

Erosión hídrica acelerada y formación de nuevos cursos fluviales. Arroyo Mula Muerta. Córdoba, Argentina.

Ana I. Rydzewski¹, Mauro F. Lanfranco¹, David E. Moya¹ y Sofía Paná¹

¹ Instituto Nacional del Agua, Centro de la Región Semiárida.

E-mail: chicheski@gmail.com

RESUMEN

El arroyo bajo estudio corresponde a un nuevo sistema hidrográfico en vías de jerarquización denominado A° Mula Muerta. Su formación responde a procesos de erosión hídrica acelerada que generaron caracavamiento en un camino rural terciario por captación de la escorrentía concentrada y mantiforme proveniente del sector distal de vertiente oriental de la Sierra Chica y piedemonte, a partir del paso de alcantarillas de la RN9. Los procesos de erosión, se iniciaron a mediados de la década de 1970 y generaron una cárcava que por ensanchamiento, profundización y migración en curvas externas, presenta en la actualidad una longitud aproximada de 14 km., que funciona como un arroyo temporario. El 17 de febrero de 2014, ocurrió una creciente de magnitud que ocasionó el derrumbe del colegio rural Capitán Díaz Vélez por erosión lateral y colapso del margen izquierdo.

En base a ello, a partir del método geológico geomorfológico e histórico se determinó el nivel de integración de las cárcavas discontinuas que constituyen las subcuencas de aporte y la tendencia evolutiva de los procesos generadores de amenaza, identificando sitios críticos en su situación actual y potencial.

INTRODUCCIÓN:

Las cuencas hídricas del Norte de la provincia de Córdoba manifiestan un importante cambio en la relación infiltración-escorrentía, dando lugar a una progresiva aceleración de los procesos fluviales normales (erosión, sedimentación, inundaciones) (Barbeito, et al. 2004).

Los ríos Jesús María, Pinto y Carnero, que hasta la década de 1970 se insumían tras un corto recorrido cuando ingresaban al dominio de la llanura oriental, en la actualidad evidencian un avance de los explayamientos en dirección Este y Sur-Este, lo que ocasiona procesos fluviales de erosión de márgenes y desbordes, en algunos casos de carácter extremo, con importantes consecuencias, sociales, urbanísticas y ambientales.

El arroyo bajo estudio se enmarca dentro de esta tendencia regional. Corresponde a un nuevo sistema hidrográfico en vías de jerarquización denominado A° Mula Muerta por los habitantes locales. Su formación responde a procesos de erosión hídrica acelerada que generaron caracavamiento en un camino rural terciario por captación de la escorrentía concentrada y mantiforme proveniente del sector distal de vertiente oriental de la Sierra Chica y piedemonte. Los procesos de erosión se iniciaron en la década de 1970 y generaron una cárcava que por ensanchamiento, profundización y migración en curvas externas, presenta en la actualidad una longitud aproximada de 14 km., un ancho promedio de 30m y una profundidad máxima entre 7 -8 m. que funciona como un arroyo temporario cuyos explayamientos generan colmatación de suelos en el área de derrame.

El 17 de febrero de 2014, ocurrió una creciente de magnitud que ocasionó el derrumbe del colegio rural Capitán Díaz Vélez por erosión lateral y colapso del margen izquierdo.

En base a ello el objetivo de este trabajo es determinar a partir del método geológico geomorfológico e histórico la tendencia evolutiva de los procesos generadores de amenaza identificando sitios críticos en su situación actual y potencial.

METODOLOGÍA:

Para el logro de los objetivos propuestos, se empleó el criterio geológico, geomorfológico e histórico mediante la aplicación de técnicas de fotointerpretación y teledetección, utilizando fotogramas a escala aproximada y 1:20.000 y 1:50.000 de los años 1970 - 1987 e imágenes satelitales Landsat 1-8 (1975-2018), Planet Scope, RapidEye (2009-2018) y Sentinel 2 (2015-2018).

Se realizó una recopilación de antecedentes y registros de eventos de crecidas a partir de fuentes de información primarias y secundarias. Mediante fotoanálisis estereoscópico con apoyo de imágenes

satelitales, se diferenciaron unidades de terreno con énfasis en el aspecto hidrodinámico. Las unidades geomorfológicas identificadas fueron ajustadas en control de campo.

El análisis espacial y cartografía temática se realizó mediante un Sistema de Información Geográfica. Para ello, se trabajó con programas de código abierto QGIS 2.14.3 y System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA). La delimitación de las cuencas, sistemas de drenaje y parámetros morfométricos se realizaron en base al análisis y procesamiento de Modelos digitales de Elevaciones (MDE) provistos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), de una resolución de 30 metros por píxel, pre procesados mediante relleno de vacíos, inclusión de datos de lagos, filtrado espacial y enmascarado de límites, correspondientes a la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission-NASA, año 2000)

La información obtenida, fue complementada con datos históricos aportados por registros periodísticos publicados en medios de distribución local y datos obtenidos a partir de relevamiento a campo

HIDROGRAFIA

La cuenca del arroyo Mula Muerta se ubica a 59 Km. al Norte de la ciudad de Córdoba, en el departamento Totoral, pedanía de Sinsacate.

Limita al norte con la cuenca del río Pinto y al Sur con la cuenca del río Guanusacate. Estos sistemas si bien en la actualidad no se encuentran integrados el avance de sus explayamientos en dirección hacia el Este indican una tendencia evolutiva a la confluencia (Barbeito, Ryzewski et, al 2016.), teniendo como nivel de base la Laguna Mar Chiquita.

El arroyo Mula Muerta presenta una cuenca de aporte de 156,36 km² con desarrollo en las estribaciones finales vertiente oriental de la Sierra Chica y piedemonte. Sus tributarios se organizan en tres subcuencas principales regidas por el paso de cinco alcantarillas ubicadas en la traza de la ruta nacional 9 (RN9), de las cuales solo una presenta una red hidrográfica desarrollada y corresponde al arroyo Barranca Yaco con nacientes a los 1100 m.s.n.m en el sector serrano y dirección O-E.

En esta unidad el diseño de drenaje es dendrítico angular y desarrolla un curso principal definido; situación que se modifica al ingreso del piedemonte, donde se presenta discontinuo bajo un escurrimiento alternante entre mantiforme y concentrado en surcos y cárcavas. Estas últimas, localmente se encuentran regidas por las trazas de caminos terciarios o canalizaciones.

A los 30°51'58.8"S 64°04'46.9"O presenta un puente carretero, ubicado en el camino secundario que se dirige al monumento erigido en honor al caudillo riojano Facundo Quiroga, asesinado en 1835 en este paraje.

El lecho ordinario tiene una sección de 47m, y el puente solo 10m, por lo cual presenta sobrepasos laterales tanto a margen derecha como izquierda (Figura 1). Desde allí cambia el sentido de flujo hacia el sur para

luego retomar rumbo E-O y atravesar la alcantarilla del ferrocarril. Discurre por 1Km para tributar al arroyo mula muerta tras pasar por 3 alcantarillas situadas en la RN9.

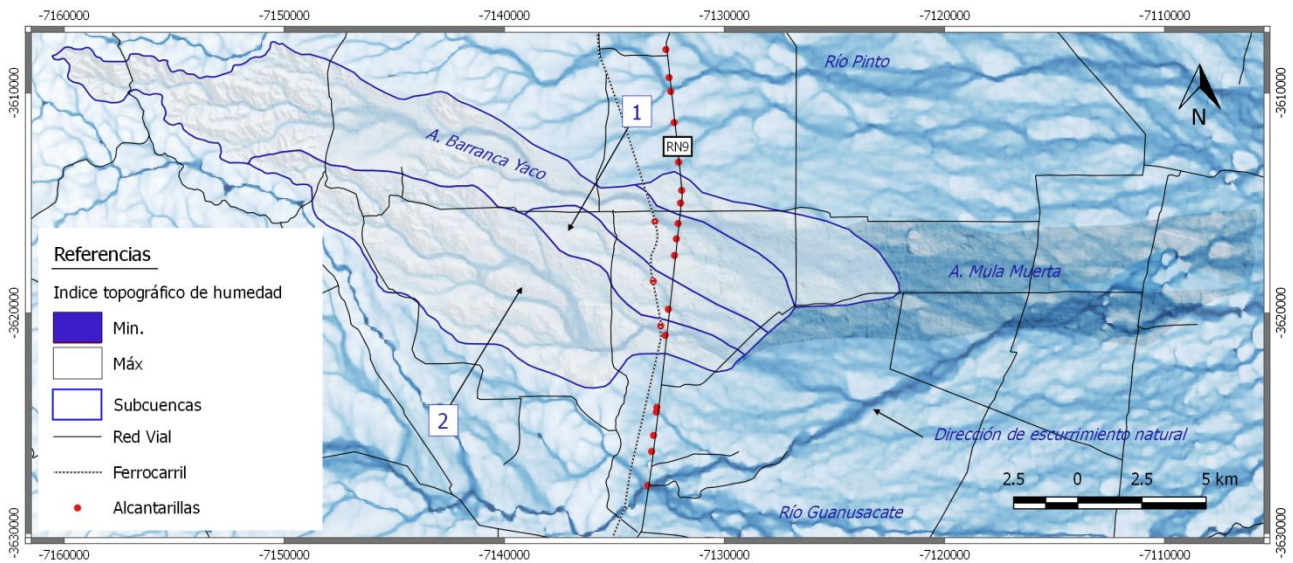


Figura 1 Cuenca Mula muerta y dirección el escurrimiento natural

Las otras dos subcuencas, están constituidas por sistemas de escorrentías concentradas y pseudoconcentradas que forman redes de cárcavas discontinúas regidas por bajos de fondo plano cóncavo asociadas al relieve de lomas de piedemonte. Al no contar con toponimia cartográfica o denominación por los habitantes locales, para su identificación y caracterización serán denominados 1 y 2, en sentido Norte –Sur (fig. 1).

La cuenca 1 abarca un área de 14,44 km², mientras que la 2 presenta un área de 64,71Km². En ambos casos los sistemas están constituidos por cárcavas discontinuas con longitudes variables que por sectores alcanzan un desarrollo de hasta 5 km. y 13 m de ancho.

Ambos sistemas se encauzan en 2 alcantarillas que concentran los escurrimientos, dando lugar a la formación de 2 cárcavas de entre 1,8 km. a 2,4 km. con un ancho variable que por sectores alcanza los 50 m.

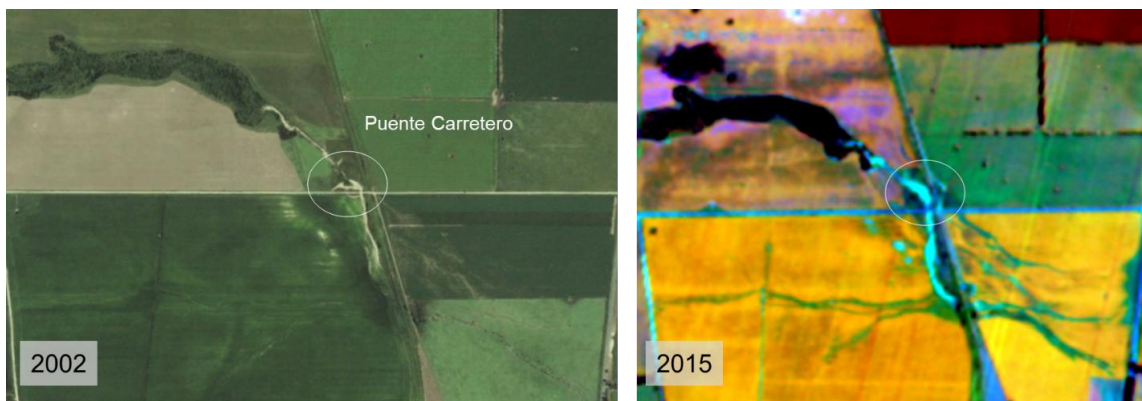


Figura 2. Sobrepasos laterales en puente carretero

De la unión de estos 3 tributarios nace el Arroyo Mula Muerta (Latitud: 30°54'35.72"S/ Longitud: 64° 2'24.21"O); su traza longitudinal responde a un antiguo camino terciario con rumbo paralelo al bajo

topográfico natural que debiera captar la escorrentía proveniente del ámbito serrano y de piedemonte. Hecho corroborado tanto por las entrevistas realizadas a los pobladores locales como por el análisis de cartas topográficas y por el Índice topográfico de humedad (Figura 1). Este parámetro cuantifica el control topográfico sobre los procesos hidrológicos, valores altos de ITH corresponden a zonas de concentración del escurrimiento (Alcántara-Ayala, 2000). Para su cálculo se combina la contribución al escurrimiento de un área local drenada y la pendiente de la misma.

Los resultados obtenidos, indican que la interferencia local de la red vial modifico, el sentido de escurrimiento ocasionando erosión acelerada por carcavamiento en el camino a los cometerias.

Desde su nacimiento solo recibe aportes laterales locales en forma de ejes de avenamiento con ausencia de álveos definidos que por sectores presentan cabeceras de carcavamiento en la confluencia con el cauce principal. Presenta un alto grado de sinuosidad, con tendencia al ensanchamiento y migración en curvas externas.

El cauce del arroyo Mula Muerta en su tramo inicial se presenta abarrancado, con márgenes de una altura aproximada del orden de los 6-8 m, y carga de fondo de arena gruesa. Los procesos fluviales activos son la migración ensanchamiento del cauce en este ámbito se ubicaba el colegio Capitán Díaz Vélez que colapso por erosión lateral en la creciente del año 2014.

A medida que nos acercamos al ápice de explayamientos la profundidad disminuye progresivamente hasta que en su parte más distal no presenta barrancas y solo es contenido lateralmente por bordos que realizaron los productores locales para evitar la inundación colmatación de suelos ante eventos de crecientes.

En cuanto a las alcantarillas ubicadas en la RN9 que dan origen a los tributarios principales de las cuencas 1 y 2, se observa una marcada inestabilidad por avance de erosión retrogradante y lateral. (Figura 3).

EROSIÓN HÍDRICA GEOLÓGICA NORMAL Y ACELERADA

La erosión hídrica es un proceso natural que se manifiesta por el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas del suelo por los agentes erosivos (Kirkby, 1984).

Es el proceso dinámico más relevante en los interfluvios distinguiéndose según el tipo en: salpicadura, laminar, en regueros y cárcavas. La erosión por Salpicadura se origina por el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, que genera la dispersión de las partículas que lo componen. En forma laminar, está asociada al escurrimiento mantiforme en relieves relativamente planos. Por último en áreas con aumento de pendiente ocasionada por escorrentía concentrada y pseudoconcentrada, produce erosión en regueros y en los bajos que actúan como ejes principales de captación del escurrimiento, se forman cárcavas.

La diferencia entre estas dos últimas es que las cárcavas no pueden ser remediadas con técnicas de laboreo convencionales y por sus dimensiones funcionan como ejes de avenamiento temporario durante o luego de fuertes precipitaciones (Osterkamp, 2008).

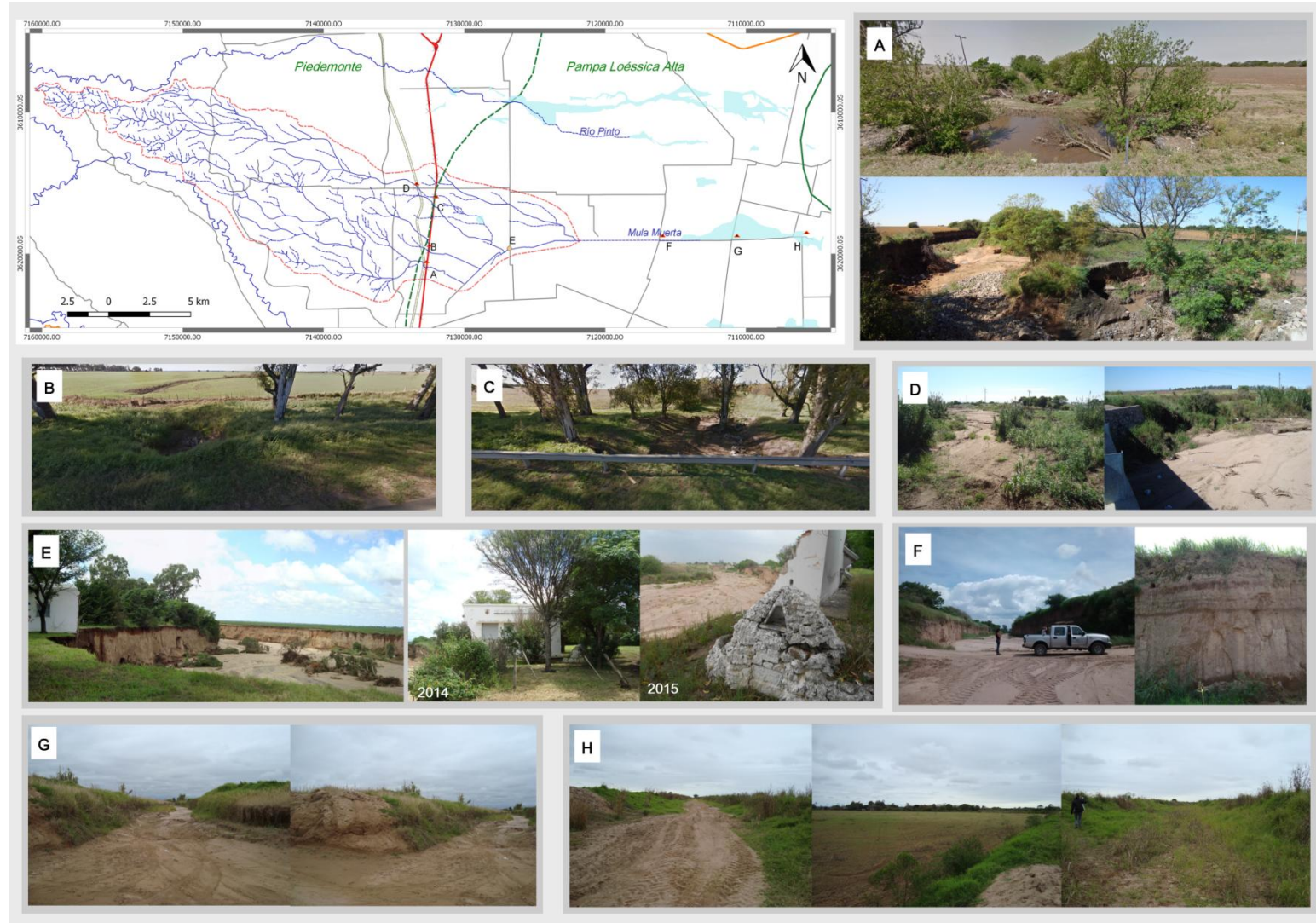


Figura 3:A) Arriba: Alcantarilla año 2013 - Abajo 2015. Presenta erosión acelerada., B y C) Alcantarillas año 2015 D) Puente ferroviario en Barranca Yaco, E) Derrumbe de colegio Capitán, Díaz Vélez año 2014 y comparativa de su evolución al año 2015 F) Cauce mula muerta alto grado de encajamiento.G) Mula muerta área de explayamientos y desbordes actuales H) Tramo final de los explayamientos. Productores locales realizaron bordos para contener y encauzar los derrames.

Cuando estos procesos se llevan a cabo en condiciones naturales se denomina erosión geológica normal, pudiendo ser considerada, como una forma más de conformación del relieve. Si la erosión se incrementa por factores antrópicos se manifiesta la erosión acelerada o inducida que implica una intensificación del proceso y un mayor desarrollo areal. (Figueroa et al., 1991)

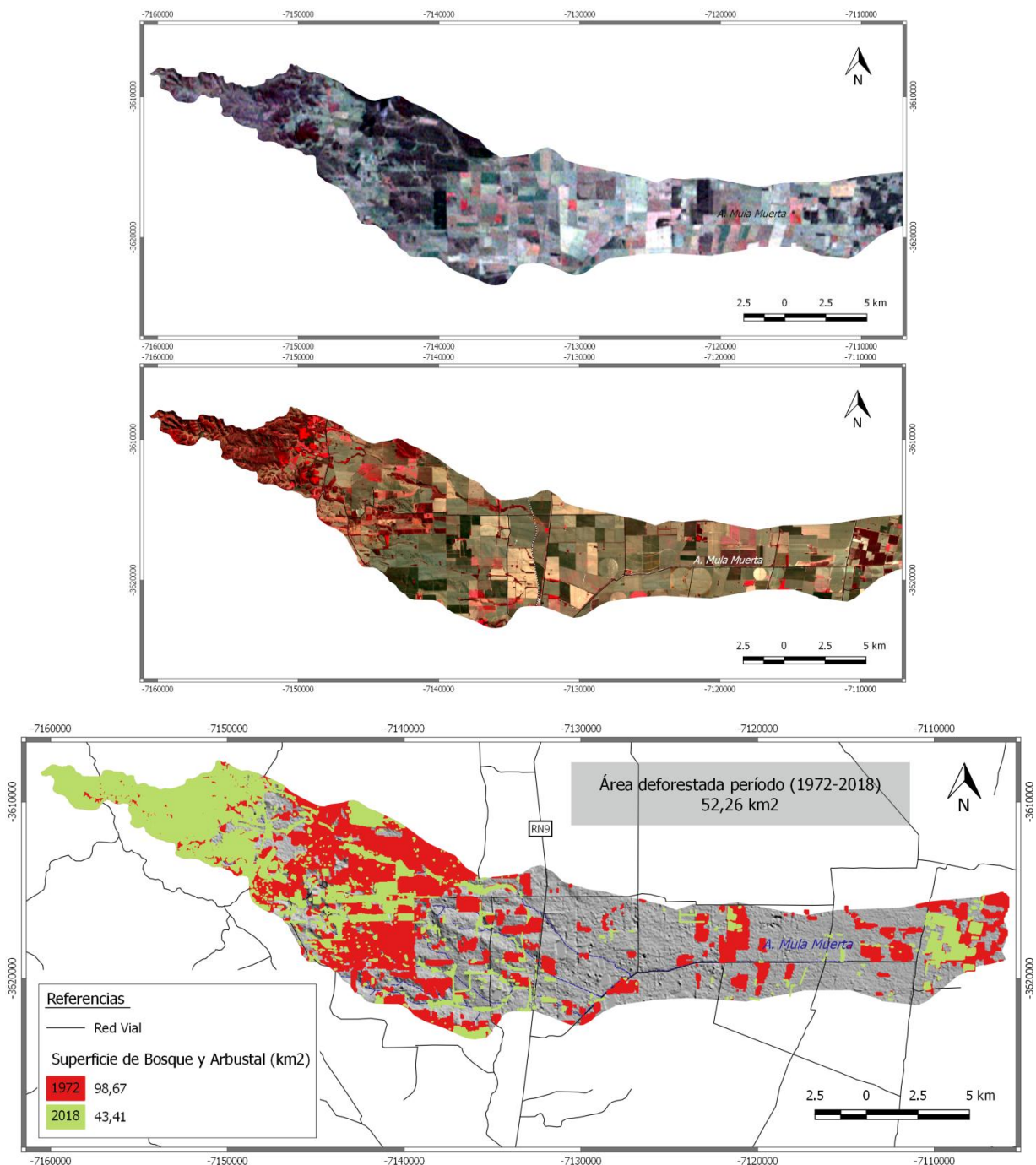


Figura 4. Arriba cobertura de bosque y arbustal año 1972. Medio año 2018 Abajo: Área deforestada en ese periodo. Fuente. Imagen landsat1 Path 245-246 Row 81-82 fechas :1 y 2 de septiembre de 1972. landsat 8 Path row229/81 fecha 17/06/18 combinación de bandas infrarrojo.

Existen dos factores principales que inciden en la aparición de procesos de erosión acelerada, el primero de ellos, corresponde a la pérdida de la protección hidrológica de la vegetación por desmonte y/o prácticas de

manejo inadecuadas. En segundo lugar, se encuentran las obras de infraestructura vial que interfieren en el escurrimiento superficial, modificando las líneas de escurrimiento naturales o concentrando escurrimiento en trazas de caminos y/o alcantarillas que actúan como ejes de avenamiento.

Una vez iniciada la formación de una cárcava su avance y consolidación se produce mediante tres procesos principales:

- 1) Avance longitudinal por erosión retrogradante de la cabecera por cavitación: esto significa que al producirse la caída de flujo de agua en el fondo de la cárcava, se genera una turbulencia en la base de la pared de la cabecera, que la socava y provoca su derrumbe.
- 2) encajamiento por erosión vertical.
- 3) erosión fluvial por ensanche y migración lateral en el sentido del flujo.

La cuenca bajo estudio se encuadra dentro de esta dinámica. Se realizó una clasificación supervisada de la cobertura de bosque y arbustal dentro de la cuenca mediante el método del vecino más próximo, para los años 1972 y 2018. Los resultados obtenidos indican que para el periodo analizado la superficie con esta cobertura se redujo 52,26 Km², lo que representa una disminución del 43,99% respecto del año 1972.

La deforestación si bien ya estaba presente en la imagen de 1972, se intensifica en los ambientes de piedemonte y en los valles de fondo plano cóncavo dejando los ejes de avenamiento naturales expuestos a los procesos erosivos.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA:

El sistema Mula Muerta tiene desarrollo en 3 ambientes geomorfológicos Montaña, Piedemonte y Llanura Oriental (Figura 5).

En el ambiente de Montaña, la cuenca presenta un escaso desarrollo y corresponde a las nacientes del arroyo Barranca Yaco que discurren sobre un basamento cristalino de edad precámbrica a paleozoica inferior, compuesto por rocas ígneas y metamórficas; Granitos, Monzogranitos y Paragneis. Completan el marco geológico en los valles secundarios estructurales y depresiones, rellenos coluvio-aluviales modernos con cubiertas discontinuas de depósitos eólicos (loess). El relieve es medio a suave con pendientes que oscilan entre 3-5% y el diseño de drenaje es dendrítico angular de densidad media.

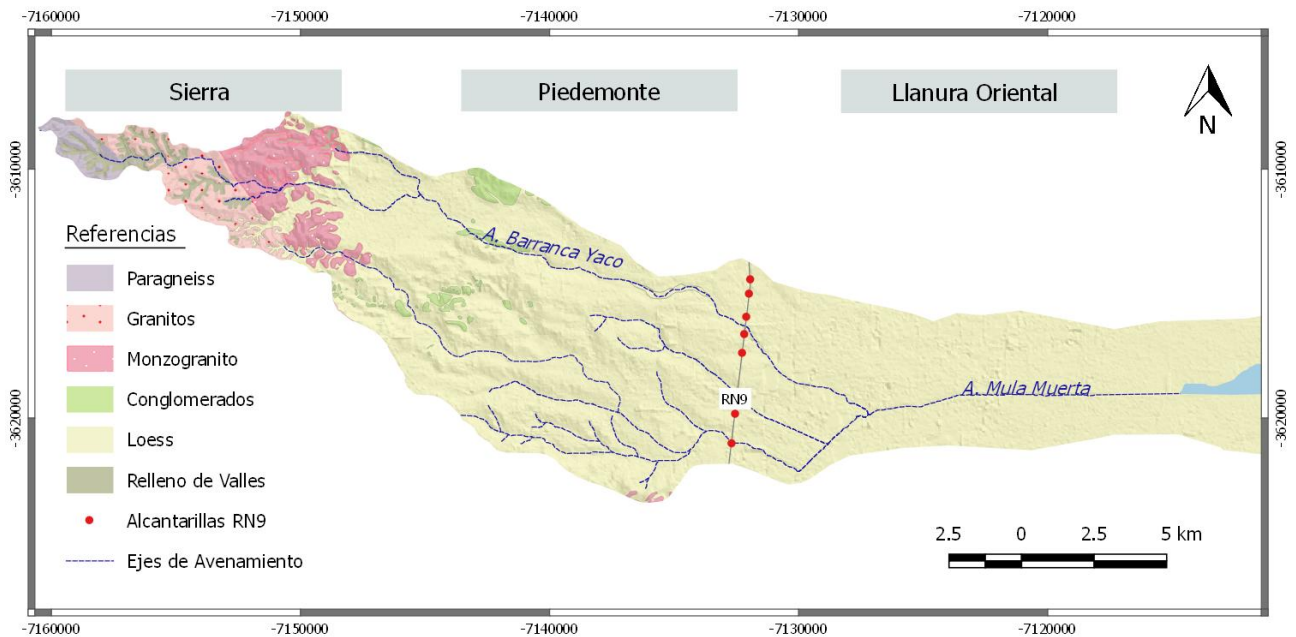


Figura 5. Bosquejo geológico geomorfológico cuenca Arroyo Mula Muerta .

En este ambiente la erosión hídrica se manifiesta en laderas de forma moderada en regueros. En valles de fondo plano cóncavo, donde la cubierta de vegetación natural ha sido eliminada por completo para el uso agrícola, se evidencia erosión hídrica acelerada concentrada en cárcavas en los ejes de avenamiento, con alta tendencia a la intensificación y generalización.

El piedemonte es un ambiente de transición entre la montaña y la llanura. Se caracteriza por presentar un relieve de lomas suaves, aisladas y separadas por valles amplios de fondo plano, con pendientes que oscilan entre 2- 3%. Los materiales geológicos se corresponden con depósitos coluvio-aluviales de edad cuaternaria (Conglomerados y Brechas), parcialmente obliterados por una cubierta de origen eólico (loess). En los valles de fondo plano se manifiestan los bajos topográficos plano-cóncavos que actúan como ejes de avenamiento concentrando el escurrimiento mantiforme proveniente de las lomas.

La fuerte alteración o eliminación completa de la cubierta de vegetación natural para el uso agrícola, sumado al paulatino incremento de las precipitaciones y a la ausencia de prácticas de conservación, condicionan la acción de la erosión hídrica acelerada en todas sus formas. La erosión laminar ligada al escurrimiento no-concentrado mantiforme se evidencia en análisis de fotos aéreas y/o imágenes satelitales por manchones claros por pérdida del horizonte orgánico de color más oscuro.

Por último el dominio de Llanura Oriental, desde el punto de vista estructural, se corresponde con un bloque de basamento cristalino basculado hacia el este por fallamiento profundo con pendientes variables entre el 2 al 0.5% (O-E).

El material geológico se trata de una cubierta limo-loésica potente con espesores mayores a los 30 m., a partir del cual evolucionaron suelos profundos de texturas medias. En esta unidad se integran los tributarios principales del sistema dando lugar al arroyo mula muerta.

TENDENCIA EVOLUTIVA Y SITIOS EN RIESGO

En respuesta a eventos hidrometeorológicos las cárcavas como geoformas de erosión hídrica concentrada, están sujetas a cambios bruscos, tanto a nivel del sistema como en la morfología del cauce. En el primer caso, el avance de los explayamientos en el sentido del flujo por encajamiento, sobrepaso y migración implica una ampliación de la cuenca de aporte. En el segundo, a partir de migración en curvas externas y ensanchamiento ajusta su diseño modificando su sinuosidad y sección.

En base al análisis temporal de imágenes satelitales para el periodo (1980-2015) se identificaron y cuantificaron estas dinámicas y su tendencia evolutiva para el A. Mula Muerta. Además se determinó el nivel de jerarquización de las cuencas tributarias por conexión de cárcavas discontinuas.

Avance de los explayamientos

En la fotografía aéreas del año 1970, se observa que el escurrimiento mantiforme y pseudoconcentrado de las actuales cuencas de aportes del sistema, se regían por el bajo natural ubicado debajo de la estancia Las Margaritas, y en parte de modo concentrado por el cordón cuneta paralelo al camino, en donde se inicia el proceso de carcavamiento (Figura 6).

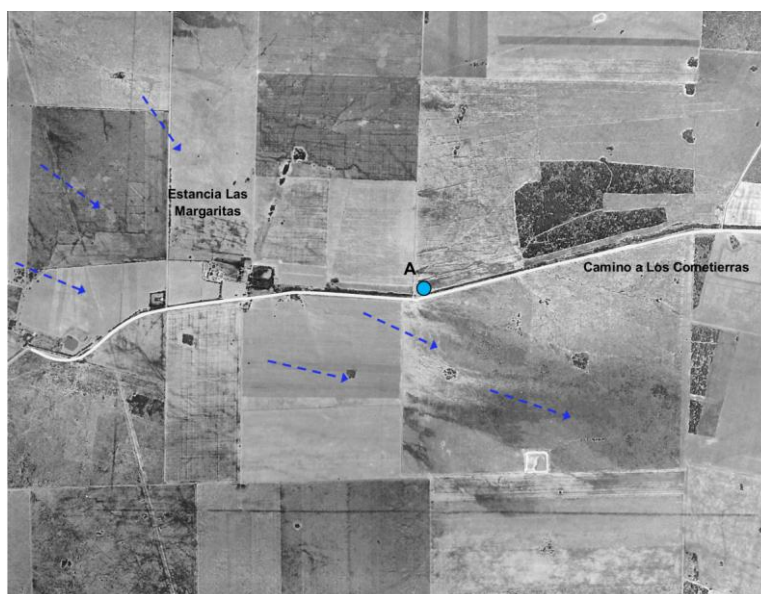


Figura 6.- Fotografía aérea año 1970 bajo natural que colectaba el escurrimiento superficial debajo de la Ea. Las Margaritas.(A). Inicio de erosión concentrada en cuneta del camino a los cometieras.

Ya en el año 1987, se observa una cárcava consolidada en la traza del camino, pero aún no se encontraba profundizada en su totalidad, presentando 3 ápices de explayamientos (Figura 7). Esta situación continua

hasta el año 1996 pero con un mayor desarrollo areal en el ubicado al este, lo que indicaría una mayor profundización del canal.

En el año 2004, se observo un solo ápice el cual migró hacia el este 1km hasta el año 2010. Desde entonces se encuentra estacionario, lo que indicaría que el sistema se encuentra en equilibrio con un nivel de base local en función de los caudales que puede erogar

A modo de síntesis en el periodo (1987-2018) el ápice de explayamientos migro 12km hacia el este (Figura 8).

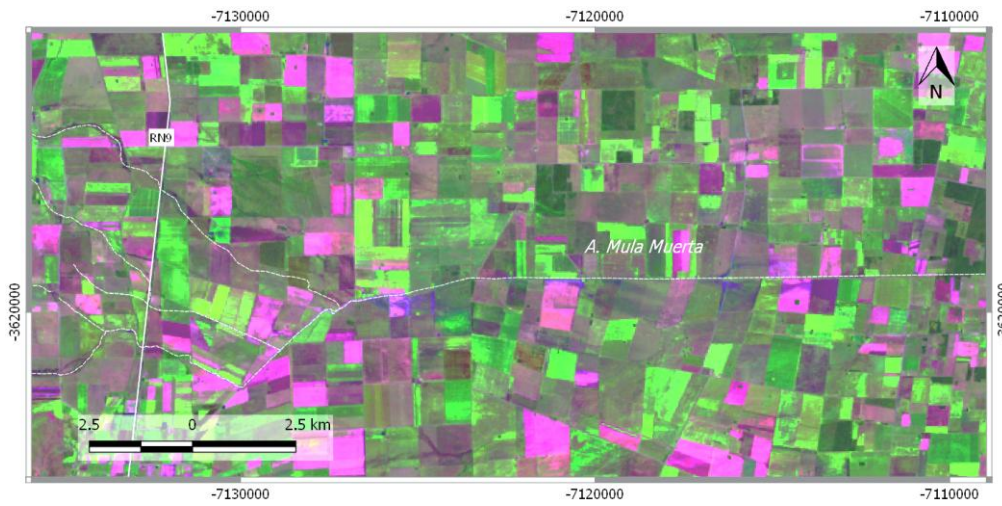


Figura 7.-Imagen Landsat 5 fecha de toma 22/01/1988 Path 229 Row 81. Combinación de bandas (5-4-3)

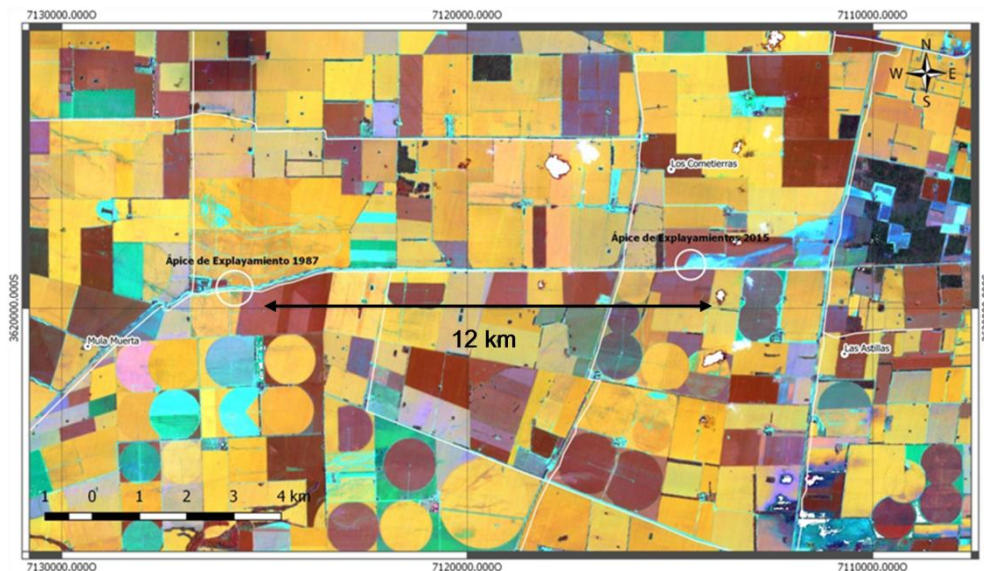


Figura 8. Migración Ápice de explayamientos en el periodo 1987-2018

Migración en curvas externas y ensanchamiento del A Mula Muerta.

En A mula muerta se analizó el ensanchamiento, y variaciones en su sinuosidad desde su inicio hasta el área de explayamientos.

En los primeros 9km presenta una sinuosidad marcada característica que se modifica desde allí, hasta el área de playamientos en donde su trazo es rectilíneo y presenta una menor profundidad.

Según la tendencia evolutiva de la migración y ensanchamiento del cauce, el tramo inicial del arroyo Mula Muerta presenta una marcada inestabilidad. En este ámbito se destaca la curva situada en el punto 30°54'2.06"S 64° 1'39.99"O, su desarrollo se encuentra condicionado por la traza original del camino terciario a los cometieras que en este sector describía una curva de 90°.

En la actualidad presenta migración en la curva externa que compromete al establecimiento rural observable en el punto A la figura 9 por erosión y colapso de margen izquierda.

Aguas debajo de él (punto B) se observa una curva con tendencia al estrangulamiento, lo que cambiaría las condiciones hidrodinámicas aguas arriba y abajo.

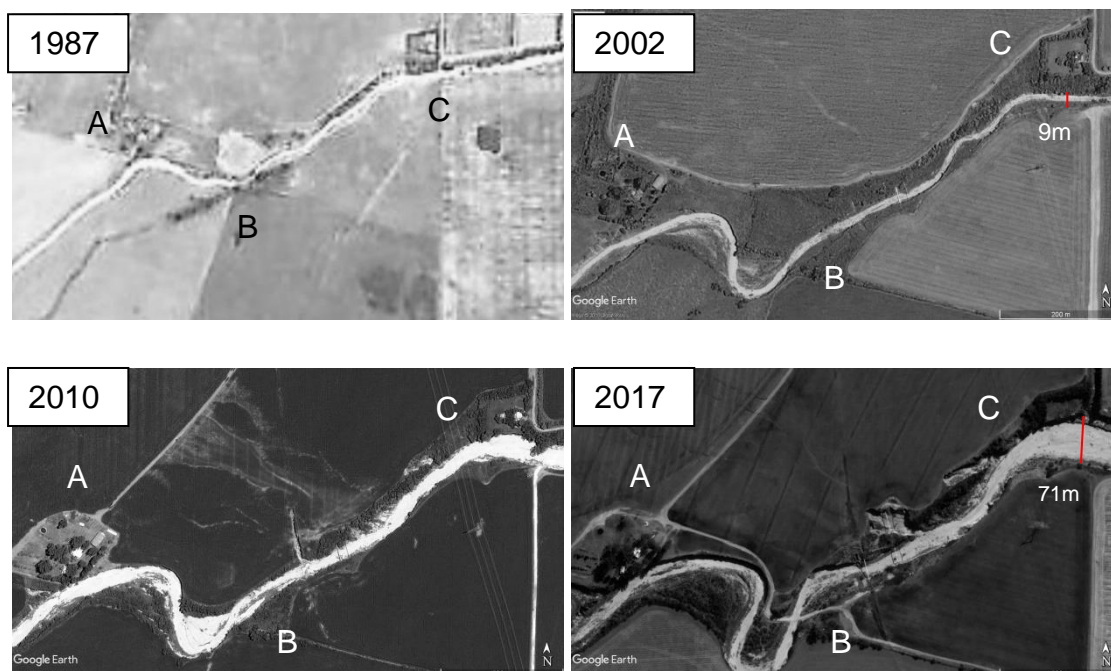


Figura 9.- Migración de curva con tendencia a estrangulamiento Camino Los Cometieras. Sitios críticos. A establecimiento rural. B estrangulamiento. C ensanchamiento que afecta a la estancia La Margarita. Fuente: imágenes Quickbird 2002-2010-2018 y fotografía aérea año 1987.

Finalmente en el punto c, por ensanchamiento en el año 2014 colapso el colegio Capitán Díaz Velez, en este sector la sección del cauce se incremento 62 m en el periodo 2002-2017 agua abajo se encuentra la estancia La Margarita que se ve comprometida por este proceso.

Jerarquización de las cuencas tributarias.

Para evaluar la dinámica de integración de las cárcavas se realizó un análisis temporal de imágenes satelitales correspondientes al período 2009-2015 en las cuencas de aporte del arroyo mula muerta. A partir

del cual se seleccionaron tres sitios en donde se presentó la máxima integración de los sistemas de cárcavas discontinuas.

En base a ello se puede concluir que el sistema en su conjunto tiende a jerarquizarse pasando de una red de cárcavas discontinuas a un sistema de drenaje integrado en vías de consolidación.

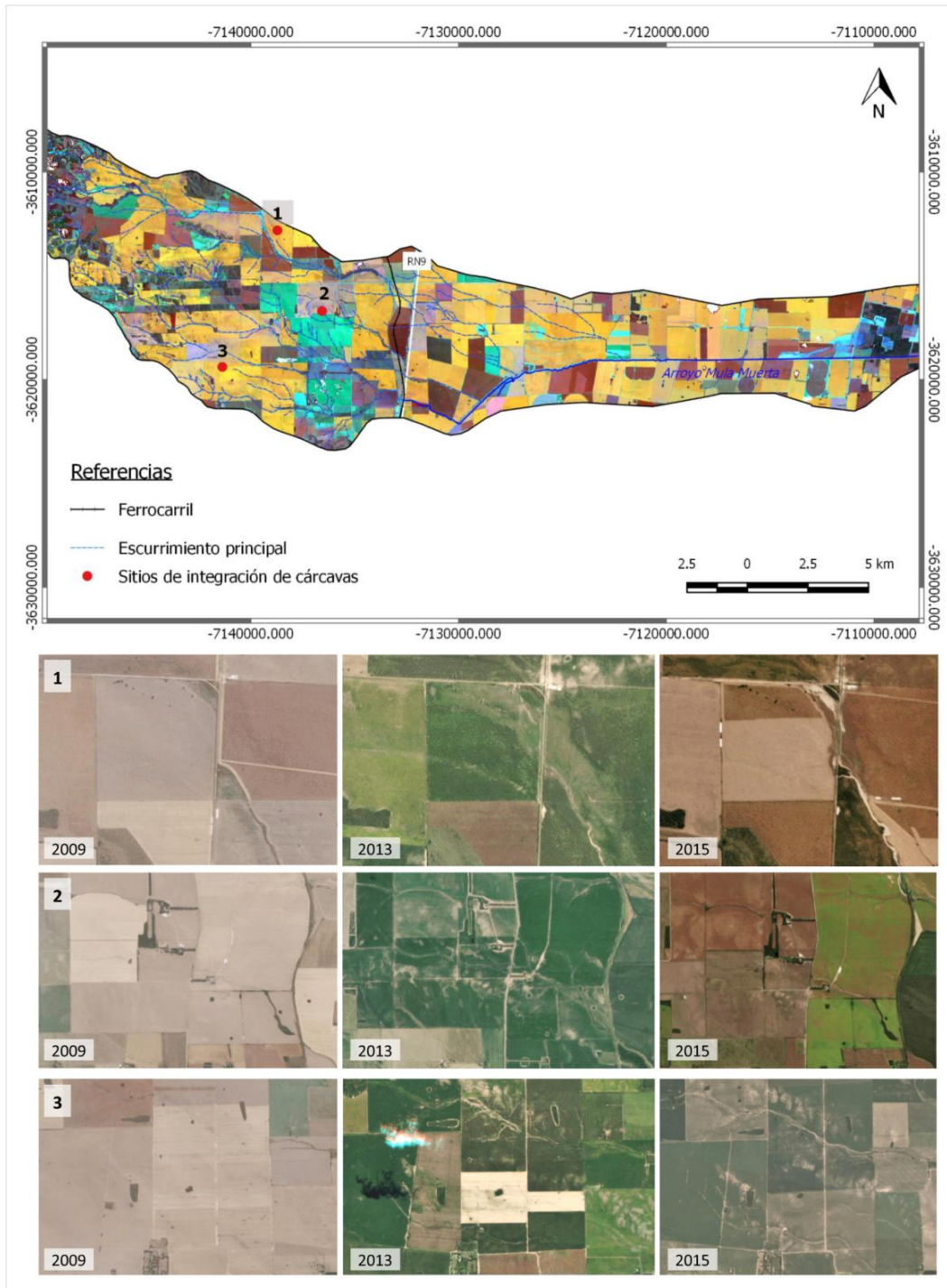


Figura 10.-Jerarquización de la red de drenaje en las subcuentas tributarias por integración de cárcavas discontinuas. Fuente . Imagen sport año 2015 e Imágenes Planet scope y RapidEye años: 2009, 2013y 2015

CONCLUSIONES

El arroyo Mula Muerta es un sistema fluvial de origen antrópico, desarrollado a partir de erosión hídrica acelerada por cárcavamiento, en un camino terciario con rumbo paralelo a un bajo que constituía el colector natural del sistema.

Como factores condicionantes de su desarrollo se destacan la pérdida de cobertura vegetal en el ambiente de piedemonte que generó variaciones en la relación infiltración –escorrentía y los pasos de las alcantarillas de la ruta nacional 9. Que definieron desde mediados de la década del 70, tres subcuentas de aporte principales al camino, concentrando el escurrimiento proveniente del piedemonte y sector distal de la vertiente oriental de la sierra chica en tres puntos, en los cuales se ha producido erosión acelerada, favorecida por el tipo de suelo existente en toda la región (loess), formando cárcavas y dejando fuera de servicio obras de retención.

Los resultados obtenidos indican que el sistema en su conjunto, funciona como un arroyo temporario cuya cuenca se encuentra en vías de jerarquización por integración progresiva de las cárcavas discontinuas que configuran su área de aporte. En el periodo 1987- 2018 el ápice de emplayamientos migró 12km hacia el este, desde el año 2010 pese a que hubo eventos hidrometeorológicos severos, se encuentra estacionario lo que indicaría que el sistema se encuentra en equilibrio con un nivel de base local en función de los caudales que puede erogar.

Los procesos generadores de amenaza corresponden a migración en curvas externas, ensanchamiento por erosión lateral y profundización del cauce que implican situaciones de peligrosidad a los establecimientos rurales ubicados en sus márgenes.

BIBLIOGRAFÍA:

Alcántara-Ayala, I. 2000. Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 17 (1): 66-75. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

Álvaro Gómez Gutiérrez, Susanne Schnabel y Francisco Lavado Contador (2011) procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la península ibérica Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 55 – 2011. I.S.S.N:0212-9456. (59-80p)

Barbeito, O., 2004. Estudio fotogeomorfológico de la tendencia evolutiva de los derrames de Sistema de los arroyos Los Mistoles, Macha y Simbolar desde el camino Cañada de Luque-Capilla de Siton, a la Laguna de Mar Chiquita. Informe inédito. Consorcio de Conservación de Aguas y Suelos Los Mistoles.

Barbeito, O.; S. Ambrosino; Rydzewski, A., 2016 Tendencia evolutiva del curso fluvial y amenaza asociada. Ríos pinto y carnero.

Figuroa et al 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH.Colegio de postgraduados.Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas .150p.

Kirkby, M. J. y R.P.C. Morgan 1984. Erosion de sielos .Ed Limusa.México 375p.

Osterkamp, W.R., 2008. Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology, USGS Open file Report 2008-1217, Reston, Virginia