas.

Cuatro son los factores condicionantes de la erosión hídrica *geológica normal*: a) la naturaleza del suelo que condiciona la resistencia al proceso según su susceptibilidad, b) la pendiente de acuerdo a los valores de inclinación que rigen la velocidad de la escorrentía, c) las características fisonómicas-estructurales de la vegetación como agente protector y d) las características climáticas que determinan la

distribución e intensidad y capacidad erosiva de las precipitaciones. Estos factores en la región de por sí solos, sin considerar el uso del suelo, condicionan procesos erosivos normales de importancia. Si a esto se le suma el uso actual mediante la eliminación de la vegetación nativa, la implementación de labores sin las adecuadas prácticas de conservación o una planificación vial inadecuada, es de esperar una aceleración significativa del proceso geológico normal ante la nueva situación morfo-climática.

En los interfluvios esta situación se evidencia en el ámbito de la *planicie loésica-arenosa*, en donde las pendientes son tendidas con valores que superan el 1.5 %, con nivel freático no cercano a la superficie ni aflorante, tanto en terrenos bajo uso agrícola, como ganadero, siendo las causas principales desencadenantes la eliminación de la vegetación natural para implementación de cultivos, ausencia de prácticas de conservación y la sobrecarga animal.

Los procesos de erosión hídrica en forma moderada adoptan la modalidad laminar en la parte alta de las lomas, en regueros en la parte media y concentrada en cárcavas, en los bajos que actúan como ejes de avenamiento.

El análisis temporal de imágenes satelitales indica la progresiva vinculación del cárcavamiento con la acción erosiva remontante de la red fluvial en los colectores de primer orden, con fuerte significación en el caso de las nacientes de los sistemas del A° La Punilla, A° El Portezuelo, A° Nuevo y A° El Quebrachal, lo que indica una fuerte situación potencial de avance del proceso en los ejes de avenamiento que se integran a la redes en activación.

- Medidas de prevención o control

Las obras de control deben considerar dos situaciones: los sectores afectados por procesos activos y los aún no afectados, pero con fuerte potencial de inestabilidad.

Áreas afectadas por procesos activos:

Estos sectores deben considerarse como de primera prioridad para la implementación de las medidas de control y prevención, a los efectos de controlar en la mayor medida posible el avance de los procesos, en particular en las laderas vecinas a los actuales cauces encajados, en donde se ha generado un cambio en el perfil de equilibrio y se evidencian procesos incipientes con clara tendencia a la integración a la red fluvial en activación.

Experiencias realizadas a nivel mundial indican que en el control de los procesos de la erosión hídrica concentrada en cárcavas, el uso de la vegetación en relación a obras rígidas ofrece ventajas.

Las estructuras rígidas se deterioran y socavan con el tiempo, lo que disminuye su eficacia a diferencia de la vegetación, que al prosperar mejora el efecto de protección. Protege al suelo del impacto directo de las lluvias, disminuye el efecto erosivo de la escorrentía al aumentar la resistencia hidráulica, dando lugar a la sedimentación de parte de las partículas arrastradas, lo que a la vez facilita la regeneración de la vegetación.

1. Aislamiento físico de áreas con evidencias de procesos incipientes en respuesta al encajamiento de los cursos con particular énfasis en los sistemas *A° Nuevo* y *El Quebrachal*. El predio aislado deberá superar la anchura del sector de tres a cuatro metros de sus bordes, siendo conveniente mayor distanciamiento de su cabecera.
2. Suavizar escarpes en los taludes para evitar la erosión retrocederte y facilitar la revegetación natural, considerando el sitio afectado y el entorno aislado, complementado además con siembra de vegetación densa y rastrera que se adapte al lugar.
3. Si el proceso se manifiesta en un estado evolutivo mas avanzado, como es el caso de cárcavas vinculadas actualmente al sistema fluvial en activación o con fuerte potencial de hacerlo, es necesario efectuar el control de la cabecera de cárcava, a los efectos de frenar el efecto retrocederte del proceso y disminuir la producción de sedimentos transportados. Esto debe lograrse con suavización de los taludes y forestación e implementar barreras temporales a los efectos del frenado de la velocidad de flujo.

4. Paralelamente al control de cabecera con el propósito que parte del caudal conducido por la cárcava disminuya, es recomendable la construcción de barreras transversales al flujo., con el propósito de disminuir la velocidad del flujo, cuando no es posible evitar que ingrese la escorrentía desde el área de aporte. Esto a la vez posibilita la retención de sedimentos y el establecimiento de vegetación (fig. 77). Un conjunto de barreras adaptadas a las condiciones de pendiente y caudal de cada sector, modifican el gradiente y promueven la estabilización.
5. Las barreras pueden ser temporales o semipermanentes. En el primer caso en cárcavas incipientes deben ser construidas con enrejados metálicos o ramas y en el segundo caso cuando la evolución del proceso es más avanzada, es recomendable la construcción diques de postes de madera impregnados distribuidos en forma vertical y horizontal, acompañados de un disipador en la parte posterior del dique. Este tipo de obras es más estable y duradera.
6. Conjuntamente con estas medidas es conveniente proteger el fondo de las cárcavas, mediante el sembrado de gramíneas y pastos alóctonos en una primera etapa, y buscar las especies autóctonas que mejor se adapten para lograr una cobertura natural apropiada.
7. Establecidas las medidas de control es conveniente el cercado de las áreas afectadas a los efectos de preservarlas de la acción ganado en la mayor medida posible, a la vez que se debe prever un seguimiento permanente de las obras, especialmente en los periodos lluviosos, para controlar su evolución.

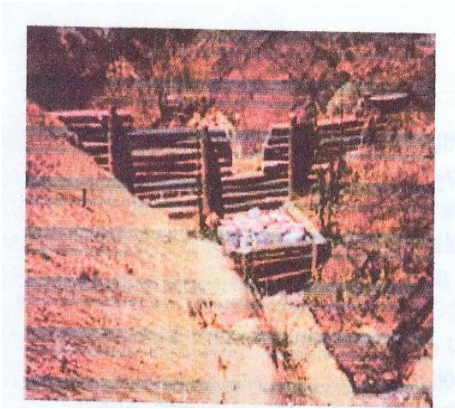


Fig. 77. Situación de emplazamiento de los diques de postes de maderas y dissipador asociado

Áreas no afectadas por procesos activos pero con fuerte potencial de erosión:

Estos sectores en la actualidad si bién no están afectados por procesos activos presentan un alto potencial de activación. Los terrenos involucrados en esta situación, son los ejes de avenamiento que configuran las áreas de aporte a las cárcavas en la actualidad funcionales y los interfluvios comprendidos entre estos.

Las acciones preventivas que se realicen adquieren particular importancia, porqué además de significar la no-afectación de los sectores involucrados, constituyen un atenuante primordial para las obras de control aguas abajo.

Dentro de estas características se incluyen la media cuenca de todos los sistemas hídricos en el ámbito de la *Planicie loéssica-arenosa*, en particular los que se comprenden en los sistemas de los arroyos *Nuevo* y *El Quebrachal*, en donde los procesos evidencian fuerte actividad actual y potencial, a diferencia de los sistemas de los arroyos *La Punilla*, *El Portezuelo* y *La Guarda*, en donde si bien hay indicios de actividad, también es evidente una cierta estabilización del paisaje.

1. Establecer prácticas de conservación en terrenos bajo uso agrícola. Laboreo mínimo y la siembra directa por su efecto en la disminución de la rotura de los agregados contribuyendo por lo tanto a mantener la estructura.

2. Efectuar cultivos en curvas para contrarrestar el fenómeno erosivo laminar por facilitación de la infiltración y disminución de la velocidad de esorrentía.
3. Preservan las líneas del escurrimiento natural, evitando trasvasos que ocasionen un aumento y concentración en la esorrentía hacia otros sitios, en particular en el caso de desagües de obras viales.
4. Preservar, mejorar o implantar vegetación adecuada nativa en especial, en los bajos naturales de mayor orden de jerarquía, siguiendo el diseño de la red de drenaje.
5. En el caso de uso ganadero preservar las obras mediante cercado y evaluar cual es la carga animal apropiada determinando el valor real y el óptimo.

Erosión tubificada / cárcavas

En el ámbito de la *Planicie medanosa* en donde se genera una disminución de la pendiente regional y la napa freática esta cercana a la superficie o aflorante, se genera una acción combinada de erosión tubificada, desplome y posterior erosión hídrica lineal.

Esta acción combinada es la causa principal del inicio de los procesos fluviales en la región, en estado avanzado en el caso de la configuración del un único sistema en el caso *A° Zanjón del C° Negro* por captura del *sistema A° La Punilla* y en plena actividad en el caso del *A° Nuevo* y en una situación con alto potencial, en el caso del *A° el Quebrachal*.

La ocurrencia de fenómenos de erosión tubificada (piping) está en relación a un alto nivel de concentración de flujo de agua subsuperficial, asociados a valores elevados de gradiente hidráulico, lo que permite la remoción de las partículas y la aparición de los túneles de erosión.

Es por ello la necesidad de controlar en la medida posible el avance del proceso y es absolutamente necesaria su identificación y evaluación detallada de su actividad y potencialidad mediante estudios específicos, previo a la planificación de obras.

- Medidas de prevención o control

El proceso incipiente con alto potencial se vincula a los ejes de avenamiento integrados a la red fluvial con alta probabilidad, motivo por el cual se debe prestar particular atención a estos sitios (fig. 78).

Es importante considerar que las medidas que se adopten para el control y/o prevención del proceso de por sí solas, no complementadas con las obras propuestas en las cuencas derivadas del ámbito de la *Planicie loésica-arenosa*, darán resultado satisfactorio.



Fig. 78

1. Desviar localmente las corrientes superficiales fuera de la zona afectada.
2. Romper los túneles existentes (grietas, cuevas, etc.) y compactar la zona con agregado de subproductos que contengan yeso.

3. Aislar la zona e Implantar y restablecer cubierta de vegetación y/o cultivos.
4. Cultivar la zona.
5. En los sectores en donde el proceso a adquirido un estado evolutivo mas avanzado por la acción posterior de la erosión hídrica lineal, como es el caso de las nacientes de los arroyos *Nuevo* y *El Quebrachal* (fig. 79), se deben implementar acciones de control combinadas tales como barreras transversales al flujo, como en el caso de las cárcavas activas en la planicie loéssica-arenosa. Esto posibilita regular el flujo hídrico y contener la carga aluvional.
6. No obstante debe tenerse en cuenta que la relación del proceso con el ascenso de la napa freática, significa en épocas con mayor disponibilidad de agua subcortical puede tornar a una situación de carácter irreversible.



Fig. 79

3.7.2. Procesos en cauces.

En los cauces principales de los distintos sistemas en el ámbito de las planicies, es donde adquieren mayor magnitud y alcance los procesos de inestabilidad que afectan a la región con características distintivas según el ambiente.

- Medidas de prevención o control

En respuestas a estas características distintivas las obras de control deben estar en concordancia con los procesos activos y potenciales en cada caso en particular.

1. En las cuencas medias de ambiente de la *Planicie loésica-arenosa* en los piedemontes, en el caso de los sistemas del *A° Punilla*, *A° El Portezuelo* y *A° La Guardia*, si bien denotan cierta tendencia a la estabilidad, es evidente una densificación de la red de drenaje, en partes desorganizada, pero con tendencia a la integración a un único colector en su progresión aguas abajo. En este caso mediante canalización en concordancia con el diseño natural, sería conveniente favorecer la actual tendencia, con el propósito de concentrar y evacuar rápidamente la esorrentía mantiforme y disminuir la infiltración.
2. En la Planicie arenosa en los colectores principales (*A° Zanjón del C° Negro*, *A° y A° Nuevo*), sería recomendable el control de aluviones mediante la construcción de microembalses escalonados. Esto tendría un efecto directo sobre la minimización de los caudales de aporte y la producción de sedimentos amortiguando su posterior deposición en la cuenca baja.
3. En estos casos se debe evitar en lo posible medidas que involucren el trasvasamiento de subcuencas y de ser necesario, esto debe ser en forma ordenada en base a estudios preliminares precisos de causa – efecto.
4. En el caso del ámbito de la planicie medanosa los procesos fluviales de encajamiento y ampliación de valle presentan fuerte inestabilidad actual en el caso de los sistemas *A° Zanjón del C° Negro* y *A° Nuevo* y alta potencialidad, en el caso del *A° El Quebrachal*.
5. En el sistema *A° Zanjón del C° Negro*, la activación de la paleored sobrepaso el ambiente de la planicie medanosa hasta la desembocadura en el río Quinto. Aquí los procesos fluviales activos en particular los procesos de erosión de márgenes, deben considerarse en un estado evolutivo irreversible.
6. En este caso la situación de inestabilidad mas comprometida es el cruce de la Ruta Nac. N° 8, en donde la obra de alcantarillado no está adecuada a la nueva

situación. En este sitio en época de estiaje el flujo ocupa la casi totalidad de la sección de la obra (fig. 80 y 81), lo que indica el sobrepaso seguro de la ruta ante la ocurrencia de lluvias intensas.



Fig. 80



Fig. 81

7. En este sector debe realizarse obras adecuadas a la nueva situación.
8. De realizarse obras viales secundarias de cruce al curso del *A° Zanjón del C° Negro*, en particular en el caso del tramo comprendido entre las rutas nacionales N°8 y N° 7, deben implementarse obras de defensa adecuadas donde el drenaje adopta diseño meandriforme, teniendo en cuenta la inestabilidad que esto significa por el progresivo avance de las curvas en el sentido del flujo y la tendencia a la ampliación del valle.

9. En el sistema *A° La Guardia* cuando ingresa a la *Planicie medanosa* y adopta drenaje desorganizado en forma de lagunas encadenadas y bañados, deben restablecerse las direcciones naturales de flujo alteradas por canalización, tratando de que las obras a implementar respeten en la mayor medida posible este aspecto (fig. 48).
10. Aguas bajo cuando los derrames alcanzan la ruta Nac. N° 8 , el trasvaso del sistema por canalización paralela a la ruta hasta la depresión de *La Salada*, ha dado lugar a un cambio considerable en la hidrodinámica que debe considerarse.
11. En tal sentido se debería tratar de reconstituir el flujo siguiendo la dirección natural hacia el sur, atravesando la ruta Nac. N° 8, hasta la confluencia con el cauce del *A° Zanjón del C° Negro* (fig. 52). El análisis geomorfológico empleando imágenes satelitales indica que el desarrollo de la paleored fluvial es en esa dirección (fig. 53). En la situación actual en este sitio es alta la probabilidad de sobrepaso de la ruta ante la ocurrencia de lluvias intensas, siguiendo el flujo la tendencia natural
12. Para tal alternativa debe construirse una obra de arte adecuada a la nueva situación hidrodinámica con suficiente abertura para evitar el efecto de embalse temporal, a la vez que deben efectuarse aguas abajo canalizaciones proyectadas en coincidencia con el diseño de la red de paleored fluvial exhumada. Estas deben tener en cuenta que eliminado el efecto de retención que hoy ejerce la ruta, aguas abajo habrá significativos cambios por traslado de flujo superficial, subsuperficial y aluvionamiento.
13. Puede considerarse como conducto de alivio el canal paralelo a la ruta Nac. N° 7, desde Juan Jorba al río Nuevo, previo replanteo y construcción de defensas. Esto debido a que en la actualidad presenta claros indicios de inestabilidad en la acción de verdaderos procesos fluviales de ampliación de valle, manifiestos en erosión de márgenes y desplomes, que si bien aún son incipientes significan una amenaza potencial de importancia considerando la cercanía de la ruta (fig. 55).

14. En el caso del sistema del *A° Nuevo* también en la baja cuenca en el ambiente de la planicie medanosa, la hidrodinámica acusa un fuerte cambio por la interferencia con la ruta Nac. N° 8. En la actualidad los procesos fluviales de encajamiento, aluvionamiento y sobrepaso posterior de los depósitos, ha progresado hasta la depresión de *La Salada* y es aquí en donde es mas evidente el efecto de retención del flujo subsuperficial, superficial y aluvionamiento. En el sector de implementarse la alternativa de utilizar el canal de trasvaso desde Juan Jorba como aliviador, deben implementarse medidas de control en la confluencia de este con el cauce actual del *A° Nuevo*, en donde la potencialidad de los procesos erosivos de márgenes es importante.
15. En este caso las obras viales en la ruta Nac. N° 8 deben adaptarse a las nuevas condiciones y tener en cuenta que eliminado el efecto de retención, aguas abajo tendrán lugar nuevas situaciones hidrodinámicas (traslación de sedimentación, encajamiento y flujo subsuperficial).
16. En la alta cuenca del *A° El Quebrachal* en el caso del trasvaso realizado por canalización, deberían realizarse estudios dirigidos a establecer con precisión la causa y efecto para establecer la conveniencia o no de su rectificación.

3.7.3.- Afloramiento de la napa freática

En la *Planicie medanosa* las condiciones geológicas, geomorfológicas y geohidrológicas intrínsecas, sumadas al aumento progresivo de las precipitaciones, condicionan la cercanía y/o afloramiento del nivel freático, constituyendo este el factor de mayor peso, en las situaciones de anegamientos y salinización que tienen lugar.

Anegamientos

- Medidas de prevención o control

1. En el área bajo anegamiento y procesos fluviales asociados, es posible el control del nivel freático a través de filtros o drenes interceptores transversales al flujo, consistentes en zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua. La evacuación del excedente puede ser mediante obras de canalización, proyectadas en coincidencia con el diseño de la red fluvial en activación.
2. Es importante considerar que el abatimiento del nivel freático mediante este método en la parte de la media y baja de la cuenca, es probable que ocasione un fuerte impacto ambiental en la media y alta cuenca, por disminución de humedad en los suelos, lo que podría afectar las necesidades de agua de los cultivos actuales (soja-maíz-trigo).
3. La implementación de acciones individuales puedan agravar o alterar la situación de predios aguas abajo, por lo que es primordial encarar las soluciones teniendo en cuenta a la totalidad de la cuenca o sistema para el logro de un proyecto integral.
4. Para tal fin es necesario efectuar un monitoreo del nivel freático para predecir su comportamiento y salinidad a través del tiempo, mediante el establecimiento de una red de freatómetros. La localización de los sitios de observación debe establecerse en forma de red o grilla para una mejor interpretación.
5. Se recomienda la realización de un plan piloto en la zona de nacientes del A° Nuevo en las proximidades del establecimiento de V. Rissatti, incluyendo la laguna comprendida en el predio de la Ea La Curoña (Ucke), en donde los procesos fluviales están en franca actividad con alta tendencia a la expansión. Dicho sitio debe considerarse representativo de las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas de las zonas que enfrentan las situaciones activas y potenciales más conflictivas (fig. 82).

6. La intersembra con especies forrajeras debe considerarse una práctica conveniente. El cultivo de alfalfa requiere un máximo consumo de agua, con características muy parecidas a la cobertura del bosque nativo de caldén (Jobbagy, 2003).
7. Como práctica complementaria puede considerarse como alternativa el alteo y forestación en las zonas deprimidas y lagunas, en particular en las cubetas de deflación, para lo que se debe tener en cuenta la salinidad del agua en el sector, para la selección del tipo de vegetación a implantar.
8. Por el encadenamiento e integración que presentan las depresiones y lagunas en el sistema, es necesaria la construcción de compuertas, esclusas u otro mecanismo que posibilite la regulación de los caudales de ingreso y egreso.



Fig. 82. Área propicia para la implementación de plan piloto Sistema A° Nuevo.

Salinización de suelos

En la baja cuenca del sistema la cercanía a la superficie y/o afloramiento del nivel freático, determina la ocurrencia de procesos de salinización evidentes en indicios de “salitre blanco” y “salitre negro” (fig. 83).

Los procesos han tenido lugar en condiciones de suelo bajo agua por inundaciones periódicas y posterior evaporización-acumulación, suelo con napa freática cercana a la superficie por ascenso capilar y suelo altamente saturado.

El manejo inadecuado bajo estas condiciones puede originar perjuicios mayores y prolongados que promuevan la destrucción de la estructura de los suelos (por compactación), disminución de la infiltración o bien en la salinización total del perfil, con pérdida de fertilidad y toxicidad para los cultivos.

Por ello para la adopción correcta de las medidas de recuperación es necesario la evaluación de cada caso particular mediante estudios agronómicos específicos.

- Medidas de prevención o control
 1. Realizar medidas del estado de humedad, piso y nivel freático.
 2. Determinar mediante muestreo y análisis químicos las condiciones de salinidad o alcalinidad.
 3. Valorar el estado de la vegetación.
 4. Mejoramiento del balance hídrico mediante técnicas apropiadas.
 5. No se aconseja la utilización del agua subterránea para riego complementario, puede producir salinización y/o sodificación de suelos. Para esto se deberá hacer un estudio sobre conductividad eléctrica de los acuíferos, del nivel freático y de las propiedades físico-químicas del suelo.



Fig. 83

SINTESIS DEL ORDENAMIENTO HIDROGRAFICO POR SISTEMAS

Sistema A° Zanjón C° Negro

- Favorecer la actual tendencia de integración de la red fluvial en la alta cuenca en la *Planicie loésica-arenosa* (colectores de los arroyos *La Punilla* y *El Portezuelo*) para evacuar la esorrentía mantiforme y disminuir la infiltración.
- Implementar obras de control de caudales y aluvionamiento en la *Planicie arenosa* al sur de la confluencia del A° *La Punilla* con el A° *Zanjón del C° Negro*.
- Drenar mediante canalizaciones acordes con del diseño natural de escurrimiento el sector de anegamiento al norte de Juan Jorba.
- Reactivar y adecuar los desagües del terraplen del ferrocarril y programar obras adecuadas a la nueva situación sobre la ruta Nac. N° 8, inmediatamente al este de la localidad de Juan Jorba.
- Respetar la red natural de desagüe al sur de la Ruta N° 7 hasta la confluencia con el Río V.

Sistema A° La Guardia

- Favorecer la actual tendencia de integración de la red fluvial en la alta cuenca en la *Planicie loésica-arenosa* (colectores los arroyos *Paraná, La Guardia* y sistema al oeste no identificado en la toponimia) para evacuar la escorrentía mantiforme y disminuir la infiltración.
- Restablecer en la *Planicie arenosa* la hidrodinámica natural mediante canalizaciones o drenes en los bañados al norte y oeste de La Eª. Chamico y borde de la ruta N° 1, acordes al diseño de escurrimiento natural.
- Restablecer el drenaje natural del A° *La Guardia* variado por canalización e implementar obras acordes a la nueva situación.
- Prevenir los efectos de dicho restablecimiento por la nueva situación hidrodinámica que tendría lugar aguas abajo de la ruta Nac. N° 8.

Sistema A° Río Nuevo

- Respetar las actuales direcciones de flujo que han dado lugar a la formación de nuevos cursos fluviales.
- Minimizar en la mayor medida posible los procesos activos que significan la producción y transporte de sedimentos al cauce principal, mediante la implementación de obras de control de cárcavas secundarias y colectores de menor orden del sistema.
- Realizar estudios específicos para la implementación de acciones dirigidas lograr el abatimiento del nivel freático (sector piloto en Ea Rissatti).
- Adaptar la red vial secundaria a la nueva situación hidrodinámica.

- Implementación de obras de desagüe adecuadas a la nueva situación en la ruta Nac. N° 8, considerando los efectos que tendrían lugar aguas abajo eliminado el efecto de retención que ejerce la ruta.

Sistema A° El Quebrachal

- Prever obras de canalización en la alta cuenca para evacuación de las aguas provenientes del flanco oriental de la sierra del Yulto a través de la reconstrucción de las líneas de paleodrenajes.
- Implementación de obras de control de erosión en cabeceras de cárcavas y cursos menores en el sector alto y medio de la cuenca.
- Establecer la conveniencia o no del trasvaso de cuenca realizado por canalización.
- Respetar en la cuenca baja las líneas de avenamiento en las que aún no se activaron los procesos fluviales, pero que las condiciones topográficas y patrones observados en las imágenes satelitales, indican su coincidencia con la paleored cubierta por deposición eólica.

4.- CONCLUSIONES

- Dos aspectos de orden natural se destacan por la participación que tienen en la problemática que hoy afecta a la región en estudio: las condiciones geológicas y geomorfológicas y las variaciones en las condiciones del clima.
- Las condiciones de pendiente, la naturaleza geológica de los materiales de superficie con predominancia de depósitos eólicos, a lo que se le suma la cercanía y/o afloramiento del nivel freático a la superficie, determinan un ambiente de precario equilibrio, en donde los procesos de erosión-acumulación, remoción en masa y fluviales tienen una rápida respuesta frente a cambios en las condiciones de precipitación.
- Estudios en áreas de duna o médanos en las regiones áridas y semiáridas en otras regiones del mundo, indican que leves cambios en las precipitaciones tienden a acentuar notablemente los efectos de las fases secas y húmedas y responden rápidamente a los cambios climáticos (Rognon 1982, Lamb, 1977 y Knox, 1984). En estos casos el encajamiento de cursos fluviales obedece a diversas causas, en donde se interrelacionan una multitud de variables entre las que se destacan los cambios climáticos seculares de corta duración y el uso del suelo, siendo muy complejo determinar la razón de peso en cada caso.
- El estudio realizado permite una comparación con estos antecedentes. La evaluación de la evolución de los excedentes hídricos realizada, indica un progresivo y tendido aumento de las precipitaciones que influyen en el contenido de humedad de los suelos, en el incremento de la escurrimiento y en la variación del nivel freático. Es importante tener en cuenta que en el modelo de balance hidrológico empleado, no ha sido considerado el factor uso del suelo, lo que indica que si bien la actividad agrícola ganadera tiene algún grado de participación, en particular por las modificaciones de la cubierta de vegetación natural, este no debe considerarse como el factor determinante o desencadenante de la inestabilidad que afecta a la región.

- No obstante el efecto antrópico debe sumarse. Estudios realizados en la región indican cambios en la evapotranspiración que se traducen en la variación del nivel freático (Jobaggy), lo que permite suponer sus efectos en el ciclo hidrológico.
- La presencia de mantos de depósitos aluvionales en las barrancas expuestas por encajamiento y patrones fotogeomorfológicos evidentes en fotografías aéreas e imágenes satelitales, indican ante la nueva situación, la muy probable reactivación de una antigua red fluvial obliterada por deposición eólica, en donde los procesos activos tienen una fuerte relación con las condiciones geológicas y geomorfológicas del sistema hidrográfico.
 - a) En la *Planicie loésica-arenosa* los principales colectores de la red de drenaje por condiciones de pendiente definen una dinámica en la que predomina el la erosión y transporte, sobre la deposición. En la actualidad el aumento de la escorrentía ha dado lugar a un incremento en la erosión hidráulica que se observa en una densificación de la red de drenaje y en el paulatino encajamiento de los cauces, en forma más notable en el caso en las nacientes de los arroyos *El Portezuelo* y *La Punilla*, en donde las zonas de deposición aluvional y bañados, fueron sobrepasadas por encajamiento.
 - b) En el ámbito de la *Planicie arenosa* la disminución de la pendiente regía en la situación antecedente a la actual, un dominio de los procesos de deposicionales sobre el transporte y el encajamiento. Los bajos y lagunas recibían el escurrimiento de las áreas adyacentes con la posterior evaporación y/o infiltración a los niveles subterráneos o subcorticales desde las propias áreas deprimidas, predominando las transferencias verticales de agua (precipitación, evaporación e infiltración) sobre las lineales (escurrimiento).
 - c) En el presente ante la prolongación del periodo húmedo (mayores precipitaciones), estos bajos y lagunas dejaron de comportarse como niveles base locales por pérdida de capacidad de almacenamiento por colmatación. (caso de los bañados ubicados al oeste del establecimiento de Vasallo).

- d) El incremento en la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo y el afloramiento del agua de la freática, determinó conjuntamente con los aportes superficiales el desborde de lagunas con la formación de nuevas líneas de escurrimientos concentrado hacia niveles inferiores por interconexión. Los cauces fluviales variaron la condición de influentes a efluentes.
- e) Sumado a esto evidencias de erosión tubificada en profundidad y posterior colapso, indican que el escurrimiento sub-cortical es un factor importante en la abertura de nuevos cursos fluviales caso del *A° La Punilla* y *A° Zanjón del C° Negro* que hoy configuran un único sistema y *A° Nuevo* y cursos menores.
- f) La progresión de la nueva hidrodinámica aguas abajo, ha significado la deposición de sólidos de arrastre y suspensión en forma de explayamientos aluviales, los que posteriormente son nuevamente sobrepasados por encajamiento, con traslación del proceso de acumulación en el sentido del flujo.
- g) En actualidad la afluencia y efluencia subterránea aporta un volumen significativo y constante en el tiempo al escurrimiento superficial. Del balance hidrológico se desprende que los movimientos de verticales del agua predominan sobre los horizontales siendo actores principales en la dinámica hidrogeomorfológica regional.
- Esta nueva hidrodinámica evidencia un estado de evolución diferencial según los sistemas. Presenta un grado avanzado con sectores con cierta estabilidad, en el caso del *A° Zanjón del C° Negro*; pleno avance en el caso del *A° Nuevo*, e incipiente pero con alto potencial de intensificación y generalización, en el caso del *A° El Quebrachal*.

5.- RECOMENDACIONES

- Ante la nueva condición hidrodinámica que afecta a la región como medida de primera urgencia, debe considerarse el efecto de la infraestructura vial no adecuada a la situación actual.
- Es importante de destacar que las condiciones hidrogeomorfológicas del sistema fluvial, determinan que acciones que impliquen trasvasos o alteraciones en los niveles topográficos (canalizaciones, bordos y trasvasos), dan lugar a importantes cambios en la hidrodinámica.
- En tal sentido se destaca el efecto de retención de magnitud regional que ejercen las rutas nacionales N° 8 y N° 7 de trazo transversal al sentido del flujo, en particular la primera, con obras de desagües no adecuadas a la nueva situación, lo que ejerce un frenado temporal del escurrimiento superficial, subsuperficial y la traslación de las cargas de fondo y en suspensión. A esto se le suma el trasvaso de magnitud regional del sistema *A° La Guardia* por canalización, en dirección a la depresión La Salada, obra que actualmente denota alta inestabilidad potencial por la acción de procesos fluviales incipientes (diseño meandriforme/erosión de márgenes/desplomes).
- La magnitud del efecto del trasvaso se manifiesta en los cambios de las áreas de aporte de cada sistema. El área de aporte total hasta la ruta nacional N° 8, es de 2585 Km². De esta superficie total, 32% corresponden al *A° Zanjón del C° Negro*, 32% al *A° La Guardia*, 17% *A° Nuevo* y 19% al *A° El Quebrachal*. En la depresión La Salada en la situación antecedente al trasvaso, aportaba el 19% de la cuenca a diferencia de la situación actual, que lo hace el 68%.
- Frente a esto es necesario considerar que en respuesta a los caudales de aporte al sector medidos en estiaje y el alcance y magnitud de los procesos observados, es de esperar frente a la ocurrencia de precipitaciones importantes un notable incremento de la inestabilidad actual.
- Por ello a corto plazo debería restablecerse la hidrodinámica natural, permitiendo que el sistema del *A° La Guardia* vuelva a su posición natural

atravesando la ruta Nac. N° 8, inmediatamente al oeste de la localidad de Juan Jorba, en dirección al bajo por el que funciona el Sistema del *A° del Zanjón del C° Negro*, a la vez que deben programarse nuevas obras de desagüe en la depresión de *La Salada* acordes a la situación actual. En el caso de considerar la alternativa de usar el canal actual de trasvaso como aliviador, deben implementarse acciones de control de los procesos erosivos incipientes que lo afectan.

- En el diseño de las obras debe considerarse que en el caso de los arroyos *Nuevo* y *El Quebrachal*, los procesos en franco avance en el primer caso y el alto potencial que evidencian en el segundo (con o sin el trasvaso por canalización), significa un aumento progresivo de caudales y en la tasa de sedimentación. En este caso es de esperar aguas abajo eliminado el efecto de retención de la ruta, la traslación de los procesos fluviales buscando el nivel de base en el río Quinto, por lo que deben preverse obras adecuadas para su control, en particular en los desagües de la ruta Nac. N° 7.
- En lo que respecta al uso actual agrícola ganadero en la región, con el propósito de evitar acciones que pueden dar lugar a una aceleración y/o complicación de la hidrodinámica actual y/o futura, es necesario considerar la implementación de las acciones de prevención y/o control propuestas en los puntos antecedentes del estudio.
- La fuerte incidencia del nivel freático en la hidrodinámica justifica plenamente el establecimiento de una red de freatómetros a los efectos de evaluar su comportamiento en el tiempo y frente a las medidas que puedan adoptarse para su abatimiento.
- Es absolutamente importante tener en cuenta que la complejidad, magnitud y potencialidad de la problemática que hoy afecta a la región, determina el tratamiento a nivel de sistema hidrográfico en su conjunto y no mediante acciones preventivas o correctivas puntuales, que puedan generar o aumentar la inestabilidad en otros sectores, a la vez que el abordaje para las soluciones, debe contemplar un enfoque de carácter interdisciplinario.

- La nueva situación geomorfológica y climática que tiene lugar hoy debería ser tratada de manera que de el impacto inicial negativo, vire a un impacto positivo, aprovechando de la mejor manera posible la nueva disponibilidad del recurso hídrico.

6.- ANTECEDENTES CONSULTADOS

1. ANAYA G., M.; MARTINEZ M., M.R.; TRUEBA C., A.; FIGUEROA S., B.FERNANDEZ M.O. Manual de conservación de suelos y del agua. Chapingo, Colegio de Postgraduados, 1997. 581 p.
2. BRACKEEBUSCH, L. 1875. "Informe sobre el viaje geológico hecho en el verano de 1875 por las Sierras de Córdoba y San Luís. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 2-167-216.
3. BUREAU OF RURAL SCIENCES. AGRICULTURE, FSHERIES AND FORESTRY AUSTRALIA. "Evaluación de posibilidades físicas y económicas de riego con aguas subterráneas en la Provincia de San Luís. 2000. BRS. INA. SEGEMAR Y ZAVALIA ASSOCIATES.
4. CANTU M. Y M. BLARASIN 1987. "Geología del Pleistoceno Superior-Holoceno del A° Las Lajas Km 630". 10° Congreso Geológico Argentino.
5. CANTU M. 1992. "El holoceno en Argentina" Cadinqua 1: 1-16.
6. CANTU, M. Y S. DEGIOVANNI 1984. "Geomorfología de la región centro sur de Córdoba". Actas del 9° Congreso geológico Argentino. 4: 76-92.
7. CARTA DE SUELOS. HOJA VILLA MERCEDES. 2000. Escala 1:100.000. INTA.
8. CASTELLANOS, A. 1962. "El Holoceno en Argentina" Instituto Fisiografía y Geología 45 1-78. Rosario.

9. COSTA, C. 1996. "Análisis Geotectónico en las Sierras de San Luis y Comechingones. Problemas y métodos. 13ª Congreso Geológico Argentino. Acatas 2:285-300.
10. COSTA, C, C. GARDINI Y A. GIACCARDI. 1992. "Fallamiento moderno en la Sierra de Comechingones. Provincia de San Luis". 7º Reunión de microtectónica. Resúmenes: 7, San Carlos de Bariloche.
11. CRAIG KOCHER Y JERRY MILLER. 1977. "Respuesta Geomórficas al Cambio Climático a corto plazo. Gomorphology 19. Elsevier.
12. ECHEVARRIA. L. 2008. "Es necesario develar el misterio del fenómeno hídrico". Publicación On line. Universidad Nacional de San Luis.
13. FRANCISCO BARRERA 2006. "Relevamiento y recopilación. Área de aportes el Morro-Yulto". Colonia Los Manantiales (Dpto. Pedernera). Inédito.
14. GUTIERREZ ELORZA, M. 2001."Geomorfología Climática" Ediciones Omega. Barcelona.
15. HUDSON, N. Conservación de suelos. Barcelona, Reverté S.A., 1982. 335 p.
16. HUDSON, N. Soil conservation. 3.ed. United States, Iowa State University Press, 1995. 391p.
17. HOJA GEOLÓGICA 3366-IV VILLA MERCEDES. 2005. Escala 1:250.000. SEGEMAR.
18. INCYTH. 1977. "Geología del río Quinto San Luis". Autor: Dr. Jorge Santa Cruz.
19. INCYTH. 1977. "Evaluación preliminar de la cuenca del río Quinto v arroyos menores" Autor: Dr. Adrián Vargas Aranibar.
20. INCYTH. 1978. "Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Quinto, porción superior y media. Provincia de San Luis". Autor: Dr. Adrián Vargas Aranibar.

21. INCYTH. 1980. "Correlación entre perforaciones y cortes geoelectricos en la cuenca del Río V, Provincia de San Luis. Autor: Herrero Ducloux J.
22. INTA. 2000. "Información técnica nº 156. Villa Mercedes (San Luis). Reseña climática del siglo xx.
23. IRIONDO, M Y D. KROHLING, 1996. "Los sedimentos eólicos del noreste de la Llanura Pampeana. 13º Congreso Geológico Argentino. Actas 4-27-48.
24. JOBBAGY. E. 2008. "Dinámica de sales en la Llanura Chaco Pampeana" Conferencia. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes. San Luis.
25. JOBBAGY. E. 2008. "Control de la recarga, descarga y salinidad de la napa freática por cultivos en el sur de Córdoba. Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes. San Luis.
26. JOBBAGY. E. 2008. "El problema esta en la deforestación y la solución en forestar". Publicación On line. Universidad Nacional de San Luis.
27. KIRBY, M. J.; MORGAN, R.P.C. Erosión de suelos. México, Limusa S.A., 1984. 367p.
28. LOPEZ FOURCADE, R., C. CLERECI, J. CISNEROS Y C. CHOLAKY. "Evaluación de la degradación de los suelos de la pampa medanosa frente a los cambios de uso actuales". Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes. San Luis.
29. LUCERO. O 1995. "CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE: EL FACTOR ATMOSFERICO". 1er Congreso Nacional de la Gestión del Agua y Saneamiento". La Falda. Córdoba.

30. LUCERO, O. 1994. "EVIDENCIA ESTADÍSTICA DE UN CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS LLUVIAS SOBRE LA CIUDAD DE CÓRDOBA" VI Reunión de la Asociación Argentina de Agrometeorología. Villa Carlos Paz. Córdoba.
31. OLSACHER, J. 1935. "El terremoto de Sampacho. Pvcia. De Córdoba. 10-11 de junio de 1934. Revista Museo Ciencias Naturales Córdoba. 1, 52p.
32. OTAMENDI, E. 1990. "El terciario vulcanoclástico en la Sierra Del Morro, Provincia de San Luís, República Argentina. 11ª Congreso Geológico Argentino. Actas 2-35-38.
33. PASTORE, F. 1915. "Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro. Provincia de San Luís, Anales del Ministerio de Agricultura. 11ª Sección Geológica. Nº 2. Bs. As.
34. PASTORE, F. 1935. Hoja 20 del Mapa Geológico de la República Argentina. Boletín Nº 3 de la Dirección de Minas y Geología. Buenos Aires.
35. QUINTANA SALVAT, F. 2005. "Estructuras tectovolcánicas de Venus, semejanzas con la Sa. Del Morro de la Provincia de San Luís (Argentina). Revista de Fotointerpretación Nº 2. Vol XIV.
36. SOSIC, H. 1964. "descripción geológica de la Hoja 24h. Sierra del Morro. Carta geológica y económica de la República Argentina. Bol. Nº 95, 5-44

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Luís A. Echeverría por la provisión del trabajo "Antecedentes Inundaciones Cuenca El Morro. 1985-Julio-2008". Edición limitada.

Ing. Carlos Augusto Peña Zubiato por la provisión del trabajo "Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja Villa Mercedes Provincia de San Luís, Escala 1:100.000."

Sr. Federigi por la provisión de "Base de datos climáticos e hidrometeorológico de la estación INTA Villa Mercedes".

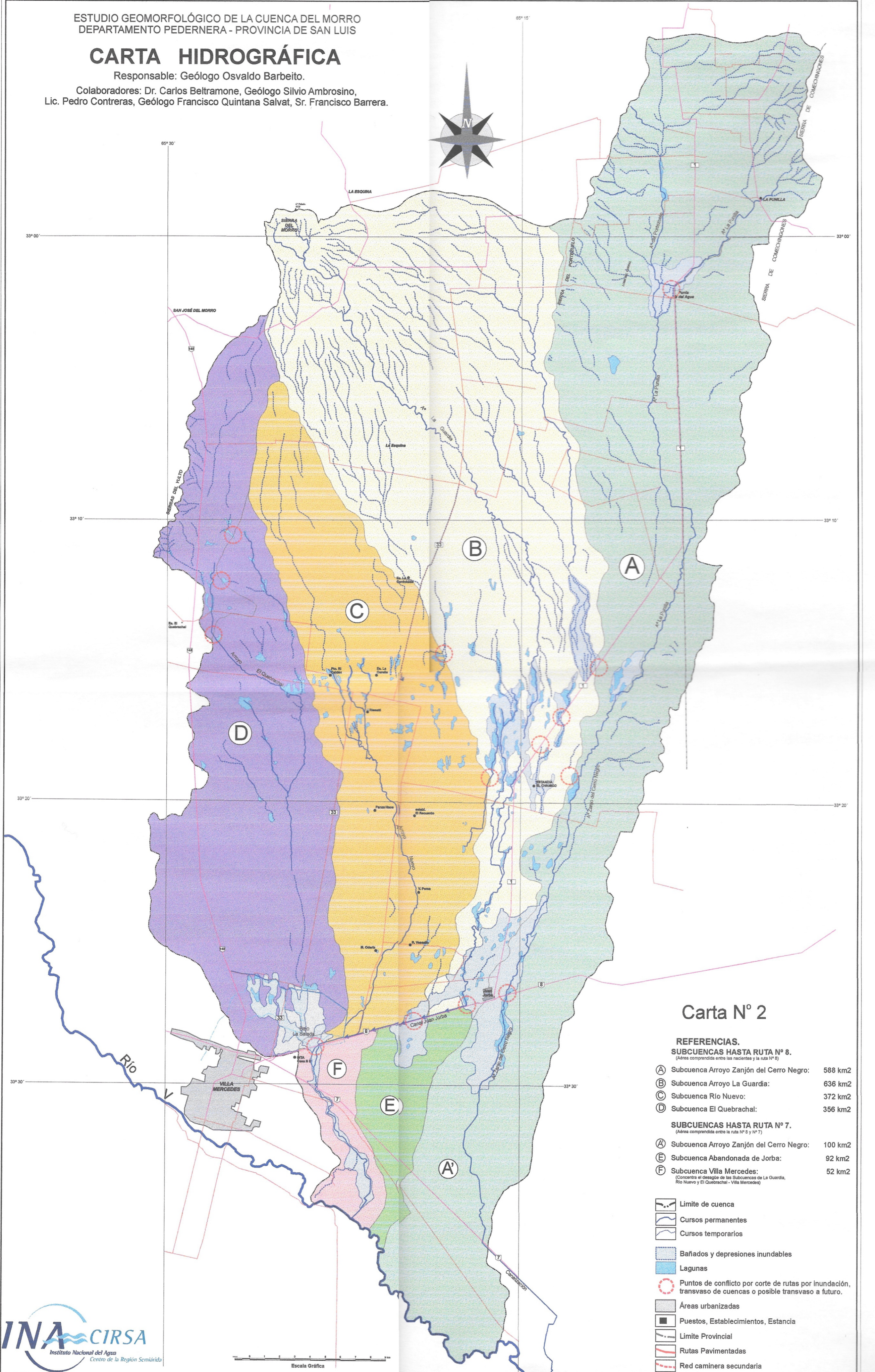
ABRIL DE 2009



CARTA HIDROGRÁFICA

Responsable: Geólogo Osvaldo Barbeito.

Colaboradores: Dr. Carlos Beltramone, Geólogo Silvio Ambrosino,
Lic. Pedro Contreras, Geólogo Francisco Quintana Salvat, Sr. Francisco Barrera.



Carta N° 2

REFERENCIAS.

SUBCUENCAS HASTA RUTA N° 8.

(Área comprendida entre las nacientes y la ruta N° 8)

(A)	Subcuenca Arroyo Zanjón del Cerro Negro:	588 km ²
(B)	Subcuenca Arroyo La Guardia:	636 km ²
(C)	Subcuenca Río Nuevo:	372 km ²
(D)	Subcuenca El Quebrachal:	356 km ²

SUBCUENCAS HASTA RUTA N° 7.

(Concentra el desagüe de las Subcuencas de La Guardia, Río Nuevo y El Quebrachal - Villa Mercedes)

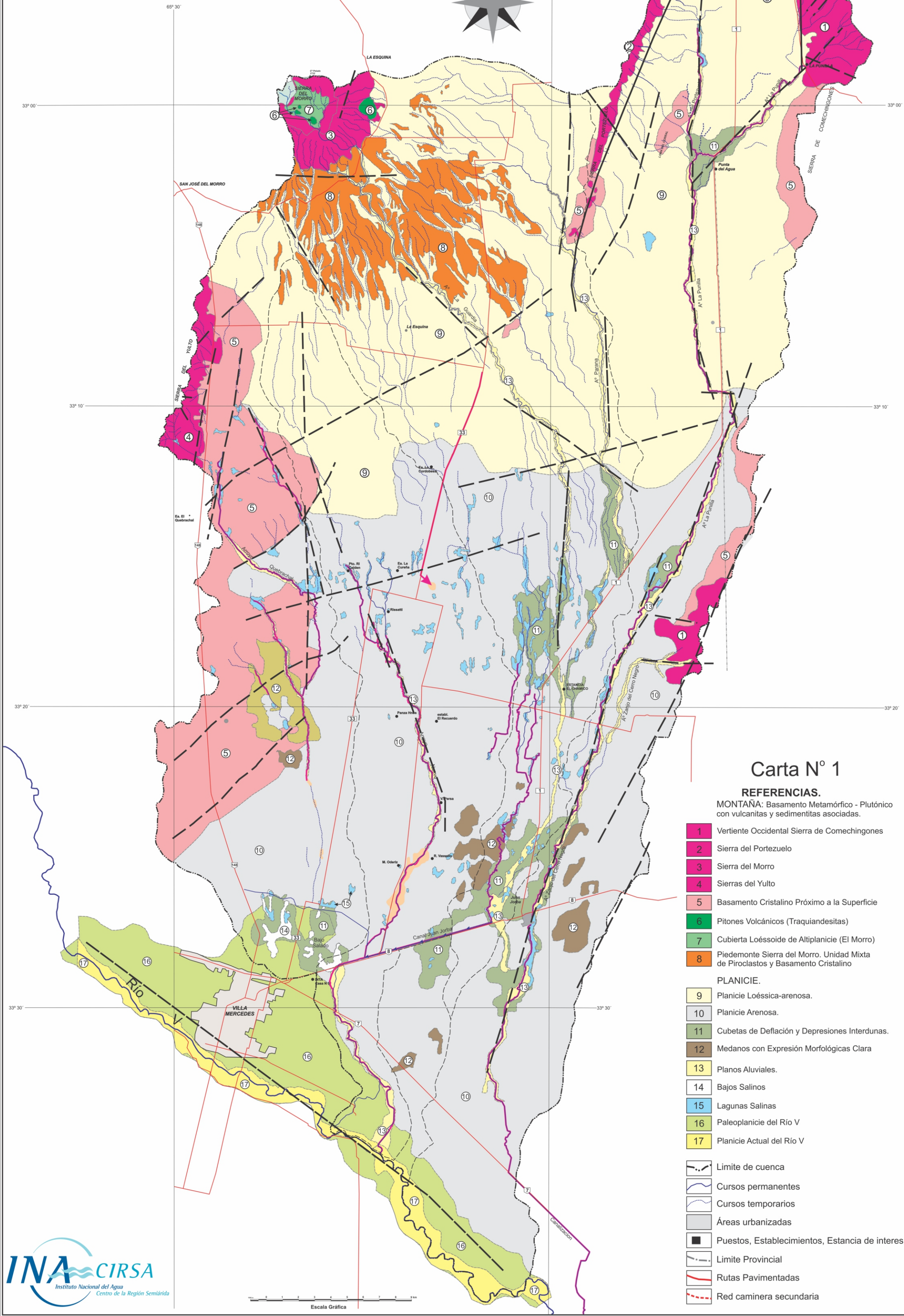
(A)	Subcuenca Arroyo Zanjón del Cerro Negro:	100 km ²
(E)	Subcuenca Abandonada de Jorba:	92 km ²
(F)	Subcuenca Villa Mercedes:	52 km ²

- Limite de cuenca
- Cursos permanentes
- Cursos temporarios
- Bañados y depresiones inundables
- Lagunas
- Puntos de conflicto por corte de rutas por inundación, transvaso de cuencas o posible transvaso a futuro.
- Áreas urbanizadas
- Puestos, Establecimientos, Estancia
- Limite Provincial
- Rutas Pavimentadas
- Red caminera secundaria

CARTA GEOLÓGICA - GEOMORFOLÓGICA

Responsable: Geólogo Osvaldo Barbeito.

Colaboradores: Dr. Carlos Beltramone, Geólogo Silvio Ambrosino,
Lic. Pedro Contreras, Geólogo Francisco Quintana Salvat, Sr. Francisco Barrera.



Carta N° 1

REFERENCIAS.

MONTAÑA: Basamento Metamórfico - Plutónico con vulcanitas y sedimentitas asociadas.

- 1 Vertiente Occidental Sierra de Comechingones
- 2 Sierra del Portezuelo
- 3 Sierra del Morro
- 4 Sierras del Yulto
- 5 Basamento Cristalino Próximo a la Superficie
- 6 Pitones Volcánicos (Traquiandesitas)
- 7 Cubierta Loéssoide de Altiplanicie (El Morro)
- 8 Piedemonte Sierra del Morro. Unidad Mixta de Piroclastos y Basamento Cristalino

PLANICIE:

- 9 Planicie Loésica-arenosa.
- 10 Planicie Arenosa.
- 11 Cubetas de Deflación y Depresiones Interdunas.
- 12 Medanos con Expresión Morfológicas Clara
- 13 Planos Aluviales.
- 14 Bajos Salinos
- 15 Lagunas Salinas
- 16 Paleoplanicie del Río V
- 17 Planicie Actual del Río V

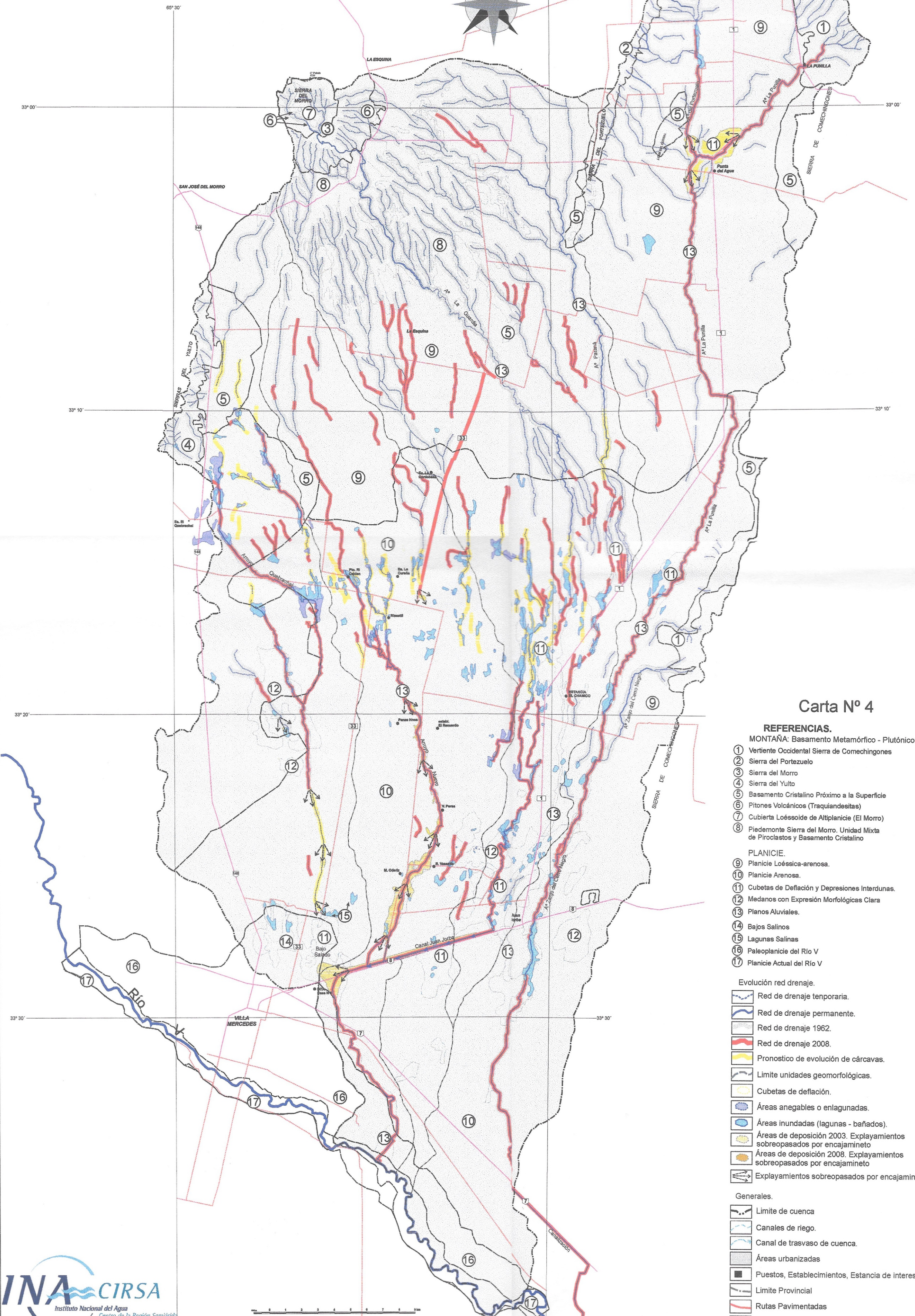
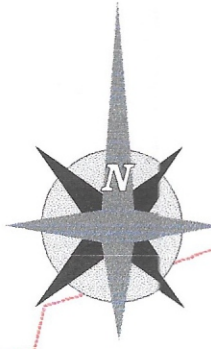
- Limite de cuenca
- Cursos permanentes
- - - Cursos temporarios
- Áreas urbanizadas
- Puestos, Establecimientos, Estancia de interes
- Limite Provincial
- Rutas Pavimentadas
- - - Red caminera secundaria

CARTA DE PROCESOS RIEGOS

ANÁLISIS COMPARATIVO

Responsable: Geólogo Osvaldo Barbeito.

Colaboradores: Dr. Carlos Beltramone, Geólogo Silvio Ambrosino,
Lic. Pedro Contreras, Geólogo Francisco Quintana Salvat, Sr. Francisco Barrera.



Carta N° 4

REFERENCIAS.

- MONTAÑA: Basamento Metamórfico - Plutónico**
- ① Vertiente Occidental Sierra de Comechingones
 - ② Sierra del Portezuelo
 - ③ Sierra del Morro
 - ④ Sierra del Yulto
 - ⑤ Basamento Cristalino Próximo a la Superficie
 - ⑥ Pitones Volcánicos (Traquiandesitas)
 - ⑦ Cubierta Loéssoide de Altiplanicie (El Morro)
 - ⑧ Piedemonte Sierra del Morro. Unidad Mixta de Piroclastos y Basamento Cristalino
- PLANICIE.**
- ⑨ Planicie Loésica-arenosa.
 - ⑩ Planicie Arenosa.
 - ⑪ Cubetas de Deflación y Depresiones Interdunas.
 - ⑫ Medanos con Expresión Morfológicas Clara
 - ⑬ Planos Aluviales.
 - ⑭ Bajos Salinos
 - ⑮ Lagunas Salinas
 - ⑯ Paleoplanicie del Río V
 - ⑰ Planicie Actual del Río V

Evolución red drenaje.

- Red de drenaje temporaria.
- Red de drenaje permanente.
- Red de drenaje 1962.
- Red de drenaje 2008.
- Pronostico de evolución de cárcavas.
- Limite unidades geomorfológicas.
- Cubetas de deflación.
- Áreas anegables o enlagunadas.
- Áreas inundadas (lagunas - bañados).
- Áreas de deposición 2003. Explayamientos sobrepasados por encajamiento
- Áreas de deposición 2008. Explayamientos sobrepasados por encajamiento
- Explayamientos sobrepasados por encajamiento

Generales.

- Limite de cuenca
- Canales de riego.
- Canal de trasvase de cuenca.
- Áreas urbanizadas
- Puestos, Establecimientos, Estancia de interes
- Limite Provincial
- Rutas Pavimentadas
- Red caminera secundaria