

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS REDES DE DRENAJE DEL PIEDEMONTA ORIENTAL DE A SIERRA NORTE DE CORDOBA Y RIESGOS ASOCIADOS.

Autores: BARBEITO*, Osvaldo; AMBROSINO, Silvio; CONTRERAS**, Pedro; TORRE****,
David, TARDITTI***, Guillermo; y UGARTE, Rodrigo****

* INA-CIRSA-UNC, **INA-CIRSA, *** Aguas Cordobesas, **** Fac. de Agronomía.UNC
Barbeito, O. 0351-4682781, coyabarbeito@arnet.com.ar

RESUMEN

Las cuencas hidrográficas con desarrollo en la vertiente oriental de la Sierra Norte de Córdoba en su ingreso a la región pedemontana, se explayan e insumen tras un corto recorrido, dinámica que en los últimos años evidencia cambios de consideración manifiestos en un incremento en la erosión en profundidad y de márgenes de los cursos y un progresivo avance de los explayamientos en dirección a la depresión de la Mar Chiquita

Como consecuencia tienen lugar significativas situaciones de inestabilidad con fuerte potencial de intensificación, entre las que se destacan procesos de erosión acelerada en interfluvios, inundaciones y colmatación de zonas productivas, fuerte afectación de la infraestructura vial por anegamiento, cortes y profundización, etc.

Frente a esto el presente trabajo está dirigido a obtener información de base inexistente en la actualidad en lo referente al desarrollo, extensión y características de los sistemas hidrográficos, como así también su tendencia evolutiva y los riesgos actuales y potenciales que esto significa, considerando la prioridad para la aplicación de las acciones de control y prevención.

Mediante la aplicación del criterio geológico y geomorfológico y de las técnicas de la fotointerpretación y teledetección, se obtiene como resultado cartografía de carácter integral de los sistemas hidrográficos de los arroyos Los Mistoles y Macha-Simbolar.

INTRODUCCIÓN

Los arroyos estudiados al abandonar el cuerpo de sierra e ingreso a la llanura pierden capacidad de carga y competencia, lo que da lugar a una brusca sedimentación de los detritos que transportan. Tras sucesivas crecidas los cursos se colmatan de detritos elevando su posición con respecto al entorno, adoptando las corrientes situaciones topográficas más bajas, mecanismo responsable del diseño en abanico que adoptan los derrames.

Tal dinámica ha tenido lugar en el pasado geológico subreciente y reciente (pleistoceno-holoceno) fuertemente condicionada por eventos climáticos con alternancia de ciclos húmedos y secos, hecho que determinó la fluctuación de la distancia de los derrames hacia el este, con respecto al frente de la sierra, hecho corroborado por estudios cronológicos de orden geológico realizados en el entorno regional (S. Herrero, 2000) y por la presencia de geoformas heredadas características.

En la actualidad en respuesta al incremento de las precipitaciones y la fuerte expansión de la frontera agrícola favorecida por esta causa (Tabla I. Tabla de Rendimientos Agrícolas), la dinámica acusa una nueva expansión hacia el este.

Años	Maíz	Soja	Sorgo Granífero.	Sorgo Forrajero	Pasturas nuevas	Pasturas en uso
89-90	45.000	12.000	9.000	8.500	24.150	187.122
95-96	145.000	65.000	7.500	24.000	38.000	240.166
96-97	165.000	98.000	12.000	26.000	44.600	262.700
97-98	113.000	170.000	20.000	24.400	38.080	257.600
98-99	106.000	188.000	10.000	19.000	40.830	267.000
99-00	119.600	270.000	12.000	17.000	55.000	288.000

Tabla I. Tabla de Rendimientos Agrícolas. (Fuente: INTA - Jesús María).

Como consecuencia tienen lugar significativas situaciones de inestabilidad con fuerte potencial de intensificación, que en la actualidad están en un estadio incipiente que de no adoptarse medidas de control y prevención a corto plazo, pueden virar a situaciones críticas irreversibles.

Frente a esto es necesario contar con una base de información física inexistente en la actualidad, que considere el desarrollo, extensión y características de las cuencas hidrográficas en la región serrana, sus ejes de evacuación y áreas de derrames actuales e históricas en el piedemonte, como así también la localización y evaluación de los sectores inestables y su probable evolución, extensión e intensificación en el tiempo, hecho que posibilitaría tomar decisiones y establecer prioridades para la adopción de las acciones de prevención, control y planificación.

Para tal fin la geomorfología y la geología juegan un rol fundamental, por cuanto posibilita el conocimiento de la génesis y naturaleza del territorio, la dinámica fluvial del pasado geológico reciente, la actual y lo que es aún más importante, la dinámica futura en base a la tendencia evolutiva de los procesos involucrados, de lo que depende en gran parte las situaciones de amenaza y riesgo que afectan y puedan afectar al hombre y sus actividades en la región.

OBJETIVOS

Realizar estudios geológicos y geomorfológicos para evaluar la dinámica fluvial actual de los derrames y su tendencia evolutiva, a los efectos de contar con la base de partida para la aplicación de acciones de prevención, control y planificación.

MATERIALES Y METODOS

La información temática se obtuvo a partir de la integración de análisis de teledetección, fotointerpretación, estudios topográficos de detalle en zonas conflictivas y control de campo.

Como material satelital se utilizó una imagen Landsat TM del año 2003 en bandas 3,5,7 y como material aerofotográfico, fotogramas a escala aproximada 1:20.000 del año 1970 y a escala 1:50.000 del año 1987 y del año 2002. Para la confección de la base topográfica se emplearon las cartas del IGM a escala 1:50.000 Las Peñas (Hoja 3163-8-3), La Posta (Hoja 3163-8-3) y Cañada Honda (Hoja 3163-9-3), las dos primeras con equidistancia de 10 mts. y la tercera con equidistancia de 5 mts.

La evaluación de la tendencia evolutiva fluvial se realizó mediante análisis temporales tomando como referencia la cartografía IGM, las fotografías aéreas de distintas fechas y la imagen satelital actualizada. Finalmente la información obtenida fue volcada en una carta a escala 1:50.000. La información lograda fue complementada con datos históricos tomando como base la dinámica de las inundaciones extremas de enero del año 1992, cuando el sistema alcanzó la máxima expansión registrada.

El cálculo de los caudales aportados por los cursos que conforman el sistema de recepción serrano, se efectuó mediante la aplicación del modelo matemático HEC-1 (SCS), determinando las pérdidas por infiltración por el método Curva Número o CN, utilizando valores entre 76 y 72 de acuerdo a las condiciones geológicas y geomorfológicas. Como hidrograma unitario se utilizó el dado por el SCS.

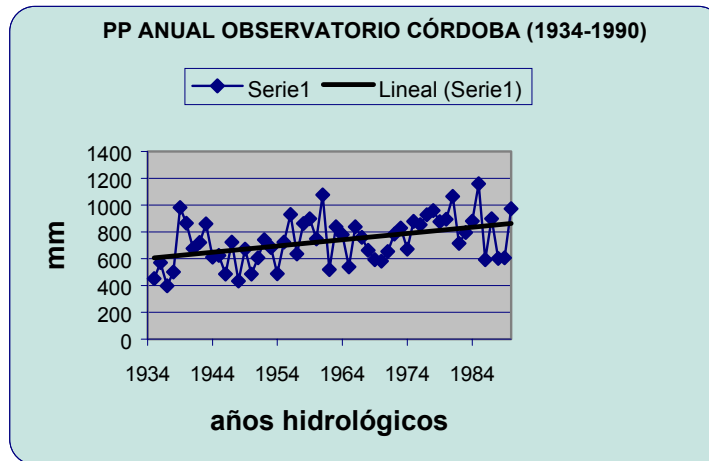
RESULTADOS

Clima

El estudio de la variabilidad de las precipitaciones anuales en el norte de la provincia de Córdoba mediante aplicación de análisis de wavelet y análisis estadístico de las series de tiempo (Contreras, P. 2004), considerando seis localidades con registros prolongados (Córdoba Cap., Va. del Totoral, Las Arrias, La Rinconada, Eufrasio Loza y La Posta), indica que la precipitación presenta una variación interanual con tendencia creciente en el incremento del monto anual. Los valores más elevados ocurren en las décadas 1950-2000 en todas las localidades, mientras que los valores más bajos ocurren en la localidad de La Posta en el periodo de 1922-1929, y en las localidades de La Rinconada, Eufrasio Losa, y Las Arrias, en el periodo 1935-1937.

Los análisis estadísticos evidencian que la distribución normal se ajusta bien a la distribución real en frecuencias de precipitación anual y en cuanto a las precipitaciones anuales, se observa un aumento considerable a partir de finales de la década de 1950, correspondiendo los valores más altos a los meses de noviembre, diciembre y Enero.

En el análisis de la dispersión de las series de tiempo de las estaciones, se observa el comportamiento del aumento de las precipitaciones anuales a partir del año 1935, como ejemplo se tomaron las estaciones de Córdoba Observatorio y Villa del Totoral (Figuras N° 1. Precipitación anual Observatorio Córdoba y Figura N° 2. Precipitación anual Villa del Totoral).



Figuras N° 1. Precipitación anual Observatorio Córdoba

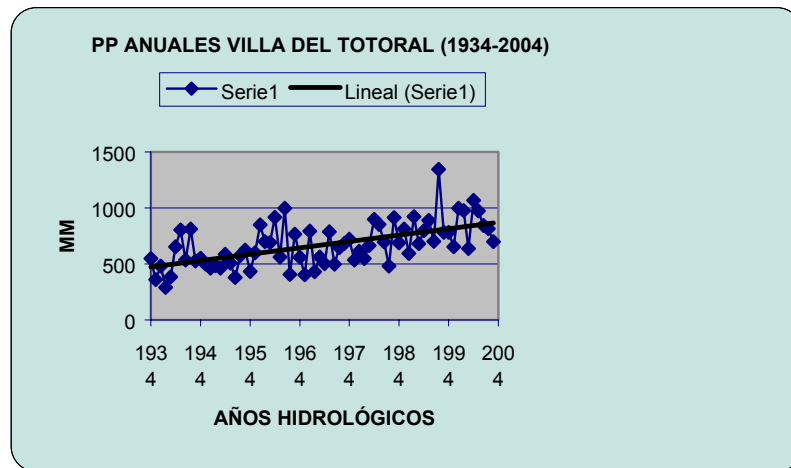


Figura N° 2. Precipitación anual Villa del Totoral

El análisis de las precipitaciones anuales con transformada wavelet y Fourier y análisis estadísticos de las series, muestra que en la zona hay evidencias de un cambio climático, según como lo define la OMM, que influye sobre las precipitaciones.

Sistema hidrográfico

El conjunto del sistema hidrográfico de los arroyos Los Mistoles y Macha-Simbolar tiene desarrollo en las subregiones geomorfológicas de la Sierra Norte de Córdoba y en la Llanura Chaco Pampeana, con tendencia en dirección a la Depresión fluvio-lacustre de la Mar Chiquita, que actúa como nivel de base final.

Los Arroyos Los Mistoles y Macha organizan sus nacientes en la unidad orográfica de la Sierra de Ischilín, para luego ambas ingresar al valle estructural de Avellaneda y atravesar con carácter antecedente la Sierra de las Peñas e ingresar a la Llanura Chaco-pampeana (Anexo: Carta N° 1. Carta Hidrogeomorfológica Esquemática).

El área de recepción serrana de a cuenca del A° Los mistoles, la definen los arroyos Pinto y De Las Manzanas, que confluyen en el pié occidental de la Sa. de Las Peñas, abarcando el conjunto hasta la ruta Nac. N° 9 una superficie de 42.397,45 Hc.

Por su parte el área de recepción del A° Macha la integran las sucuenas de los arroyos Pescadero y Tulumba, que dan lugar al A° Simbolar, en este caso ambas, con desarrollo en la vertiente oriental de la Sierra de Las Peñas sin vinculación hidrológica con el Valle de Avellaneda, para luego en el ámbito de la llanura aportar sus derrames a los del A Macha, conformando en la situación evolutiva actual un único sistema. El conjunto hasta la ruta nacional N° 9 abarca una superficie de 32.392 Hc., correspondiendo 12.246 Hc. a la cuenca del A° Pescadero y 20.146 Hc., al A° Tulumba.

Hidrología

Mediante la utilización de las curvas IDT (Fuente: Dipas, Córdoba Aeropuerto), considerando una lluvia de duración de 3 hs. para tener en cuenta su variación temporal, se realizó la modelación de las subcuencas del sistema de recepción serrano obteniendo las caudales en m3/seg. (Tabla II. Caudales y tiempo de concentración).

Recurrencia [años]	Río Mistoles		Río Macha		Río Simbolar	
	Q pico [m3/s]	T pico [hs]	Q pico [m3/s]	T pico [hs]	Q pico [m3/s]	T pico [hs]
2	39.90	8.67	51.55	9.33	37.96	8.00
5	69.56	8.33	90.61	9.00	65.51	7.67
10	100.68	8.33	132.48	8.33	94.20	7.67
20	144.66	8.00	184.49	8.33	132.00	7.33
25	160.24	8.00	204.25	8.00	145.77	7.33
30	173.78	8.00	221.43	8.00	157.94	7.33
50	217.00	7.67	276.08	8.00	196.83	7.33

Tabla II. Caudales y tiempo de concentración

Vegetación

La vegetación natural dentro del marco de la Provincia biográfica del Chaco comprende el Chaco con desarrollo en el ámbito de las sierras y el Chaco de la Llanura. En conjunto la cubierta se caracteriza por la presencia de comunidades vegetales leñosas xerófilas en forma de bosques, arbustos y pastizales, conformando el conjunto mosaicos de fisonomía y densidad de cobertura variables, dependiendo de la posición geomorfológica, del tipo de sustrato geológico y el grado de alteración.

En Chaco de montaña se compone de elementos arbóreos del Piso del Monte Serrano, distribuidos con densidades variables en los niveles inferiores y por elementos del Piso del Romerillal o arbustal, distribuido en los niveles medios y altos, en donde alterna con pastizales. Completan la vegetación natural palmares y pastizales degradados en los valles secundarios asociados suelos mas profundos (materiales coluvio-aluviales).

Por su parte en la actualidad el Chaco con desarrollo en la llanura, solo está representado por relictos aislados producto de la eliminación intensiva para el uso agrícola, lo que ha traído como consecuencia un significativo cambio en la relación infiltración-escorrentía y consecuentemente una aceleración de los procesos fluviales que tienen lugar en el presente.

Características geológicas y geomorfológicas regionales del sistema hidrográfico

Subregión geomorfológica de la Sierra Norte En su conjunto el ambiente de montaña se caracteriza por un relieve accidentado con pendientes medias comprendidas entre 12% y 20%. El material geológico está representado por un basamento cristalino antiguo metamórfico-plutónico (precámbrico-eopaleozoico) sobre el que en discordancia por sectores se apoyan rocas sedimentarias clásticas (conglomerados-cretácico). Completan el marco geológico rellenos de carácter coluvio-aluvial modernos (holoceno) que rellenan el fondo de valles.

Entre los valles intermontanos, el valle de Avellaneda por su constitución geológica y posición geomorfológica, adopta un papel primordial en el funcionamiento del sistema hidrográfico. La unidad constituye una depresión de origen tectónico definida por el trazo de fallas norte-sur responsables del levantamiento de la Sierra de Ischilín al oeste y de las sierras de Las Peñas-Macha-Sauce Punco, por el este, rellena por una importante potencia de materiales fluvio-eólicos ligados a conos y aluviones antiguos y depósitos de loess intercalados (pleistoceno-holoceno).

Tales condiciones significan alta permeabilidad por porosidad y el entrapamiento del agua subterránea derivada de la recarga en la vertiente oriental de la Sierra de Ischilín (Arroyos: El Tala, El Manzano y Macha), lo define un acuífero de consideración responsable del afloramiento y aporte continuo de caudales de los arroyos Los Mistoles y Macha a la salida del bloque de las sierras.

Subregión de la Llanura Chaco Pampeana. En el ámbito de la llanura se distinguen a nivel de paisajes geomorfológicos una bajada aluvial en la parte proximal del macizo serrano, una planicie fluvio-eólica en la parte media-distal y como nivel de base final, la depresión fluvio-lacustre de Mar Chiquita.

La bajada aluvial con desarrollo a partir del pie de sierra y pendiente tendida hacia el este del orden del 1.4%, se asocia a la coalescencia de abanicos aluviales bajo condiciones paleoclimáticas variables, constituida por sedimentos aluviales de texturas gruesas gravillosas, que disminuyen de tamaño hacia el este intercalados con depósitos loésicos que en partes, se exponen en las partes más planas y elevadas.

En forma gradual la bajada aluvial pasa a un relieve de planicie ondulada a suavemente ondulada, en donde alternan interfluvios amplios plano-convexos y áreas suavemente deprimidas plano cóncavas. La pendiente regional disminuye progresivamente de 1% a 0.8% en su proyección hacia el este. El material geológico es predominantemente loésico de textura franco limosa dominante con intercalaciones fluviales, lo que le confiere al paisaje carácter fluvio-eólico.

En su progresión hacia el este la planicie fluvio-eólica se integra gradualmente a la depresión fluvio-lacustre de la Laguna de Mar Chiquita, definida por el trazo de fallas de rumbo norte-sur y magnitud regional. Al este la falla que rige el bajo del Saladillo y al oeste, la falla que define el alto estructural de Morteros-Chipián, lo que ha dado lugar al hundimiento de bloques de la corteza en profundidad.

Su carácter fluvio-lacustre está dado por la alternancia de depósitos fluviales finos aportados principalmente por el río Petri o Dulce y sedimentos lacustres que resuelven un complejo sedimentario, con las características propias de una depresión que actúa como nivel de base fluvial.

Suelos

Los suelos fuertemente vinculados al aspecto climático y geomorfológico, a nivel de ordenes se representan por entisoles, molisoles y alfisoles. Los entisoles evolucionados en el paisaje de montaña, son en las laderas de carácter residual derivados de la directa alteración del sustrato rocoso, de perfiles someros, texturas gruesas y bajo contenido orgánico distribuidos en forma discontinua con respecto a la roca desnuda, y en el relleno de valles, son más profundos, de texturas

francas y moderado contenido en materia orgánica. En ambos casos la capacidad de uso es Clase VII solo aptos para pastoreo y conservación de vegetación nativa.

Los molisoles como los más extendidos y los de mayor aptitud, base del desarrollo agropecuario de la región, se han desarrollado en condiciones climáticas semiáridas asociados a los valle intermontanos principales (Avellaneda), la bajada aluvial y la planicie fluvio-eólica. Son suelos evolucionados a partir de sedimentos eólicos de granulometría variable, profundos, con presencia de un horizonte superior de color oscuro y textura franco-limosa con moderada cantidad de materia orgánica y de capacidad agrológica clase III y IV.

El orden de los alfisoles se asocia a la depresión fluvio-lacustre de Mar Chiquita, evolucionados indistintamente a partir de materiales eólicos franco arenosos, loésicos y fluviales franco arenosos. Son suelos profundos cuya característica distintiva es el drenaje natural imperfecto, con capa freática fluctuante cercana a la superficie sujetos a frecuentes encharcamientos y anegamientos con capacidad de uso es clase VII.

Unidades geomorfológicas con participación en la hidrodinámica de los derrames

Los análisis fotogeomorfológicos empleando imágenes satelitales y fotografías aéreas, conjuntamente con el análisis de morfológico a partir de la cartografía topográfica que cubre la región y controles de campo, permiten reconocer las geoformas actuales y heredadas de la reciente evolución geológica y geomorfológica, las que por sus características y distribución tienen fuerte participación en el aspecto hidrodinámico y su tendencia.

a) *Bajos de génesis fluvial con buen grado de definición geomorfológica.* A una distancia variable del frente de la sierra y con progresión hacia el este en el paisaje de la Planicie fluvio-eólica, comienzan a manifestarse como relieve relictual bajos plano-cóncavos de buen grado de definición geomorfológica y continuidad, tanto en el terreno, como en el análisis de las fotografías aéreas y en la inflexión que presentan las curvas de nivel en las cartas topográficas (IGM). Estos presentan un ancho variable entre los 200 y 500 mts. y una profundidad que oscila entre los 4 y 6 mts.

El fuerte grado de definición conjuntamente con su posición geomorfológica en el paisaje y la presencia de mantos de arena cercanos a la superficie, permiten inferir su génesis fluvial asociada a un estadio evolutivo antecedente, en donde las precipitaciones eran más abundantes que las actuales (paleocauces).

Estos se organizan según dos sistemas jerarquizados de diseño de drenaje paralelo: uno ligado a paleocauces del arroyo Los Mistoles y otro, a paleocauces del sistema de los arroyos Macha-Simbolar. El primer sistema comienza a manifestarse a 8 km. del frente de sierra, para jerarquizarse en un único bajo colector de buen grado de definición y continuidad, que mantiene en un recorrido de 21 km. en la planicie fluvio-eólica. Por su parte el segundo con similares características, comienza a definirse claramente a 4 km. del frente de sierra para luego perder definición y continuidad en un recorrido de 25km.

En la actualidad estos paleosistemas por sectores no son funcionales, debido al efecto de captación-conducción que genera la actual red caminera o por desvíos realizados por productores.

b) *Bajos suaves planos-cóncavos.* Los paleo sistemas descritos al perder definición en su desarrollo hacia el este, se continúan con diseño de difluencia en bajos suaves amplios plano-cóncavos sin alveo definido con anchos medios superiores a los 500 mts., lo que permite inferir su probable relación con canales de pelo derrames (abanicos terminales de llanura). En tales difluencias las condiciones topográficas y datos históricos (inundación 1992) indican la confluencia de los de los derrames fluviales de ambos paleo sistemas, a 5km. al este de la localidad de Capilla de Sitón, para más al este, también por condición topográfica, continuarse en dirección a la depresión de Mar Chiquita.

Tendencia evolutiva actual de los derrames

La tendencia evolutiva de los sistemas se evaluó mediante el análisis temporales considerando un periodo de 34 años y tomando como referencia la cartografía del IGM (año 1970), fotografías aéreas a escala aproximada 1:20.000 (año 1970) y a escala aproximada 1:50.000 (años 1987 y 2002) e imagen satelital TM a escala 1:100.000 (año 2004). La información obtenida fue complementada con datos históricos.

El análisis temporal indica que:

- ✓ Los sistemas de los arroyos Los Mistoles y Macha-Simbolar, respondiendo a una hidrodinámica de encajamiento, explayamiento y expansión, evidencian un sustancial avance hacia el este en dirección a la depresión fluvio-lacustre de Mar Chiquita, en parte regida por condicionamiento natural y en parte por acción antrópica. (Anexo: Carta N° 1. Carta Hidrogeomorfológica Esquemática)
- ✓ En el período 1970 – 1987 los derrames no evidencian expansión sustancial. El A° Los Mistoles derramaba a una distancia del orden de los 10 km. del frente de sierra y en el caso del Sistema Macha Simbolar los arroyos Pescadero y Tulumba en forma independiente sin integración de sus derrames, lo hacían inmediatamente a la salida de la sierra.
- ✓ En el período 1987-2002 se evidencian los cambios más sustanciales ocurridos a partir de la inundación histórica que tuvo lugar en enero de 1992. En tal situación los aportes fluviales a la salida de la sierra sobrepasaron los últimos derrames y fueron captados por los sistemas de bajos de génesis fluvial, para luego cuando estos pierden definición en su desarrollo hacia el este, ajustarse al diseño de difluencias que adoptan los bajos amplios plano-cóncavos siguiendo las pendientes topográficas, dinámica que en partes fue interferida por la infraestructura vial y el trazo del ferrocarril FCGBM.
- ✓ En este periodo los excedentes de los arroyos Los Mistoles y Macha-Simbolar, se integran conformando un único sistema. El A° Simbolar captó los derrames de los arroyos Pescadero y Tulumba (cuenca de recepción), para luego mas al este integrarse a los aportes del A° Macha, los que finalmente por derrame se integran a los aportes del A° Los Mistoles.
- ✓ A octubre del 2004 con régimen de escurrimiento permanente en estiaje, el A° Los Mistoles acusa una expansión del orden de los 30.km., estando a solo 4 km. del desagüe en la laguna de Mar Chiquita. Por su parte el sistema de los arroyo Macha-Simbolar en menor grado, superada la canalización realizada desde el frente de sierra y la red de acequias, alcanza una expansión del orden de los 9 km., derramando en las cercanías de la Ea. El Taco.
- ✓ Si bien el Sistema Macha-Simbolar tiene mayor potencial hidrológico, la expansión más significativa alcanzada por el A. Los Mistoles, obedece al mayor grado de captación-conducción por trazos de caminos y a las obras de canalización realizadas, lo que ha modificado la dinámica natural y generado una notable aceleración del proceso.
- ✓ El análisis de las fotografías aéreas del año 2002 evidencia en los tramos de encajamiento reciente y en particular en sectores en los que se efectuaron obras de canalización, la acción de procesos erosivos fluviales en profundidad y lateralmente. La erosión en profundidad es del orden de los 2 a 3 mts., en el caso del sistema de los arroyos Macha-Simbolar sin mediar la intervención antrópica, y de 5 a 6mts., en el caso del A. Los Mistoles por el efecto captación-conducción de la red caminera y/o canalización. En lo que respecta a la erosión lateral de márgenes, el análisis indica patrones de escurrimiento de sinuosidad incipiente con progresiva formación y ampliación de valles por desplomes de márgenes (socavamiento en las partes externas de las curvas). Completan el marco de inestabilidad procesos de erosión retrocedente en cuencas laterales esporádicas, regidos por el cambio del nivel de base (encajamiento del curso).

- ✓ La situación evolutiva actual y la tendencia en ambos sistemas en expansión, compromete severamente la red vial por el efecto combinado de captación-conducción-erosión y a áreas productivas por derrames-inundación-colmatación. En base a la intensidad e importancia de los procesos detectados se destacan como sectores prioritarios para la implementación de acciones de control y prevención, las indicadas en la carta hidrogeomorfológica esquemática. (Anexo: Carta N° 1. Carta Hidrogeomorfológica Esquemática)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas hidrográficos de los arroyos Los Mistoles y Macha-Simbolar, como integrantes de la vertiente oriental de la Sierra Norte, se han ajustado a una hidrodinámica histórica característica, manifiesta en la retracción y expansión de explayamientos e infiltración en dirección a la depresión de La Mar Chiquita.

En la situación evolutiva actual se evidencia una fuerte expansión de ambos sistemas a partir de la década del 90 en respuesta al incremento de las precipitaciones medias que ha tenido lugar en región y a la ampliación de la frontera agrícola favorecida por las mejores condiciones de humedad, lo que ha significado una fuerte variación de la relación infiltración-escurrimiento por desmonte generalizado y la falta de prácticas de conservación.

La hidrodinámica actual se rige por condiciones topográficas y paleoformas fluviales asociadas a estadios evolutivos antecedentes, aspectos que necesariamente deben considerarse para la implementación de las acciones de prevención, control y planificación.

La actual tendencia de ambos sistemas debe considerarse en un estadio evolutivo incipiente con fuerte probabilidad de intensificación, en respuesta a los significativos caudales de aporte calculados y la susceptibilidad de los materiales geológicos de superficie a la erosión hidráulica.

El desvío de las aguas, su canalización, su aprovechamiento, etc., sin la necesaria planificación y complementación con obras hidráulicas adecuadas, dará lugar a situaciones de inestabilidad indeseadas. La detección de procesos incipientes de erosión fluvial en profundidad y lateral en los bajos y de erosión retrocedente en los desagües de las corrientes laterales a estos, así lo confirman.

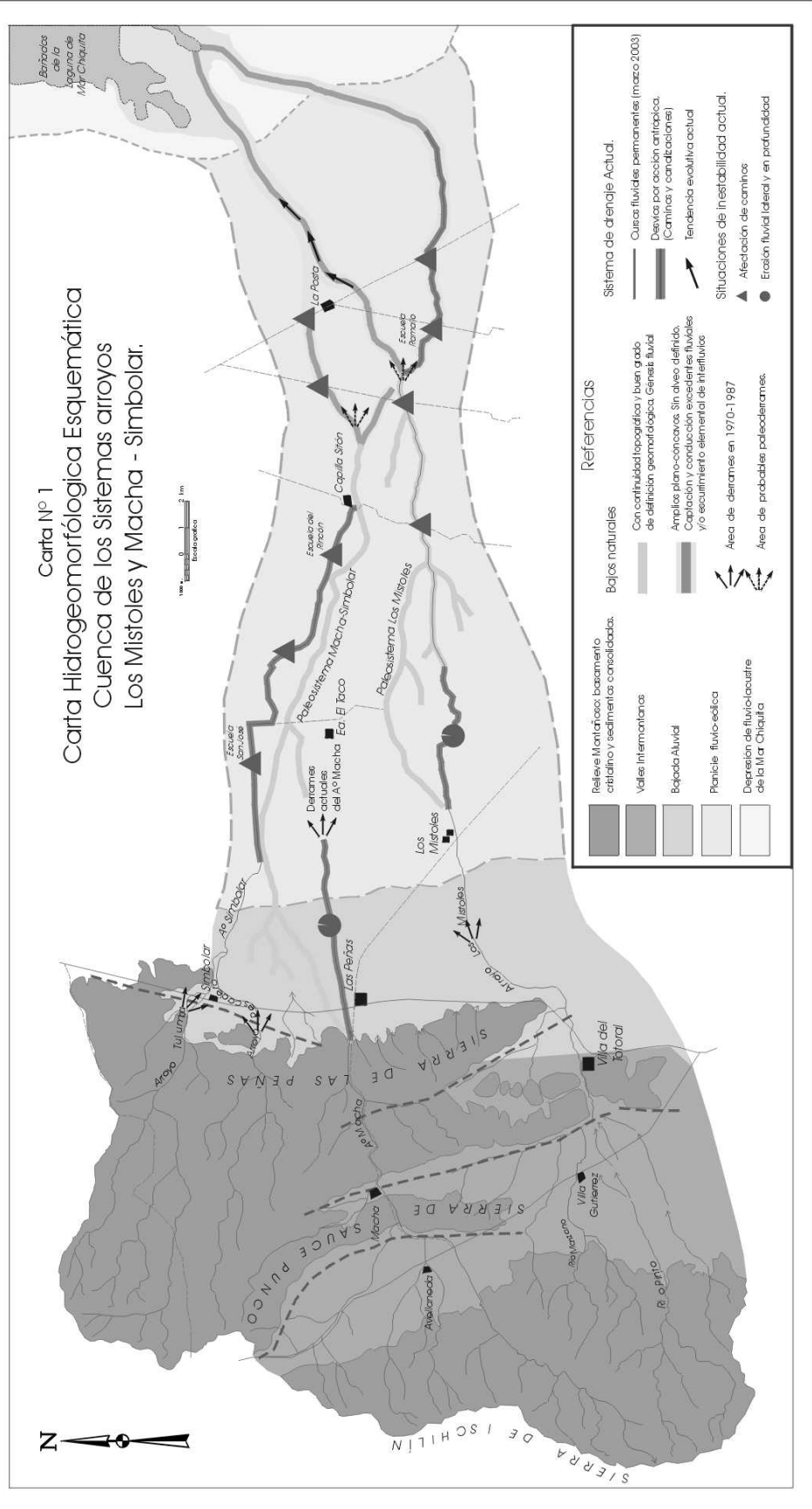
La expansión que acusan los sistemas estudiados que también afectan al conjunto de las cuencas hidrográficas del norte de la Provincia de Córdoba, debe considerarse un claro indicio de orden geomorfológico de las variaciones climáticas que afectan a la región.

BIBLIOGRAFIA

- Castellanos et al.** (1979). *“Geografía Física de la Provincia de Córdoba”*. Editorial Boldt. República Argentina.
- Contreras, P.** (2004). *“Estudio de la variabilidad de las precipitaciones anuales en el norte de la provincia de Córdoba mediante aplicación de análisis de wavelet y análisis estadístico de las series de tiempo”*, 3er. Congreso Iberoamericano de Calidad de Vida y Ambiente. Septiembre 2004.
- Gordillo, C.; Lencinas, A.** (1979). *“Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis”*. II Simposio de Geología. República Argentina. Vol. V. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Herrero, S.** (2000). *“Procesos sedimentarios holocénicos de la cuenca del río Los Tártaros. Sierra Norte. Provincia de Córdoba”*. Tesis doctoral en Ciencias Geológicas. UNC.
- INTA-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables. Plan Mapa de Suelos. Córdoba** (1999). Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3163-2. Sebastián Elcano.
- Secretaría de Minería. Dirección Nacional del Servicio Geológico. República Argentina** (1995). *“Mapa Geológico de la Provincia de Córdoba”*.

(Anexo: Carta N° 1. Carta Hidrogeomorfológica Esquemática, en página siguiente).

Carta No. 1
 Carta Hidrogeomorfológica Esquemática
 Cuenca de los Sistemas arroyos
 Los Mistoles y Macha - Simbolar.



Escala 0 1 km
 Escala gráfica

Relieve Morfológico: basamento cristalino y sedimentario consolidados.

- Los Mistoles
- Valles intermontanos
- Bajada Aluvial
- Planicie fluvio-édica
- Depresión de flujo/ocultre de la Mta Chiquila

Bajos naturales

- Con configuración topográfica y buen grado de definición geomorfológica. Genera flujid
- Áreas plano-concavas. Sin aforo definido. Captación y conducción excedentes fluviales y/o secuestro elemental de infiltrativos
- Área de derrames en 1970-1987
- Área de probables paleoderrames.

Sistema de drenaje Actual.

- Cursos fluviales permanentes (mazo 2003)
- Desvíos por acción antrópica. (Caminos y canalizaciones)
- Tendencia evolutiva actual
- Situaciones de inestabilidad actual.
- Aleación de caminos
- Erosión fluvial lateral y en profundidad.

Referencias