



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA  
SAN JUAN BOSCO**

**Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud**

**Departamento de Geología**

**TRABAJO FINAL**

**“MODIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS EN EL  
ÁREA NATURAL PROTEGIDA ROCAS COLORADAS  
(CHUBUT, ARGENTINA) DURANTE EL TEMPORAL DE  
2017”**

Alumna: Lourdes Juárez

Directora: Geol. S. Mariela Ocampo

Co-Director: Dr. Nicolás Foix

Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina 2025



## ÍNDICE

<b>1) Resumen</b> .....	4
<b>2) Introducción</b> .....	5
<b>3) Objetivos</b> .....	6
<b>4) Área de estudio</b> .....	6
<b>5) Marco geológico y antecedentes</b> .....	7
<b>5.1) Geología regional</b> .....	7
<b>5.2) Geología local</b> .....	9
5.2.1) Estratigrafía cenozoica.....	9
<b>5.3) Geomorfología local</b> .....	14
<b>5.4) Área Natural Protegida “Rocas Coloradas”</b> .....	16
<b>5.5) Clima y evolución de las tormentas en la región</b> .....	16
<b>5.6) Morfometría fluvial</b> .....	20
<b>6) Metodología de trabajo</b> .....	22
<b>6.1) Trabajo de gabinete</b> .....	22
6.1.1) Visualización y detección de puntos de análisis .....	22
6.1.2) Mapeo geomorfológico.....	23
6.1.3) Detección de cambios .....	24
6.1.4) Mapa de vegetación .....	24
6.1.5) Mapa de pendiente .....	25
6.1.6) Cálculo de parámetros morfométricos .....	25
<b>6.2) Trabajo de campo</b> .....	27
<b>7) Resultados</b> .....	29
<b>7.1) Cuencas de drenaje</b> .....	35
<b>7.2) Procesos geomorfológicos</b> .....	40
<b>7.2.1) Procesos erosivos</b> .....	41
7.2.1.1) <i>Rills</i> (codificación FL-R) .....	41
7.2.1.2) Cauces y cárcavas (codificación FL-C) .....	42
7.2.1.3) Modificaciones RPNº1 (codificación FL-RP) .....	45
<b>7.2.2) Procesos depositacionales</b> .....	51
7.2.2.1) Depositación en fondos de valle (codificación FL-C) .....	51
7.2.2.2) Deltas (codificación FL-De) .....	53
7.2.2.3) Abanicos aluviales (codificación FL-AA) .....	60
<b>7.2.3) Movimientos de remoción en masa</b> .....	65
7.2.3.1) Flujos de tierra (codificación RM-F) .....	65



7.2.3.2) Deslizamientos (codificación RM-D).....	70
<b>7.3) Integración de la información .....</b>	<b>77</b>
<b>8) Discusión .....</b>	<b>79</b>
8.1) Cuencas de drenaje.....	79
8.2) Procesos geomorfológicos .....	83
8.3) Daños e impacto social .....	87
<b>9) Conclusiones .....</b>	<b>87</b>
<b>10) Agradecimientos .....</b>	<b>88</b>
<b>12) Anexos .....</b>	<b>100</b>
I) Inventario de cambios en el paisaje sobre el ANPRC:.....	100
II) Clasificación de parámetros morfométricos: .....	105



### 1) Resumen

Este trabajo estuvo dedicado a caracterizar las modificaciones geomorfológicas ocurridas en el Área Natural Protegida “Rocas Coloradas” (Chubut, Argentina) durante el temporal de lluvia que afectó la región oriental de Chubut en marzo-abril de 2017. De manera complementaria, se cuantificaron y describieron los cambios asociados a la lluvia intensa de septiembre de 2022. Para ello, se realizó un trabajo que incluyó la caracterización morfométrica de las cuatro cuencas de drenaje que ocupan el área de estudio (Bajo Palangana, Segundo Zanjón, Bahía Tiburón y Cañadón Pilar) y la confección de mapas de pendientes e índice normalizado de vegetación (NDVI). En base a la comparación de imágenes satelitales históricas de acceso libre, se reconocieron y caracterizaron 174 cambios geomorfológicos durante la tormenta. Cada uno de los puntos fue ubicado y codificado en un Sistema de Información Geográfica (QGIS) según los procesos geomorfológicos dominantes: 1) procesos erosivos (*rills*, cauces y cárcavas; N: 112), 2) procesos depositacionales (depósitos sobre fondo de valle, deltas y abanicos aluviales; N: 27), y 3) movimientos en masa (flujos de tierra y deslizamientos; N: 34). Los resultados más destacados incluyen: i) un tercio de los cambios geomorfológicos estuvieron concentrados sobre la traza de la RPN<sup>o</sup>1, ii) la mayoría de los rasgos erosivos asociados a sistemas fluviales efímeros estuvieron en la zona de cabecera de las cuencas, iii) la depositación aluvial ocurrió en forma de explayamientos dentro de valles fluviales o abanicos aluviales, iv) los deslizamientos estuvieron concentrados sobre laderas de valles fluviales y sectores costeros, v) *rills* y flujos de tierra tuvieron lugar en zonas de altas pendientes, y en vi) no hubo relación entre las dimensiones de los deltas transitorios generados durante las lluvias con el tamaño de las cuencas de drenaje.

Las modificaciones del paisaje reconocidas en el ANPRC con relación al temporal de 2017 fueron similares a las reconocidas en Comodoro Rivadavia por otros autores. Por último, se considera que la información elaborada en este trabajo constituye un nuevo aporte al entendimiento de la evolución geomorfológica de la región durante eventos de lluvias extremas. Los resultados obtenidos podrían ser un insumo de utilidad en la planificación de obras civiles y actividades turísticas dentro del ANPRC.



## 2) Introducción

Durante los meses de marzo y abril de 2017, Comodoro Rivadavia y sus alrededores experimentaron una de las peores catástrofes climáticas registradas, con consecuencias devastadoras para la ciudad (Paredes et al., 2020). La reactivación de los sistemas fluviales efímeros que atraviesan el sector urbano dio lugar a eventos de inundaciones repentinas, conocidas como *flash-floods*, que causaron daños económicos y sociales significativos (Paredes et al., 2017, 2020, 2021a; Foix et al., 2017; Paredes y Ocampo, 2019; Ocampo et al., 2019; Cortés, 2022). Sobre las cabeceras de las cuencas de drenaje se formaron nuevas cárcavas, ensanchamiento en los arroyos efímeros, y el transporte en suspensión de grandes volúmenes de sedimento que se depositaron en las zonas peri-urbanas por desbordamiento de los canales (Paredes et al., 2017). Asimismo, la gran cantidad de sedimento transportado a grandes velocidades provocó el taponamiento y rotura de desagües pluviales y alcantarillas como lo ocurrido en la calle Petrolero San Lorenzo y Ruta Nacional N°3 (Cortés, 2022). Los procesos de remoción en masa ocurrieron en las laderas empinadas, incluyendo deslizamientos, caídas de rocas y flujos de barro y detritos, afectando la urbanización situada al pie del talud (Cortés, 2022). Los sedimentos más finos que llegaron hacia la costa atlántica generaron formas deltaicas transitorias de hasta 500 metros de ancho sobre la desembocadura de los arroyos que atraviesan la ciudad (Paredes et al., 2017, 2020).

En esta contribución, se analizaron los cambios geomorfológicos ocurridos entre los años 2017 y 2022 en el Área Natural Protegida Rocas Coloradas (ANPRC), ubicada a 36 kilómetros al norte de la ciudad de Comodoro Rivadavia. Utilizando imágenes del satélite Landsat 8 y el visualizador *Google Earth*, se identificaron daños severos en toda el área mencionada, siendo más evidentes a lo largo de la Ruta Provincial N°1. Aunque los daños económicos y sociales no alcanzaron la magnitud de los sufridos en la ciudad (por no ser una zona urbana), sí afectaron la transitabilidad de una ruta provincial y la accesibilidad a estancias de la zona. Además de la dinámica fluvial, también se observaron fenómenos de remoción en masa, como deslizamientos, caída de bloques y flujos de tierra (Ocampo et al., 2019).

En septiembre de 2022, un nuevo evento meteorológico asociado con lluvias intensas magnificó las geformas generadas en 2017 y dio lugar a nuevas modificaciones en el paisaje.



### 3) Objetivos

Los objetivos generales del Trabajo Final son identificar, caracterizar y cuantificar las modificaciones geomorfológicas que sufrió el ANPRC durante el temporal del año 2017, mediante la aplicación de técnicas geomáticas y relevamiento de campo. Para ello se realizó un inventario de los daños ocurridos y una interpretación genética de los mismos. La propuesta incluyó los siguientes objetivos específicos:

- a) Reconocer y cuantificar los cambios geomorfológicos del área de estudio.
- b) Caracterizar y mapear las principales geoformas modificadas.
- c) Utilizar el Análisis de Componentes Principales (PCA) para detección de cambios mediante procesado de imágenes.
- d) Evaluar los parámetros morfométricos de cuatro cuencas de drenaje.
- e) Identificar y establecer relaciones genéticas y litológicas de los procesos geomorfológicos.

### 4) Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo sobre la superficie continental del ANPRC (569 km<sup>2</sup>), ubicada al sureste de la provincia de Chubut, sobre el Flanco Norte de la cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ). El ANPRC se encuentra ubicada a unos 36 km al norte de Comodoro Rivadavia y a unos 18 km del barrio Caleta Córdova. Se accede por la Ruta Provincial N°1 (bordeando el litoral costero) y por la Ruta Nacional N°3 desde el oeste. El ANPRC se encuentra limitada al oeste por la Ruta Nacional N°3, al sur por Bahía Solano, al norte por Puerto Visser y al este por el Mar Argentino (Figura 1).

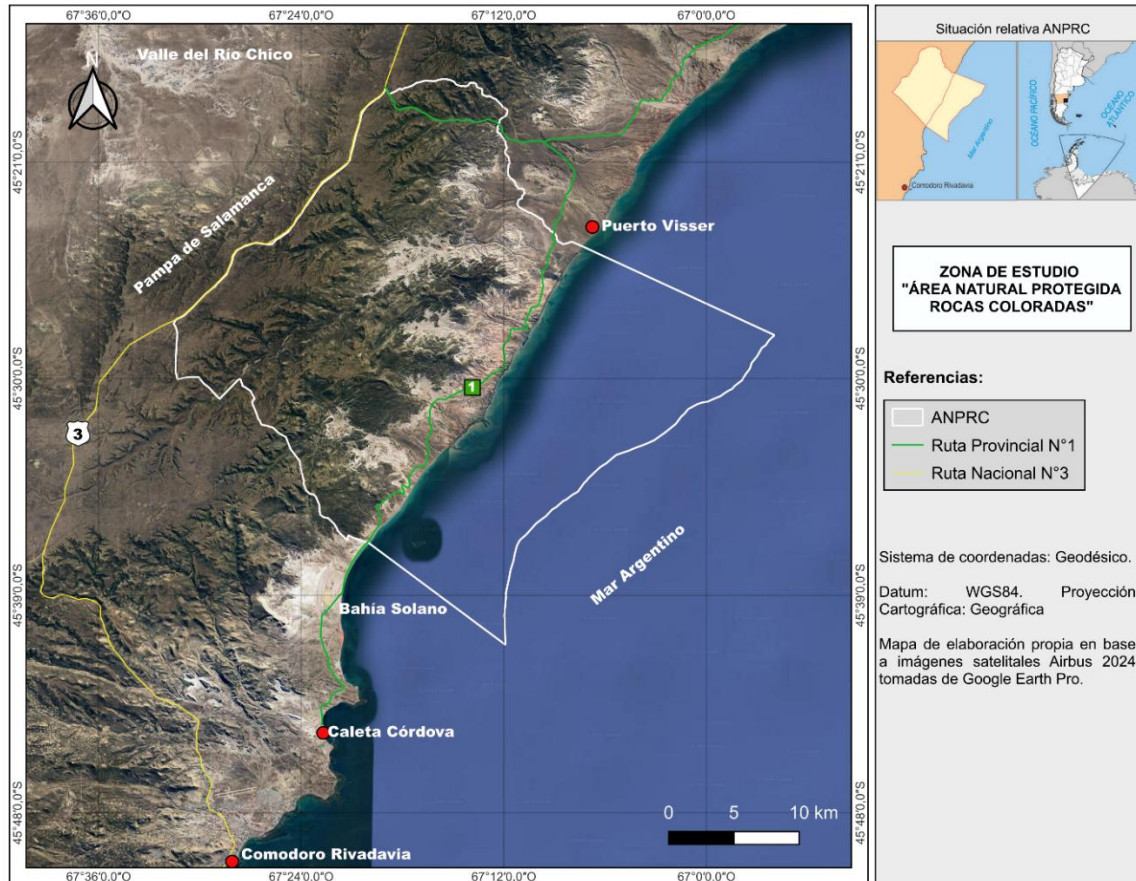


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

## 5) Marco geológico y antecedentes

### 5.1) Geología regional

El área de estudio se encuentra en el sector noreste de la CGSJ, la cual limita al norte con el Macizo Norpatagónico o de Somuncurá y la cuenca de Cañadón Asfalto, al oeste con la Cordillera de los Andes o la Precordillera Patagónica, y al este con la plataforma marina bajo la superficie del Océano Atlántico Sur (Figari *et al.*, 1999). La cuenca se divide en cinco sectores en base a su estilo estructural: Sector Oriental (Flanco Norte, Centro y Flanco Sur), la Faja Plegada de San Bernardo y el Sector Occidental (Figari *et al.*, 1999; Sylwan *et al.*, 2011) (Figura 2). La zona de estudio se encuentra ubicada sobre el Flanco Norte de la CGSJ, un sector caracterizado por fallas normales principales con orientación O-E e inclinaciones al sur (Figari *et al.*, 1999).

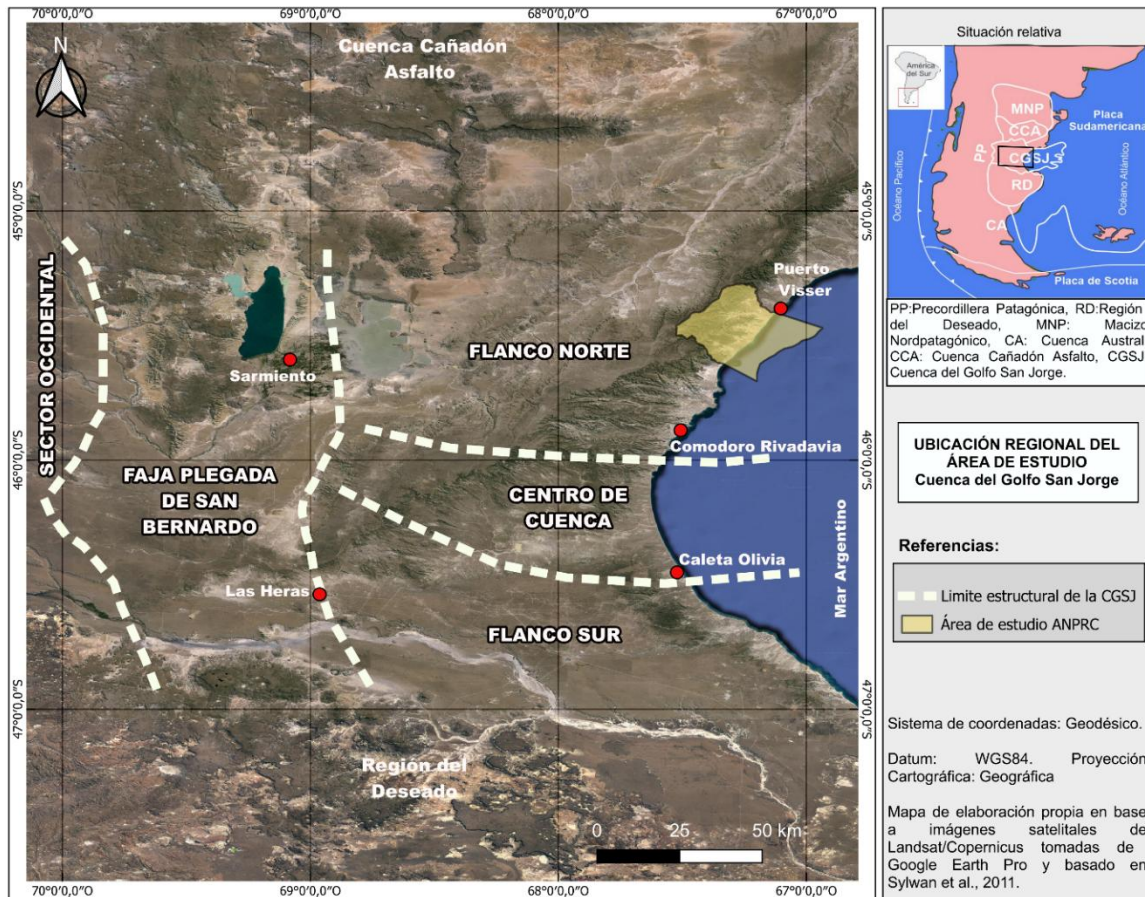


Figura 2. Ubicación del área de estudio en el Flanco Norte de la CGSJ. Límites estructurales tomados de Figari et al. (1999).

El basamento de la CGSJ se compone de rocas de diverso tipo y edad. Entre ellas se encuentran rocas ígneo-metamórficas paleozoicas y sedimentitas del Jurásico Inferior (liásico) (Clavijo, 1986; Sylwan et al., 2011). El relleno de la cuenca inicia con las secuencias volcánicas y volcanoclásticas de edad Jurásica Media a Superior (Fitzgerald et al., 1990; Figari et al., 1999; Sylwan et al., 2011) del Complejo Volcánico Sedimentario (Clavijo, 1986). A estas rocas le sigue el Grupo Las Heras o “Neocomiano” (Lesta et al., 1980; Figari et al., 1999), caracterizado por depósitos lacustres del Cretácico inferior que rellenan los hemigrábenes más importantes. El relleno principal de la cuenca corresponde a las rocas cretácicas del Grupo Chubut (Lesta y Ferello, 1972; Paredes et al., 2021b), caracterizado por rocas continentales con abundancia de material volcanoclástico. Su registro comienza con los depósitos lacustres de la Formación Pozo D-129 (Clavijo, 1986; Paredes et al., 2021b), que engranan lateralmente con los depósitos ambiente fluvial de la Formación Matasiete (Paredes et al., 2007, 2021b). Por encima, se depositaron los sistemas fluviales con alto contenido volcanoclástico de la Formación Castillo (Paredes et al., 2015a, 2021b). La columna



estratigráfica continúa con la Formación Bajo Barreal (Lesta y Ferello, 1972), compuesta por una sección basal tobácea y una superior pelítica de origen fluvial (Paredes *et al.*, 2021b). En concordancia y de manera transicional con la Formación Bajo Barreal, se depositó la Formación Laguna Palacios, compuesta por depósitos volcanoclásticos continentales de colores anaranjados – amarillentos con abundantes paleosuelos. La última unidad es la Formación Lago Colhué Huapi (Casal *et al.*, 2015), caracterizada por sistemas fluviales con canales aislados y planicies de inundación limo arcillosas de color rojizo (Figura 3).

La columna estratigráfica se completa con rocas cenozoicas (Figura 3), cuyo espesor y distribución varían significativamente con la posición de la cuenca (Foix *et al.*, 2021), desarrolladas con mayor detalle en el apartado siguiente.

## 5.2) Geología local

Las rocas cenozoicas que afloran sobre el área de estudio fueron depositadas en condiciones de margen pasivo (Legarreta *et al.*, 1990; Legarreta y Uliana, 1994; Sylwan *et al.*, 2011), con hundimientos localizados controlados por reiteradas reactivaciones extensionales (Giacosa *et al.*, 2004; Foix *et al.*, 2012; Paredes *et al.*, 2015b, entre otros). Sin embargo, en el ámbito de la Faja Plegada de San Bernardo el registro cenozoico se desarrolló en un contexto de antepaís fragmentado (Gianni *et al.*, 2018).

El aporte volcanoclástico afectó significativamente las condiciones paleoecológicas y sedimentarias dominantes en los ambientes continentales del Paleógeno (Bellosi 2010; Bellosi *et al.*, 2010). Por otro lado, diversos episodios efusivos/intrusivos de rocas básicas alcalinas completan el registro Cenozoico de la cuenca (Chelotti, 1997, Paredes *et al.*, 2008; Foix *et al.*, 2014; Plazibat *et al.*, 2019).

### 5.2.1) Estratigrafía cenozoica

Formación Salamanca: la Formación Salamanca (Lesta y Ferello 1972) es una unidad de origen marino vinculada a la primera ingesión marina atlántica en la CGSJ. Los datos bioestratigráficos de afloramiento indican que la transgresión tuvo lugar durante el Daniano (Náñez y Malumián, 2008; Simeoni, 2014, Clyde *et al.*, 2014, entre otros). Sin embargo, Barcat *et al.* (1989) determinaron edades maastrichtianas por la presencia de nanofósiles a partir de información de pozos. Esta unidad se apoya sobre las rocas cretácicas continentales del Grupo Chubut (Clyde *et al.*, 2014; Foix *et al.*, 2015; entre otros). Feruglio (1949) distinguió cuatro miembros informales: a) Glauconítico



(areniscas cuarzosas y glauconíticas estuáricas), b) Fragmentosa (arcilitas marrones y grises de plataforma), c) Banco Verde (areniscas glauconíticas litorales), y d) Banco Negro Inferior (pelitas gris oscuras de pantano). Los niveles cuspidales de la unidad, incluyendo el Banco Negro Inferior, fueron agrupados dentro de un intervalo denominado “Niveles transicionales” por Raigemborn *et al.* (2010). Dentro del ANPRC, la Formación Salamanca aflora desde Punta Norte hacia el norte en el ámbito costero (Figura 4), reconociéndose la Fragmentosa, Banco Verde y Banco Negro Inferior.

Grupo Río Chico: el Grupo Río Chico (Legarreta y Uliana, 1994; Raigemborn *et al.*, 2010) está conformado por las formaciones: Las Violetas, Peñas Coloradas, Las Flores y Koluel-Kaike. En el área de estudio afloran las siguientes unidades: a) Formación Las Violetas, correspondiente a un sistema fluvial con canales entrelazados mantiformes, depósitos de flujos no encauzados y extensas planicies de inundación con paleosuelos (Andreis *et al.*, 1975; Raigemborn *et al.*, 2010; Foix *et al.*, 2013; Raigemborn y Beilinson, 2020); b) Formación Las Flores, de edad Ypresiano-Lutetiano (Krause *et al.*, 2017), interpretada como un sistema fluvial de moderada a alta sinuosidad con planicies de inundación parcialmente pedogenizadas (Raigemborn *et al.*, 2010, Krause *et al.*, 2010); c) Formación Peñas Coloradas, representa un sistema fluvial con canales de sinuosidad moderada a alta y extensas planicies de inundación (Raigemborn *et al.*, 2010; Foix *et al.*, 2021). Las rocas del Grupo Río Chico se formaron en condiciones climáticas cálidas y húmedas que permitieron el desarrollo de abundante vegetación (Brea y Zucol, 2006). La unidad completa comprende el lapso Daniano medio a Eoceno medio, en base a dataciones más recientes (Woodburne *et al.*, 2014; Krause *et al.*, 2017). En el área de estudio, estas rocas rojizas afloran ampliamente en el ámbito pedemontano del faldeo oriental de la pampa de Salamanca (Figura 4), dándole nombre al ANPRC.

Formación Sarmiento: la Formación Sarmiento (Feruglio, 1938, 1949) se caracteriza por sus afloramientos de colores blancos y grises, pobremente estratificados, compuestos de tobas poco coherentes, bentonitas y algunas lentes arenosas y conglomerádicas (Legarreta y Uliana, 1994; Krause *et al.*, 2017). Esta unidad posee un gran aporte piroclástico proveniente del arco magmático andino (Mazzoni, 1979, 1985) y su contenido fósil de mamíferos terrestres de importancia bioestratigráfica para Sudamérica (Madden *et al.*, 2010); comprende un lapso temporal entre el Eoceno medio



y el Mioceno temprano (Madden *et al.*, 2010). Las exposiciones en el ANPRC se observan al pie del faldeo de la Pampa de Salamanca y en la base del Pico Salamanca, aunque suelen ser de mala calidad por estar vegetados, deslizados o cubiertos por sedimentos modernos (Figura 4).

Formación Chenque: la Formación Chenque (Bellosi 1990; Paredes, 2002) representa depósitos de ambiente marino poco profundos de edad Miocena temprana (Bellosi, 1987; Malumián 1999). Cuitiño *et al.* (2015) le asignan un rango temporal entre 15-19 Ma a partir de edades  $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$  obtenido de valvas de ostras. Se compone principalmente de areniscas, arcilitas y calizas bioclásticas (coquinas). Bellosi y Barreda (1993) reconocieron cinco secuencias depositacionales transgresivas-regresivas, con una abundante fauna de invertebrados fósiles (Del Río *et al.*, 2002), especialmente rica en ostras y moluscos. En el área de estudio, aflora de forma completa sobre Pico Salamanca (Andreis *et al.*, 1975; Sciutto *et al.*, 2000) y el faldeo de la Pampa de Salamanca (Figura 4).

Formación Santa Cruz: la Formación Santa Cruz (Furque y Camacho, 1969) es de origen continental y está representada por depósitos fluviales – eólicos (Bellosi, 1995; Oporto Romero y Paredes, 2022) de edad Miocena media (Cuitiño *et al.*, 2015; Foix *et al.*, 2021). Se constituye predominantemente por areniscas grises y amarillentas, con conglomerados, fangolitas y tobas, depositadas en sistemas mixtos y continentales (Oporto Romero y Paredes, 2022). La sección inferior se caracteriza por facies de planicies costeras vinculadas a un sistema estuarino a deltaico (Bellosi, 1995; Bellosi y Jalfin, 1996), mientras que en la parte alta predominan sistemas eólicos de duna-interduna con intercalación de depósitos fluviales (Oporto Romero y Paredes, 2022). Sus depósitos constituyen el registro mioceno regresivo de la CGSJ, en coincidencia con el ascenso de los Andes Patagónicos y los consecuentes cambios climáticos (Bellosi, 1995). Su contenido fósil de mamíferos permitió establecer su edad santacruciana (Simpson, 1940, Vizcaíno *et al.*, 2012). En el área de estudio, esta unidad sólo aflora en la parte más alta del Pico Salamanca y del faldeo de la Pampa de Salamanca (Figura 4).

Rodados Patagónicos: Esta denominación es utilizada para niveles gravosos miopliocenos que conforman los relieves mesetiformes o “pampas” del sector sureste de la



provincia de Chubut (Césari y Simeoni, 1994, Sciutto *et al.*, 2008). Martínez *et al.* (2020) denominan estos niveles como “Gravas aluviales antiguas del río Chico”. En referencia a la génesis, aunque inicialmente considerados de origen fluvio-glacial (Césari y Simeoni, 1994, entre otros), Martínez y Coronato (2008) los interpretan como niveles fluviales. La sucesión fluvial presenta una potencia variable, desde pocos metros hasta más de 20 metros en los sectores de mayor potencia. Su composición clástica es variable, los primeros estudios llevados a cabo por Fidalgo y Riggi (1965) mencionan la presencia de: rocas volcánicas (riolitas, dacitas, andesitas, basaltos), plutónicas (granitos, gabros), sedimentarias y metamórficas. Estos mantos de grava se extienden desde el eje cordillerano por toda la Patagonia extrandina alcanzando la costa atlántica (Martínez y Kutschker, 2011). La elevada consolidación de estos niveles de grava está conferida por cementación carbonática de origen pedogenético (Bouza, 2012). Dentro del área de estudio, estos depósitos se encuentran coronando la Pampa de Salamanca (Figura 4), el principal nivel terrazado de la zona.

Depósitos holocenos: por encima de los Rodados Patagónicos se disponen depósitos modernos de ambientes fluviales, eólicos, aluviales y costeros, con presencia de cordones litorales y playas gravosas (Sciutto *et al.*, 2000). En muchas ocasiones, los depósitos holocenos y modernos están constituidos por el retrabajo de los Rodados Patagónicos (ej. cubiertas de pedimentos, cordones litorales y playas). Esta relación genética ha sido estudiada para las playas chubutenses a partir de la composición mineralógica de los clastos (Bunicontro *et al.*, 2017). Entre los depósitos modernos más frecuentes en el área de estudio se destacan los relacionados a movimientos de remoción en masa (Figura 4).

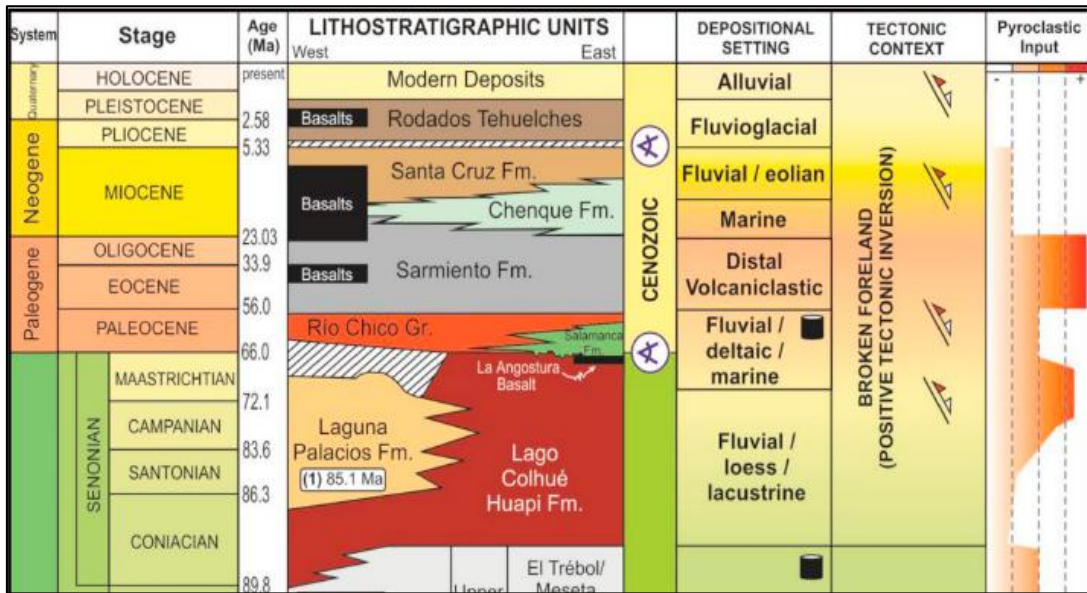


Figura 3. Columna estratigráfica de la cuenca del Golfo San Jorge (Cretácico Superior-Cenozoico) (tomado de Foix *et al.*, 2020).

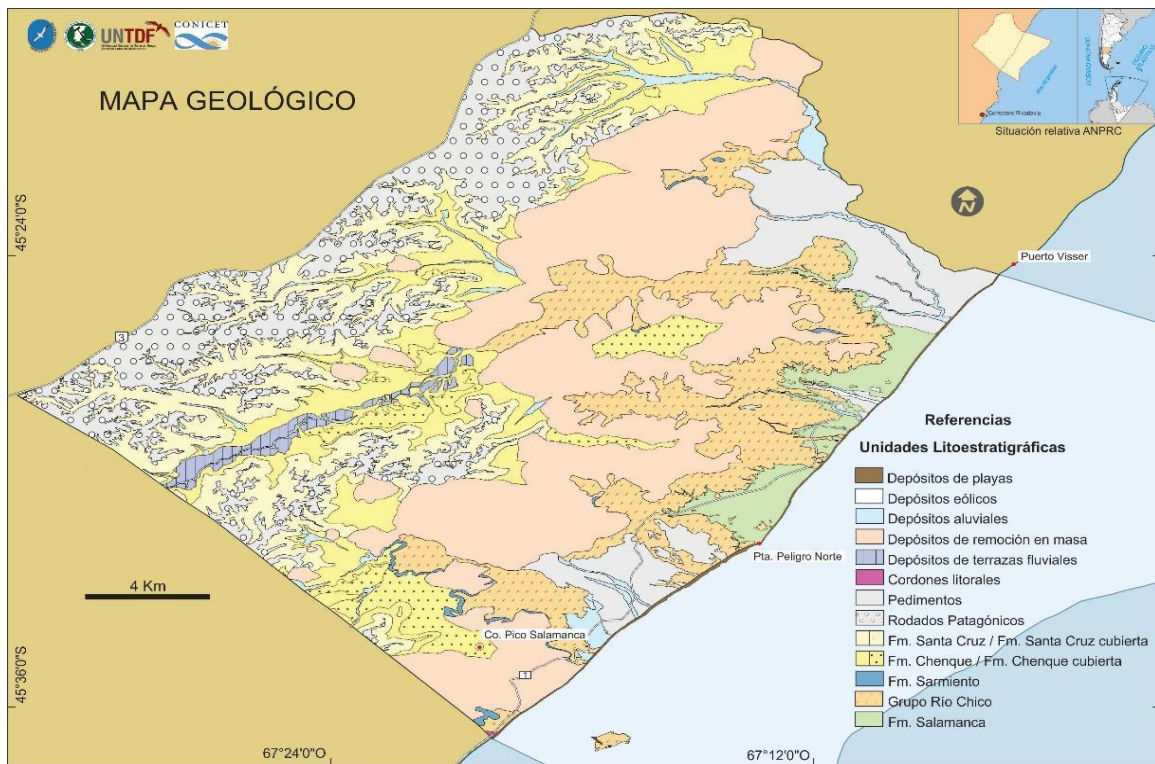


Figura 4. Mapa geológico del ANPRC (tomado de Foix *et al.*, 2022)



### 5.3) Geomorfología local

Entre los rasgos geomorfológicos que más se destacan sobre el sector sureste de la provincia de Chubut están las mesetas de gravas (Rodados Patagónicos). Estas geoformas se originaron por el proceso de inversión de relieve a causa de la importante erosión hidroeólica producida en un clima desértico con fuertes vientos (Césari y Simeoni, 1994; Simeoni, 2008). El ANPRC abarca gran parte de la meseta Pampa de Salamanca, orientada de suroeste a noroeste, cuya altitud se encuentra entre 650 a 590 msnm. El faldeo oriental fue definido en su mayor parte como un relieve estructural disectado (Sciutto *et al.*, 2000), labrado en rocas sedimentarias cenozoicas de la cuenca. Este escenario dio lugar a sistemas de drenaje con pendiente general hacia el este que desembocan en el océano Atlántico (Figura 5). Los cañadones presentan dimensiones variables alcanzando centenares de metros de profundidad y laderas con pendientes abruptas (ej. Cañadón Pilar), que en algunos casos cuentan con resaltos subverticales asociados a estratos resistentes a la erosión (Foix *et al.*, 2022).

Otro de los rasgos geomorfológicos que caracteriza al faldeo son los deslizamientos rotacionales (Tejedo *et al.*, 1999; González Díaz, 2004). González Díaz (2004) dividió los deslizamientos en antiguos y modernos en base a sus rasgos morfológicos (degradación, grado de conservación de rasgos primarios, etc.) y sugirió su relación con la abundancia de lluvias durante el Cuaternario; los deslizamientos ubicados al este del Pico Salamanca los clasificó como antiguos, mientras que otros deslizamientos menores los interpretó como removilizaciones locales de los deslizamientos principales. Sobre el Cañadón Pilar, los deslizamientos son de tipo rotacional retrogradante, y se deberían al socavamiento basal de las pendientes producido por la acción erosiva de las aguas (González Díaz, 2004).

Los mallines abarcan parte de las laderas y los fondos de los cañadones que descienden de la Pampa de Salamanca, intersectando estratos arenosos de las formaciones Chenque y Santa Cruz que contienen agua dulce. Son humedales de tipo semipermanente, debido a que la inundación o saturación del suelo se produce de manera periódica, formando los suelos nutritivos de la estepa patagónica (Cremona y Enríquez, 2015). Los pedimentos se disponen entre los cañadones y la costa, con pendientes suaves hacia el este-sureste, y asociados a materiales transportados y depositados desde la parte alta de las mesetas de grava (Figura 5).

Debido a la frecuencia e intensidad de los vientos del oeste, se originaron diversas geoformas eólicas de erosión y acumulación en el ANPRC (Casanova *et al.*, 2022): a) *yardangs* labrados en el Grupo Río Chico, b) *nebkhas* (formas de acumulación de arena asociada a vegetación), y c) la particular presencia de megaóndulas gravosas, geoformas muy poco frecuentes y estudiadas. En el sector pedemontano del ANPRC, y en coincidencia con los afloramientos del Grupo Río Chico y la Formación Sarmiento, es frecuente el desarrollo de *badlands* (Figura 5) (Foix *et al.*, 2022); su paisaje se destaca por la escasa/nula cobertura vegetal y la elevada densidad de drenaje dendrítico, separados por ásperos y delgados interfluvios con cortas y pronunciadas pendientes. Las terrazas estructurales corresponden con frecuencia a niveles endurecidos de la Formación Chenque, que conforman superficies planas sobreelevadas por erosión diferencial.

El faldeo finaliza contra la costa en extensos acantilados y playas de arena y/o grava (Figura 5). Los acantilados se encuentran activos y alcanzan hasta 20 m de altura, exponiendo rocas sedimentarias cenozoicas y depósitos cuaternarios desarrollados sobre los pedimentos. Su retroceso se ve facilitado por las frecuentes caídas de rocas (*rock-falls*) y deslizamientos (González Díaz, 2004). Durante las bajamares se exponen plataformas de abrasión sobre todo ámbito litoral del ANPRC (Figura 5).

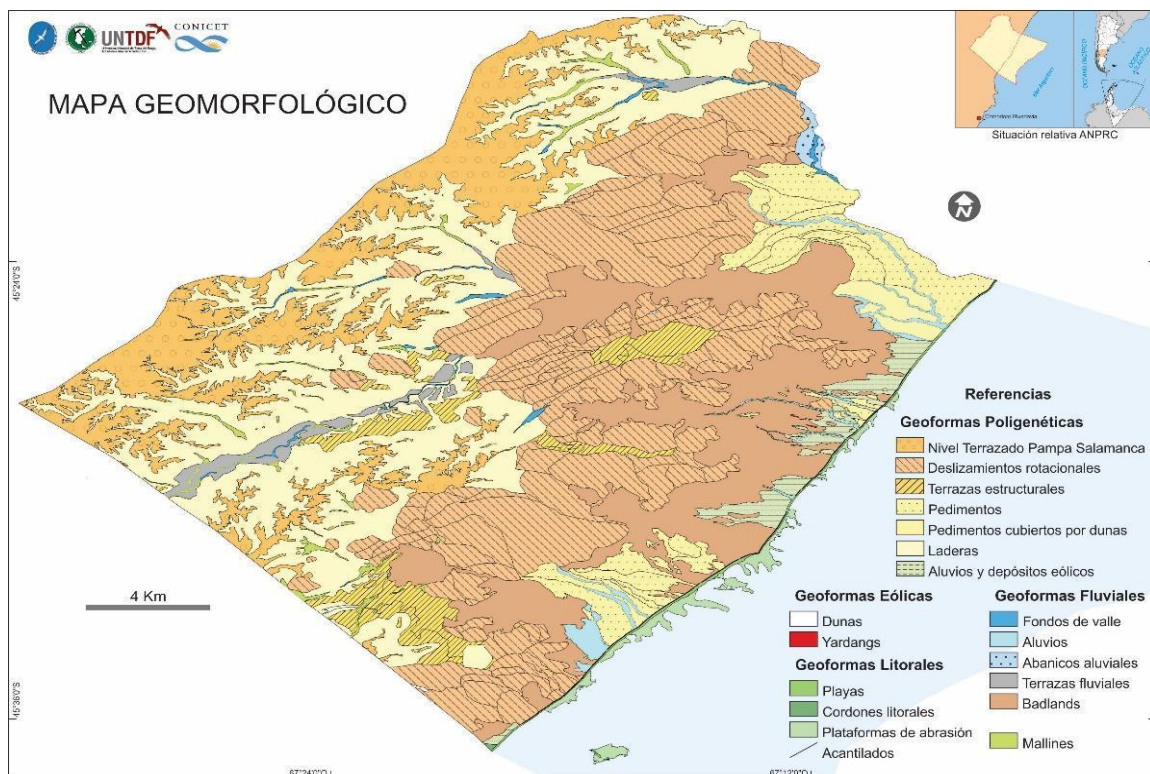


Figura 5. Mapa geomorfológico del ANPRC (tomado de Foix *et al.*, 2022).



#### 5.4) Área Natural Protegida “Rocas Coloradas”

Las primeras acciones para la conservación del área comenzaron en 1999, cuando se presentó el primer documento de planificación de la ciudad denominado “Plan de Desarrollo Estratégico Sustentable de Comodoro Rivadavia (PECOR)”. Sin embargo, recién en 2018 un grupo de docentes, investigadores y alumnos de la UNPSJB iniciaron las tareas de relevamiento del área de Rocas Coloradas con el objetivo de elaborar una línea de base ambiental que sustente la propuesta de ley. Finalmente, el 26 de noviembre del 2020, con el apoyo del Ente Comodoro Turismo y del Ministerio de Turismo y Áreas Protegidas de la Provincia de Chubut, se aprobó por unanimidad la ley Provincial XI N°7 que crea el “Área Natural Protegida Rocas Coloradas” (Tolosano, 2021). El área comprende una superficie continental de 56.956 has (569 km<sup>2</sup>) y abarca un área marina de 35.200 has (352 km<sup>2</sup>). Entre sus atractivos turísticos encontramos el Pico Salamanca, el Valle Lunar, el Monte de los Meteoritos, el bosque petrificado, la zona costera y valiosos recursos arqueológicos y culturales (Tolosano, 2021).

#### 5.5) Clima y evolución de las tormentas en la región

El clima de la región es árido a semiárido, caracterizado por fuertes y frecuentes vientos provenientes del oeste, con precipitaciones escasas (Paredes *et al.*, 2017). La región costera se caracteriza por un significativo déficit hídrico debido a que los vientos, que forman un cinturón alrededor del mundo entre los 40° y 60° de latitud sur, descargan gran parte de su humedad en la Cordillera de los Andes (Montes *et al.*, 2017). Los vientos suelen ser constantes a lo largo de todo el año, aunque se intensifican en los meses de primavera y verano; la velocidad media del viento es de 42 km/h, con ráfagas que superan los 100 km/h (Paredes *et al.*, 2017). La temperatura media anual del período 1963-2017 fue de 12.9°C y las precipitaciones de 239,6 mm/año (Paredes *et al.*, 2017).

En los últimos años, la región extra-andina y costera de la provincia de Chubut ha sufrido precipitaciones intensas desarrolladas particularmente durante el verano-otoño. Las consecuencias económicas, sociales y humanas de estos eventos meteorológicos han sido tristemente cuantiosas. Entre 1985 y 2016, en la ciudad de Puerto Madryn se registraron ocho eventos con precipitaciones mayores a 50 mm/día que produjeron inundaciones (Bilmes *et al.*, 2016, 2017). En febrero de 2010 una

tormenta repentina desencadenó un torrente de barro en el sector urbano de Comodoro Rivadavia que ocasionó la muerte de tres personas (nota diario [Página 12](#)). Durante los meses de marzo y abril de 2017, Comodoro Rivadavia fue azotada por una de las peores catástrofes climáticas en su historia. Las intensas precipitaciones causaron la reactivación de sistemas fluviales efímeros que atraviesan toda la ciudad, generando inundaciones repentinas tipo *flash-flood* (Paredes *et al.*, 2017, 2020, 2021; Foix *et al.*, 2017; Paredes y Ocampo, 2019; Ocampo *et al.*, 2019; Cortés, 2022). A partir de los datos del Servicio Meteorológico Nacional (Aeropuerto Mosconi), los datos de la empresa Termap (Caleta Córdova) y el pluviómetro de la Facultad de Ingeniería (UNPSJB), las precipitaciones acumuladas registradas entre el 25 de marzo y 9 de abril del 2017 fueron: 399,4 mm, 343,4 mm y 361,2 mm respectivamente (Paredes *et al.*, 2017). En la Figura 6 se muestran las precipitaciones de las zonas mencionadas durante la tormenta de 2017.

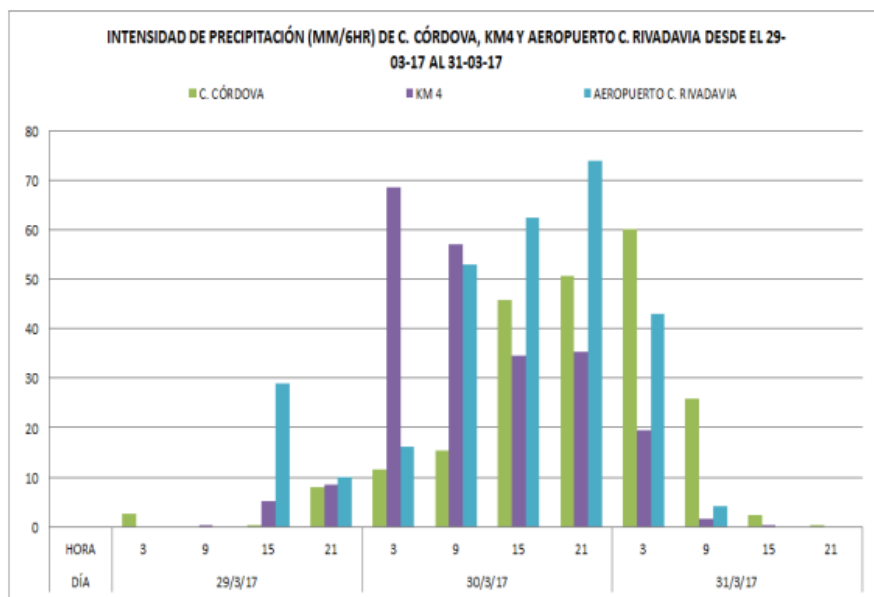


Figura 6. Comparación del registro de los pluviómetros de las estaciones ubicadas en Caleta Córdova (Termap), UNPSJB (Facultad de Ingeniería) y la Estación del Aeropuerto de Comodoro Rivadavia (SMN) para el periodo 29/03/2017-31/03/2017 (tomado de Paredes *et al.*, 2017)

Por otro lado, los cambios en el paisaje durante el temporal de 2017 no quedaron circunscriptos a Comodoro Rivadavia, sino que también tuvieron graves consecuencias en otros sectores de la provincia del Chubut. Sobre el Valle Inferior del Río Chubut, a más de 350 km al norte de Comodoro Rivadavia, las precipitaciones extremas produjeron una crecida extraordinaria y un gran volumen de sedimentos que fueron retenidos por el embalse Florentino Ameghino, provocando dificultades en la

potabilización de agua durante semanas (Kaless *et al.*, 2019a). Las cuencas de los Arroyos Perdido y Salado (Chubut) fueron también afectadas por las precipitaciones del 6 y 7 de abril de 2017 (Kaless *et al.*, 2019b); los caudales estimados arrojaron valores altísimos para sistemas fluviales efímeros (Kaless *et al.*, 2019b): 1108 m<sup>3</sup>/s (arroyo Salado) y 2060 m<sup>3</sup>/s (arroyo Perdido).

Paredes *et al.* (2017, 2020) realizaron un análisis de las precipitaciones en el intervalo de 1956 a 2017 en Comodoro Rivadavia, determinando que la precipitación media anual fue de 244,8 mm, con una gran parte de esta cantidad cayendo durante el otoño e invierno (abril a julio). La media mensual fue de 20 mm, con picos de precipitación promedio en el mes de mayo (34,5 mm/mes). Para el período de 1963-2017, se clasificaron los eventos de precipitación diaria como intensos (mayor a 15 mm/día), muy intensos (mayor a 35 mm/día) y extremos (mayor 59 mm/día). Además, se determinó que los valores de precipitaciones mensuales acumuladas durante el período 2000-2017 muestran máximos con recurrencia trianual. Es importante destacar que los valores totales acumulados en los meses más lluviosos han disminuido en el período indicado, con la notable excepción del evento climático de 2017 (Figura 7).

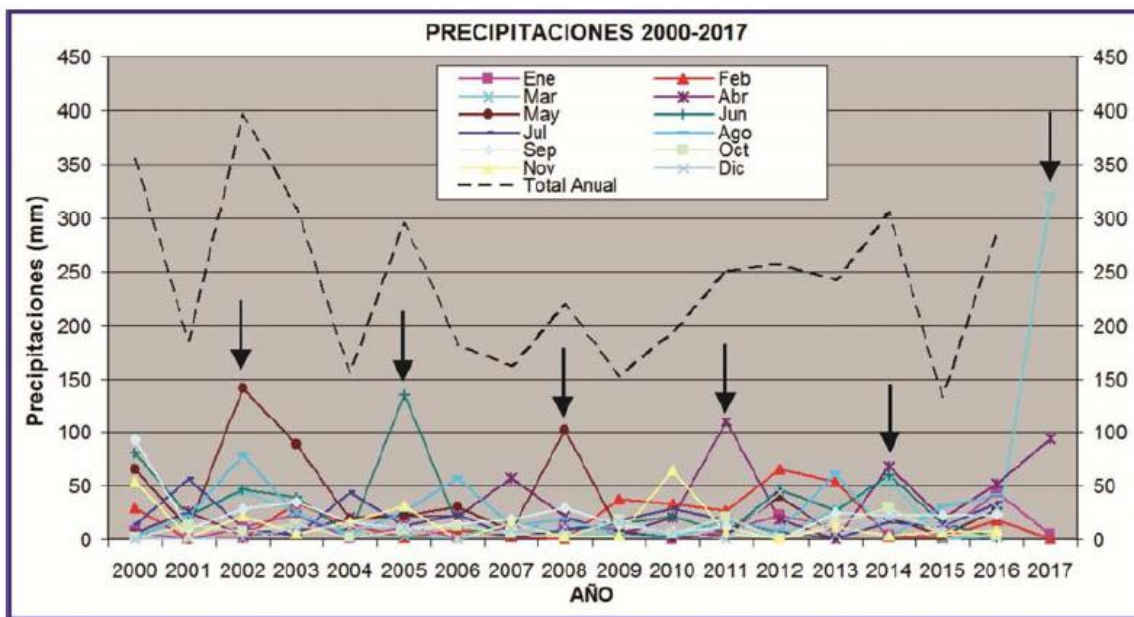


Figura 7. Registro de las precipitaciones mensuales del período 2000-2017 en Comodoro Rivadavia. Se destaca la recurrencia trianual de máximos mensuales cercanos a los 100 mm entre los meses de marzo y junio (Paredes *et al.*, 2017).

Adicionalmente, los datos de la Estación del Servicio Meteorológico Nacional recopilados para este trabajo hasta el año 2022 muestran que: a) en abril de 2022 las precipitaciones superaron la media mensual, alcanzando 102,2 mm, b) en septiembre de

2022 (Figura 8) las precipitaciones superaron los 100 mm (158,5 mm), un fenómeno inusual que no se repetía desde 1956, c) entre 2017 y 2022, el único año que se superó la media anual (244,8 mm) fue 2022 con 391,4 mm (Figura 9), con máximos en abril (102,2 mm) y septiembre (158,5 mm) (Figura 8). Analizando las precipitaciones diarias de septiembre de 2022 (Figura 10), los valores máximos corresponden a los días 19 y 20, con un total de 137,4 mm. El 19/09/22 se considera un evento de precipitación muy intenso con 55,3 mm/día, mientras que el 20/09/22 se registró un evento extremo con 82,1 mm/día.

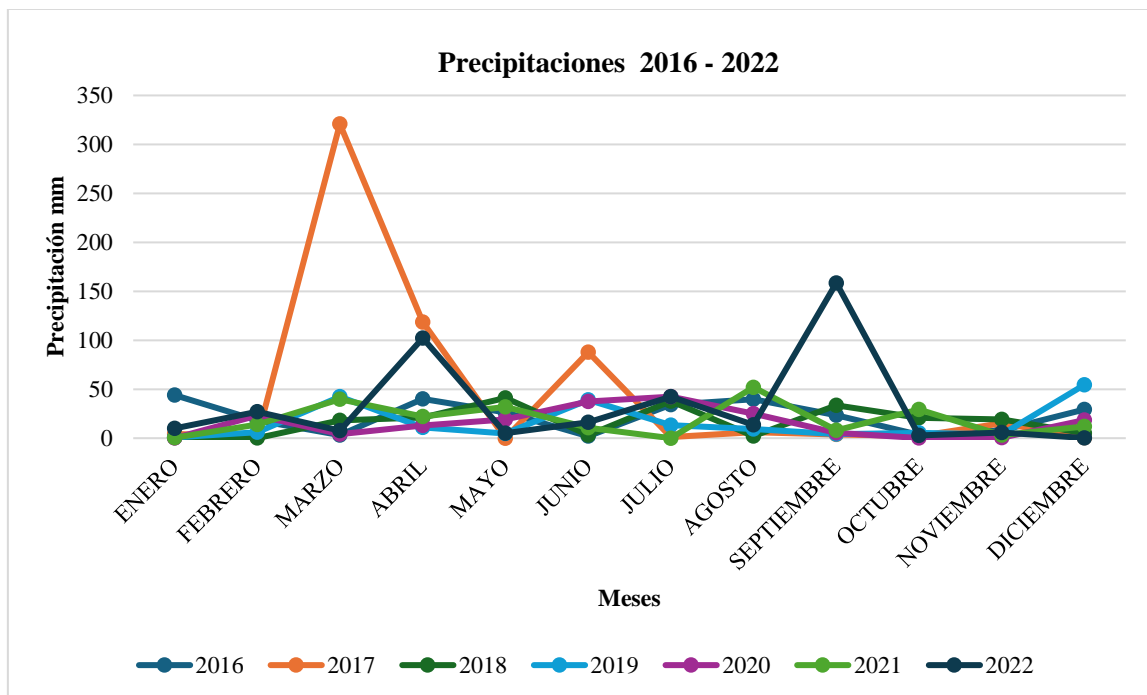


Figura 8. Registro de precipitaciones mensuales del período 2016-2022, tomado del Servicio Meteorológico Nacional. Notar las elevadas precipitaciones para los meses abril y septiembre del año 2022. Para el año 2017 se destacan precipitaciones extremas de marzo-abril y las de junio (87.7 mm).

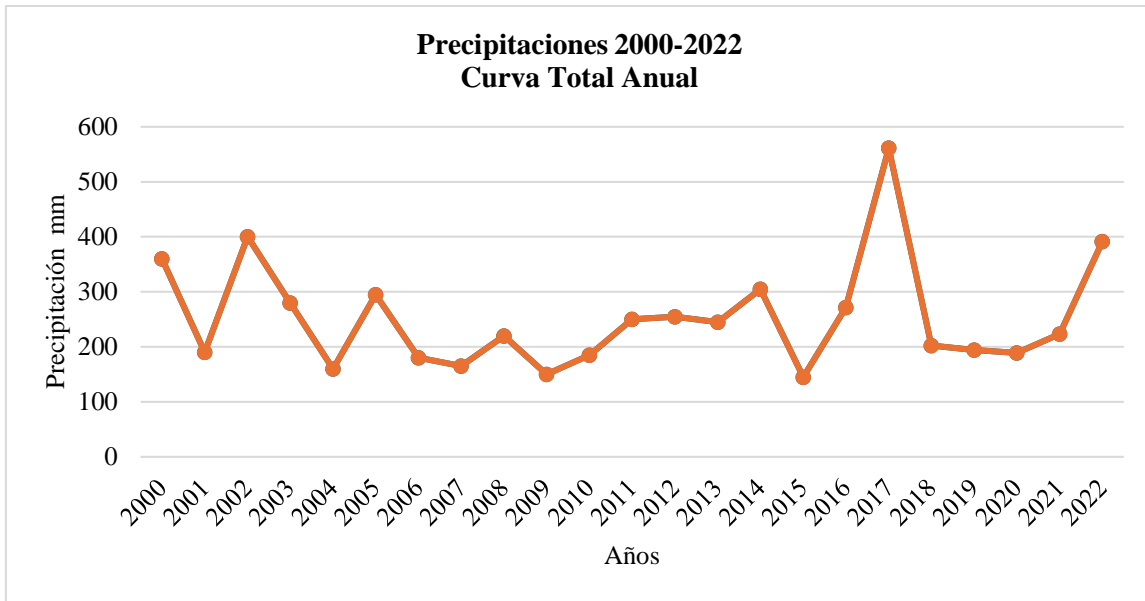


Figura 9. Registro de las precipitaciones de los últimos 22 años. Se destaca los valores máximos para 2017 y 2022. Modificado de [Paredes et al., 2017](#).

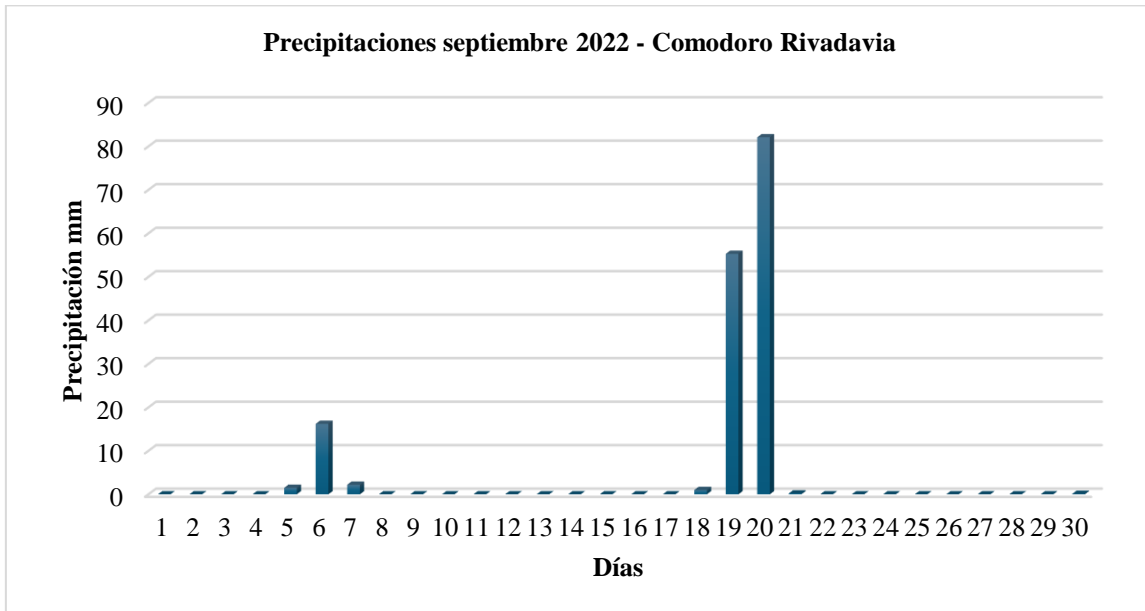


Figura 10. Precipitación de septiembre de 2022 en Comodoro Rivadavia, según datos del Servicio Meteorológico Nacional.

### 5.6) Morfometría fluvial

Los sistemas fluviales se caracterizan por medio de parámetros morfométricos que permiten predecir su comportamiento frente a eventos de precipitación ([Rai et al.,](#)

2019). Paredes *et al.* (2017) analizaron siete cuencas de drenaje ubicadas sobre el faldeo oriental de la Pampa del Castillo que desembocan en la ciudad de Comodoro Rivadavia: Cañadón Biggs, Caleta Córdova, Arroyo Km8, Arroyo Belgrano, Arroyo Km3, Arroyo La Quinta y Arroyo La Mata. Estos autores calcularon los parámetros fundamentales de cada una de las cuencas (área, perímetro, longitud, ancho, desnivel, pendiente promedio, etc.) con el objeto de estimar los índices y coeficientes que permitan explicar y predecir su comportamiento en futuras tormentas (Figura 11).

La mayoría de las cuencas presentan pendientes elevadas y sus áreas son similares, exceptuando las cuencas Caleta Córdova y Arroyo Km3 que son las más pequeñas (Figura 11A). Las cuencas más alargadas muestran valores más pequeños de factor de forma, tal como Cañadón Biggs y La Quinta (Figura 11B). En todos los casos, el tiempo de concentración es menor a 8 horas (Figura 11D), siendo de 23 minutos para km3.

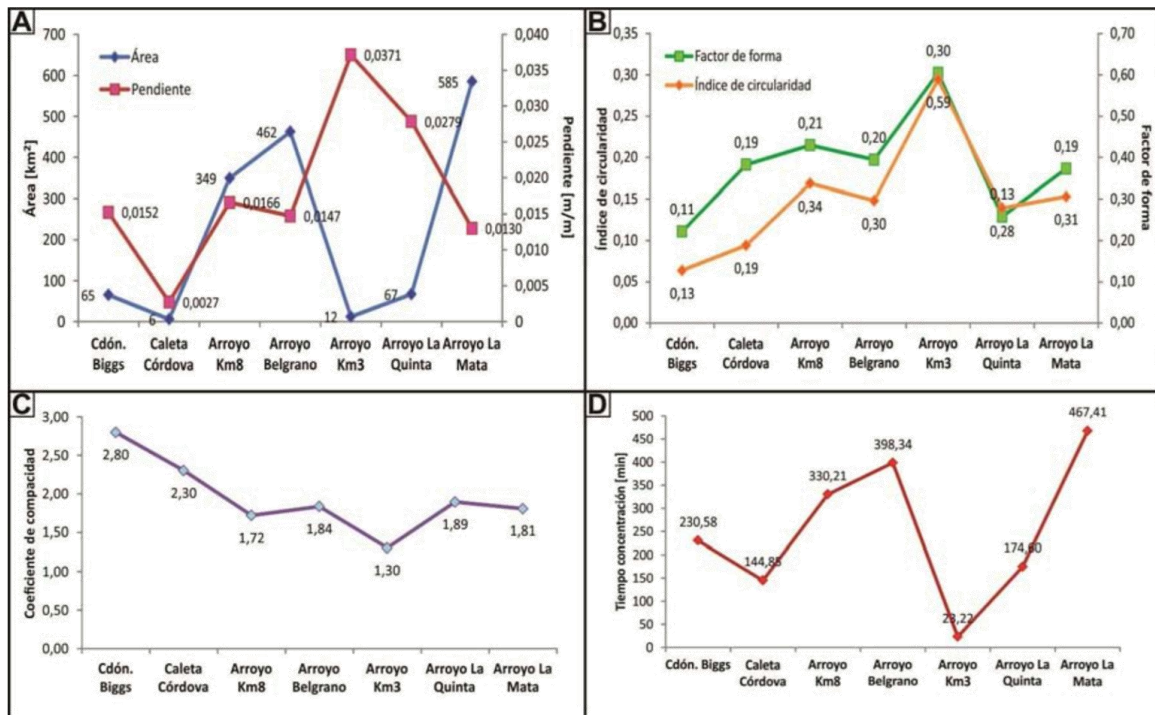


Figura 11. Relaciones principales de parámetros morfométricos de las cuencas de Comodoro Rivadavia. a) Área y pendiente. (b) Índice de circularidad y factor de forma. (c) Coeficiente de compacidad (Gravelius). (d) Tiempo de concentración en minutos (tomado de Paredes *et al.*, 2017)



## 6) Metodología de trabajo

### 6.1) Trabajo de gabinete

#### 6.1.1) Visualización y detección de puntos de análisis

En primera instancia se realizó una comparación visual de imágenes históricas utilizando el *software* Google Earth™ Pro. Esta actividad consistió en separar el área de estudio con un mallado regular de 24x24 km, permitiendo el análisis sistemático sobre todo el ANPRC. Sobre cada cuadrante se visualizaron imágenes previas y posteriores al temporal ocurrido en los meses marzo-abril de 2017. A partir de este ejercicio, se reconocieron cambios geomorfológicos que fueron cuantificados y categorizados según los siguientes atributos (Tabla 1).

Codificación	Color	Ambiente	Geoforma/Lugar
FL-RP	Amarillo	FL: Fluvial	RP: Ruta Provincial N° 1
RM-D	Rosado	RM: Remoción en Masa	D: Deslizamiento
FL-C	Azul	FL: Fluvial	C: Cauces/cárcavas
FL-AA	Rojo	FL: Fluvial	AA: Abanico aluvial
FL-De	Blanco	FL: Fluvial	De: Delta
FL-M	Celeste	FL: Fluvial	M: Meandro
RM-F	Naranja	RM: Remoción en Masa	F: Flujo de tierra
MA-A	Verde	MA: Marino	A: Acantilado
FL-R	Negro	FL: Fluvial	R: <i>Rills</i>

Tabla 1. Codificación para la detección de modificaciones geomorfológicas en el ANPRC.

Se asignaron colores para cada codificación para una mejor visualización y reconocimiento de las diferentes geoformas. Es necesario aclarar que la codificación de las modificaciones reconocidas bajo un único proceso geomorfológico resulta una simplificación de la complejidad de los sistemas sedimentarios, dónde con frecuencia son multicausales. Adicionalmente, en el [Anexo I](#) se detallan otros atributos de cada geoforma, incluyendo:

- Ambiente: Fluvial, marino y poligenético.
- Proceso Geomorfológico: procesos depositacionales, procesos erosivos y movimientos de remoción en masa.
- Geoforma: Cárcava, cauce, deslizamiento, flujo de tierra, delta, acantilado, meandro y *rills*.



- Cambio: En este caso se detalló si el cambio fue por: erosión, reactivación, depositación o si es generado durante el temporal del año 2017.
- Unidad formacional: Se mencionan las unidades litoestratigráficas que aparecen en el área de estudio. Como mapa geológico de base se utilizó la información vectorial tipo *shapefiles*, publicada en Foix *et al.* (2022).
- Unidad geomorfológica: De base se utilizaron los archivos *shapefiles* del mapa geomorfológico publicado en Foix *et al.* (2022).
- Pendiente y el índice normalizado de vegetación (NDVI).

### 6.1.2) Mapeo geomorfológico

Para el mapeo geomorfológico se eligieron las geoformas con cambios más representativos, acompañados de un relevamiento en campo. La primera etapa consistió en compilar y revisar los antecedentes que incluyen mapas de la zona de estudio. Se utilizaron los mapas regionales de Sciutto *et al.* (2000) y más detallados de Foix *et al.* (2022).

Los mapas se realizaron utilizando como base imágenes satelitales obtenidas con fechas posteriores al temporal de marzo-abril de 2017, a través del *software* de uso libre Google Earth. Esta información fue volcada en el sistema de información geográfica QGIS 3.16.14 de uso libre y gratuito, y se mapeó utilizando las herramientas vectoriales disponibles. Para la toponimia de los sitios más conocidos de la zona se utilizó la Hoja Geológica 1:250.000 de Comodoro Rivadavia 4566-III (Sciutto *et al.*, 2000), mientras que para los lugares allí no mencionados se utilizó la denominación informal de los puntos de pesca utilizada por los lugareños.

El reconocimiento y clasificación de los cambios en el área de estudio se realizaron a partir del uso de los elementos de interpretación visual (tono, color, textura, patrón, tamaño, forma y sombra), ya que son elementos que caracterizan a las imágenes y son útiles para la fotointerpretación geológica (Ray, 1960).

En un caso puntual, se utilizó una imagen satelital Landsat 8 cortesía del Servicio Geológico de los Estados Unidos (ID del producto: LC08 L1TP 229092 20170529 20170615 01T1) en composición color RGB 432 para visualización y medición de dos deltas. El satélite Landsat 8 consta de dos sensores (OLI y TIRS) que adquieren información en nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 y 9).



### 6.1.3) Detección de cambios

La aplicación de esta técnica requiere de la integración de dos o más imágenes de una misma zona adquiridas en fechas distintas, sobre la cual se aplica análisis de componentes principales (PCA, *Principal Component Analysis*). PCA es una técnica estadística que resalta las variaciones más importantes de un conjunto de datos determinado y los clasifica en orden de importancia. La detección de cambios es una representación visual de una composición color de componentes principales que muestran la máxima variabilidad entre los dos períodos estudiados.

Se utilizaron tres imágenes tomadas del Google Earth (anterior y posterior al temporal de 2017) y se las localizó espacialmente con la herramienta “Georreferenciador” de QGIS 3.16.14. Con el programa SNAP se realizó un apilamiento para la integración de las imágenes y se generaron las PCA. La composición color RGB de las componentes principales generadas, permite la visualización de los cambios más destacados. Este análisis reduce la información redundante y resalta los cambios.

### 6.1.4) Mapa de vegetación

Para elaborar el mapa de vegetación se calculó el índice Normalizado de Vegetación (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) utilizando las bandas 4 y 5 del satélite Landsat 8 (ID: LC08 L2SP 228092 20170130 20200905 02 T1) con el programa SNAP. El NDVI es un índice efectivo para cuantificar la vegetación verde, ofreciendo una medida del estado de salud de la vegetación, basado en el modo en que las plantas reflejan la luz de ciertas longitudes de onda. El NDVI adopta valores entre -1 y +1: i) los valores negativos (cercaos a -1) corresponden a agua, ii) los valores cercanos a cero (entre -0.1 y +0.1) suelen indicar zonas sin vegetación como roca, arena o nieve, iii) los valores positivos pero pequeños se corresponden con arbustos y campos cubiertos de hierbas (aproximadamente entre +0.2 y +0.4), y iv) las cifras más elevadas describen los bosques templados y las selvas tropicales (valores cercanos a +1). El NDVI se calcula a partir de un cociente entre bandas con la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{Banda\ 5 - Banda\ 4}{Banda\ 5 + Banda\ 4}$$

NIR: Luz reflejada en el espectro del infrarrojo cercano (Banda 5 de Landsat 8).

RED: Luz reflejada en el rango rojo del espectro (Banda 4 de Landsat 8).



### 6.1.5) Mapa de pendiente

Se realizó un mapa de pendientes del área de estudio utilizando el DEM ALOS PALSAR (ID ALPSRP273226260) de la agencia espacial japonesa (JAXA) de 12.5 m. El DEM se descargó gratuitamente desde las páginas oficiales *Alaska Satellite Facility* (<https://www.asf.alaska.edu/>) y se calculó el mapa con QGIS 3.16.14 aplicando la herramienta “Análisis de terreno ráster/Pendientes”. El *shapefile* con las localidades afectadas se proyectó a EPSG 32719 (WGS 84/UTM Zone 19S) para que ambos archivos tengan el mismo sistema de coordenadas. Para extraer los valores de pendientes del archivo raster y agregarlos a la tabla de atributos se utilizó el complemento (*Plugin*) “*Point Sampling Tool*”.

### 6.1.6) Cálculo de parámetros morfométricos

Se calcularon los parámetros morfométricos de cuatro cuencas de drenaje dentro del ANPRC, utilizando el DEM ALOS PALSAR previamente mencionado. Todo el procesamiento se trabajó en coordenadas planas, con el sistema de Gauss Kruger, datum WGS 84, faja 2.

En el SIG (QGIS) se obtuvieron los parámetros de las cuencas (superficie, perímetro, desnivel, pendiente, número y longitud de cauces) a partir del mapeo del sistema de drenaje y divisorias de aguas en formato vectorial. El orden de jerarquía de cauces se estableció según [Strahler \(1956\)](#). En la Tabla 2 se detallan cada parámetro, descripción, unidades de medida, herramienta y programas utilizados.

Parámetro [unidades]	Descripción	Expresión	Herramienta utilizada	Programas
Área [km <sup>2</sup> ]	Área total de la cuenca, delimitada por la divisoria principal, cuyas aguas son colectadas por la red de avenamiento y descargadas en el punto de síntesis del sistema.	A	Metadata o Calculadora de campo	QGIS 3.16.14 (respectivamente)
Perímetro [km]	Es el contorno definido por las divisorias de agua.	P	Calculadora de campo	QGIS 3.16.14
Longitud de cauce principal [km]	Es la longitud del río desde el punto más distante de la cuenca hasta la desembocadura.	L	Tabla de atributos.	QGIS 3.16.14



## TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



Relieve relativo (cauce principal)	Es la diferencia de cota del cauce principal.	Dc	Tabla de atributos.	QGIS 3.16.14
Pendiente (cauce principal)	Es la relación entre la relación de relieve y la longitud del cauce principal.	$S = Dc/L$	Ecuación	Excel
Ancho de la cuenca [km]	Es el cociente entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal.	$W = A / L$	Ecuación - Propiedades del DEM	Excel o QGIS 3.16.14
Altura máxima [m]	Cota máxima en metros.	H máx	Metadata - Propiedades del DEM	QGIS 3.16.14
Altura mínima [m]	Cota mínima en metros.	H min	Metadata - Propiedades del DEM	QGIS 3.16.14
Desnivel [m]	Es la diferencia entre la cota máxima menos la cota mínima.	$H = H_{máx} - H_{min}$	Ecuación	Excel
Coefficiente de Compactación (Gravelius)	Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente a la misma (Gravelius, 1914).	$K_c = 0,282 \times P/\sqrt{A}$	Ecuación	Excel
Índice de circularidad	Es la relación entre el área de la cuenca y el área de un círculo del mismo perímetro que la cuenca (Miller, 1953).	$I_c = 4\pi A/P^2$	Ecuación	Excel
Factor de forma	Es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo (Magette <i>et al.</i> , 1976)	$R_f = A / L^2$	Ecuación	Excel
Longitud total de cauces [Km]	Es la longitud definida con la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca.	Lt	Estadística básica para campos.	QGIS 3.16.14
Densidad de drenaje [1/Km]	Horton (1932) expresa este parámetro como la relación entre la suma de las longitudes de todos los cauces y el área de la cuenca.	$D_d = L/A =$	Ecuación	Excel
Número de cauces	Sumatoria de cursos de todos los órdenes.	N	Tabla de atributos	QGIS 3.16.14
Frecuencia de cauces	Es la relación entre el número de cursos y el área de la cuenca. Se encuentra vinculada con la capacidad de generar nuevos cursos (Horton, 1932).	$F = N/A$	Ecuación	Excel
Análisis de Curva	Es el estudio de la relación del área de un terreno con respecto a su elevación	Gráfico X e Y	Caja de herramientas	QGIS 3.16.14

Hipsométrica	(Strahler, 1956).		/ Curvas Hipsométricas	
Integral Hipsométrica	Es una medida cuantitativa de la curva hipsométrica y corresponde al área bajo la curva hipsométrica.	HI= (Altura promedio - H min)/ (H máx - H min)	Ecuación	Excel

Tabla 2. Parámetros morfométricos, descripción, expresión matemática, herramienta y programa utilizado.

### 6.2) Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en un relevamiento geológico y geomorfológico en el extremo sureste del ANPRC, en cercanías al Pico Salamanca y desembocadura de la cuenca Bajo Palangana (Figura 12).

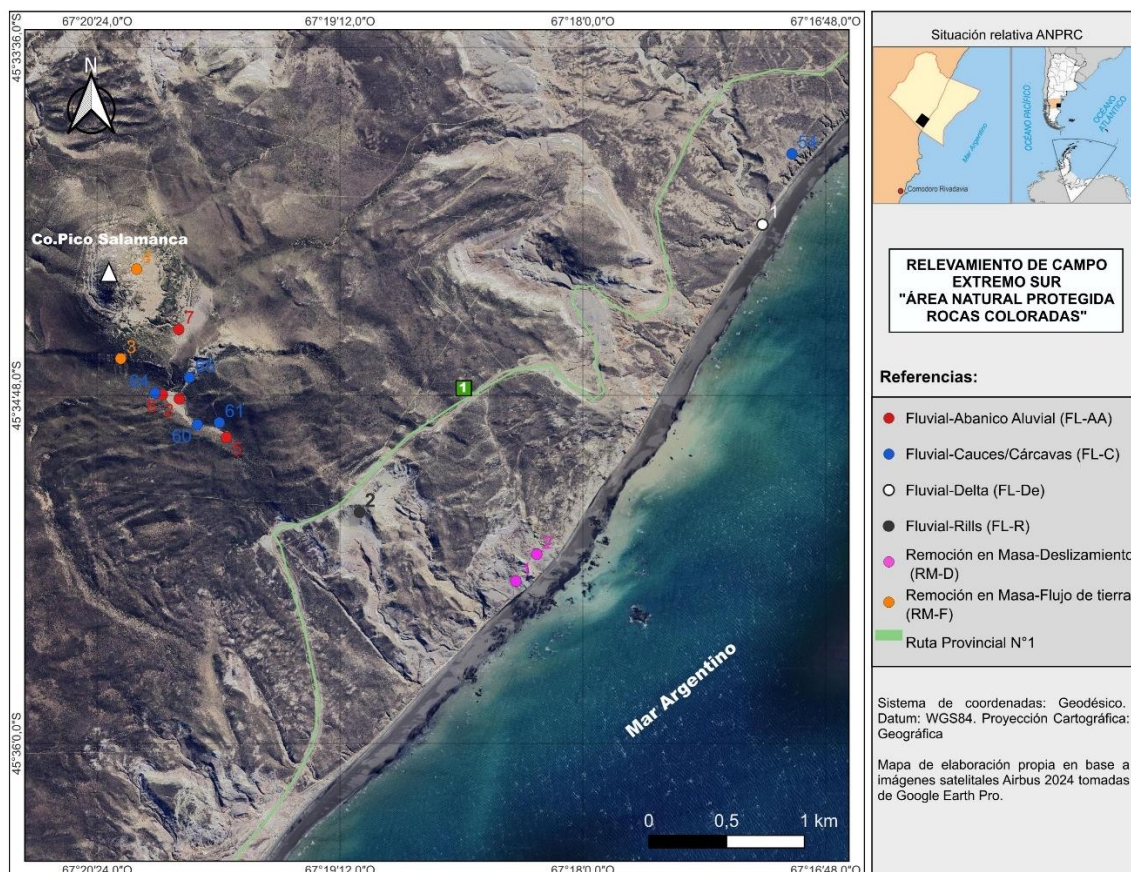


Figura 12. Ubicación de relevamiento de campo sobre: flujos de tierra (puntos anaranjados RM-F3 y 4), abanico aluvial (puntos rojos FL-AA2, 5, 6 y 7), cauces y cárcavas (puntos azules FL-C54, 60, 61, 64 y



65), delta (punto blanco FL-De1), deslizamientos (puntos rosados RM-D1 y 2) y *rills* (punto marrón FL-R2). Imagen satelital de Google Earth™ (22 de septiembre del 2022).

Se recorrió las zonas de interés para corroborar las geoformas detectadas previamente y aquellos procesos geomorfológicos que no son observados mediante el uso de información satelital. También se tomaron fotografías con el objetivo de registrar y comparar los procesos ocurridos en 2017 y los actuales. Se utilizó el GPS Garmin E-Trex para la ubicación de las diferentes geoformas reconocidas (3 metros de resolución espacial máxima). El reconocimiento de las unidades y rasgos geomorfológicos se llevó a cabo utilizando piqueta y lupa. Se utilizó la aplicación Google Earth Pro en Android con los puntos de interés previamente elegidos para una mejor ubicación en el campo.



## 7) Resultados

Se identificaron un total de 174 cambios en el paisaje dentro del ANPRC luego de la tormenta de marzo-abril de 2017 (Figura 13, Figura 14 y Figura 15). Estos sitios fueron identificados, definidos y catalogados en la tabla de atributos del archivo vectorial correspondiente, según la clasificación utilizada en la Tabla 1 y [Anexo I](#). Las modificaciones identificadas en el archivo vectorial fueron ubicadas en los mapas geológicos y geomorfológicos del área de estudio (Foix *et al.*, 2022) (Figs. Figura 14 y Figura 15). Además, los sitios afectados se representaron en los mapas de pendiente (Figura 16) y de índice de vegetación normalizado, confeccionados en este trabajo (Figura 17).

Las pendientes del área de estudio varían entre 0-35°, pudiendo clasificarse como muy bajas a nulas (0-5°), bajas (5-10°), medias (10-20°) y altas (20-35°). Estas categorías también pueden describirse, respectivamente, como: planas, suaves, moderadas y abruptas o escarpadas. Resulta interesante resaltar que: i) el 49,4% de los sitios afectados se ubican en pendientes bajas a nulas (planas), ii) la mayoría de estos sitios corresponden a modificaciones sobre la traza de la ruta Provincial N°1 y sistemas fluviales meandrosos que se encuentran cercanos a su desembocadura al mar. Un 18,3% de los sitios se ubican en pendientes bajas y medias (suaves y moderadas), entre los que se destacan las cabeceras de cursos fluviales, abanicos aluviales y algunos deltas. Un 13,9% son sitios que se encuentran sobre pendientes altas (abruptas), donde predominan geoformas relacionadas a movimientos de remoción en masa (ej. flujos de tierra).

Puede observarse que el área de estudio no presenta una gran cobertura vegetal (Figura 17). Los niveles más altos del índice normalizado de vegetación (0,20-0,43) se encuentran en los fondos de los valles, donde predominan mallines, así como arbustos y hierbas típicas de la región. En contraste, el Grupo Río Chico y la Formación Salamanca (Figura 14) se caracterizan por tener menor cobertura vegetal y el índice más bajo (-0,1 a 0,10), indicando zonas sin vegetación (*badlands*).

La gran cantidad de cambios reconocidos en la geomorfología del ANPRC durante las precipitaciones de 2017 incluyen tanto procesos erosivos como depositacionales, por reactivación de geoformas preexistentes o por formación de nuevas. En las siguientes secciones, se proporcionará una descripción detallada de las geoformas más representativas que se han identificado mediante el uso de imágenes satelitales.

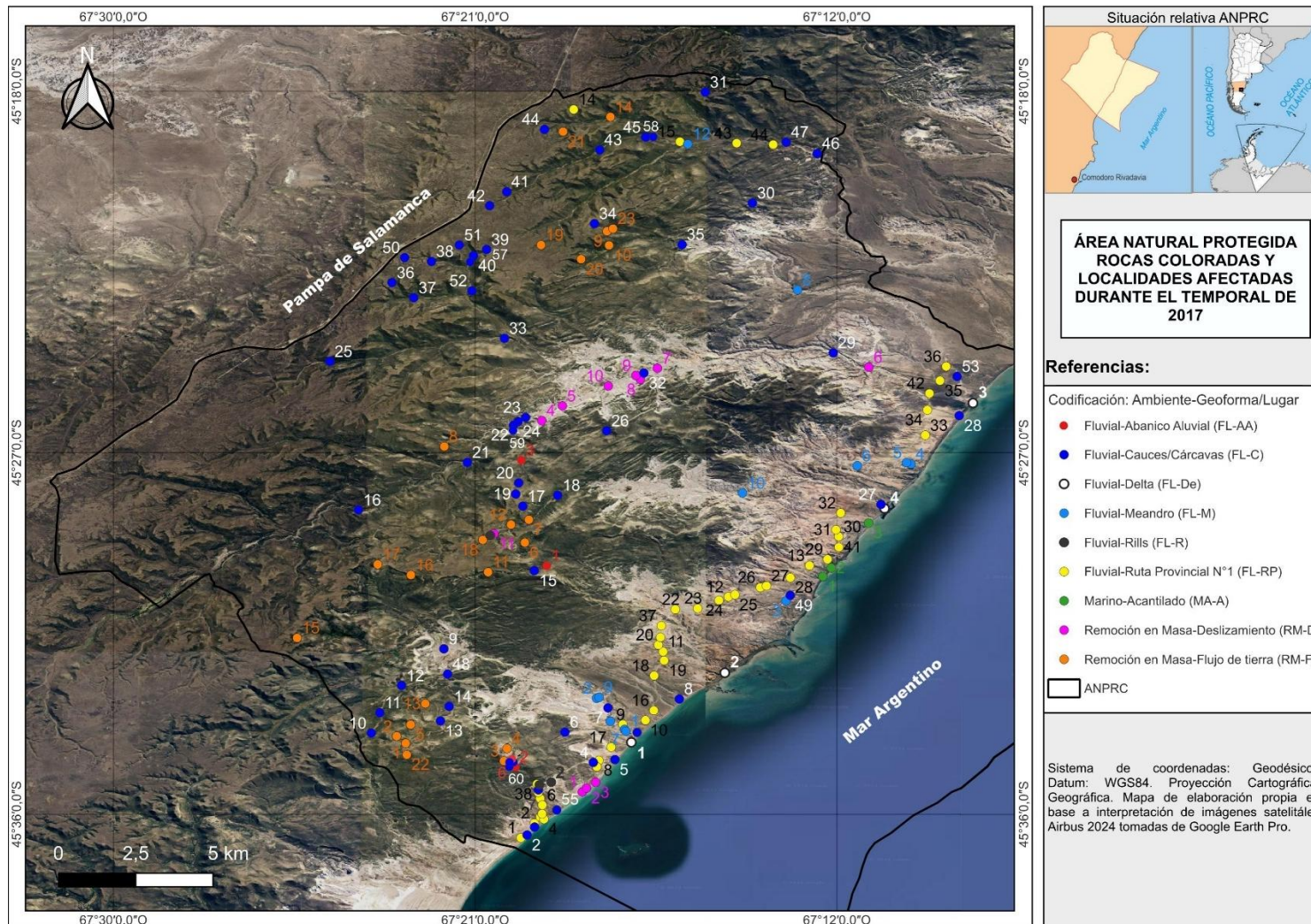


Figura 13. Ubicación de los sitios afectados durante el temporal de 2017 en el ANPRC, imagen satelital de Google Earth™.

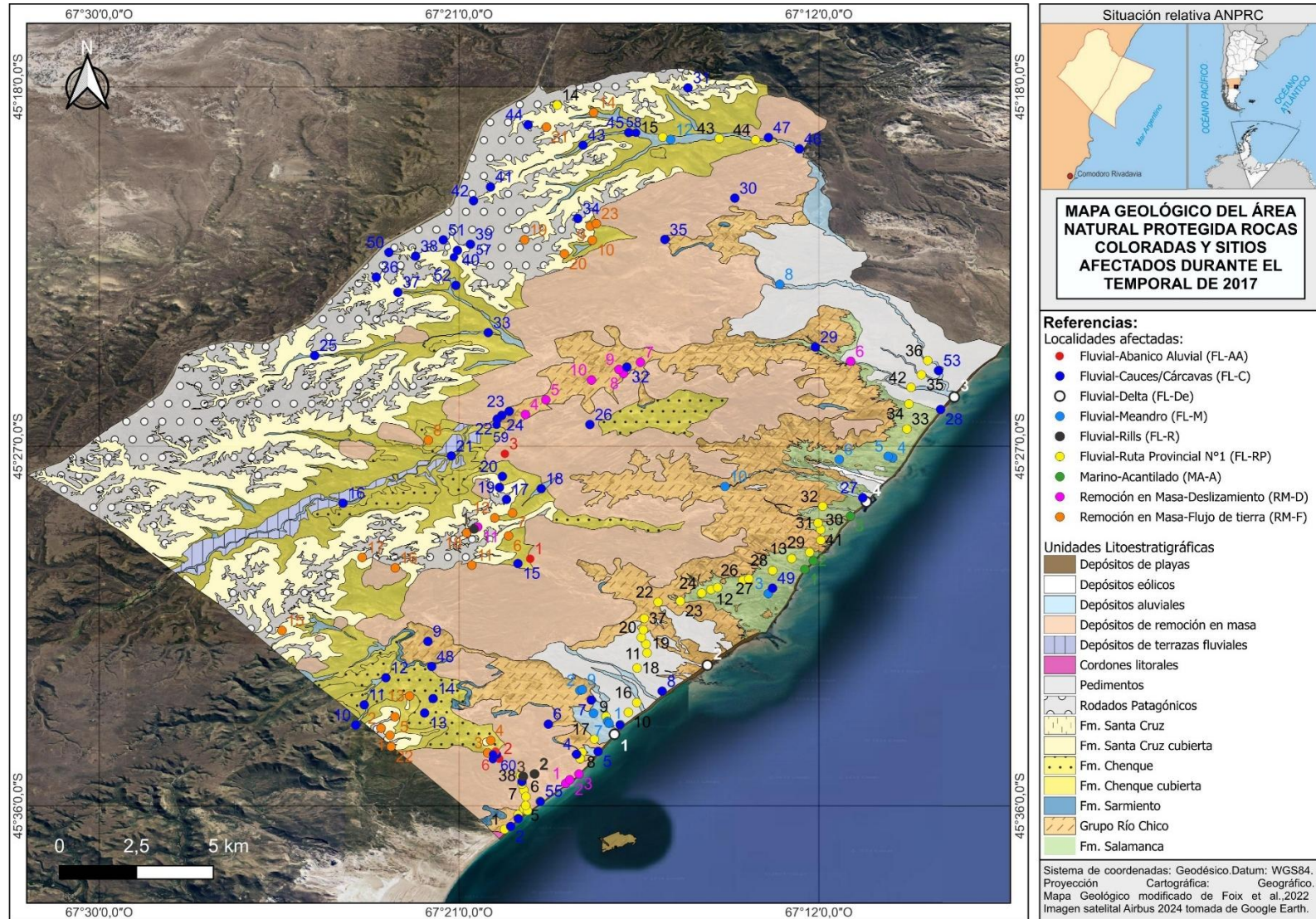


Figura 14. Ubicación de los sitios afectados durante el temporal de 2017 en el mapa geológico del ANPRC (modificado de Foix *et al.*, 2022).

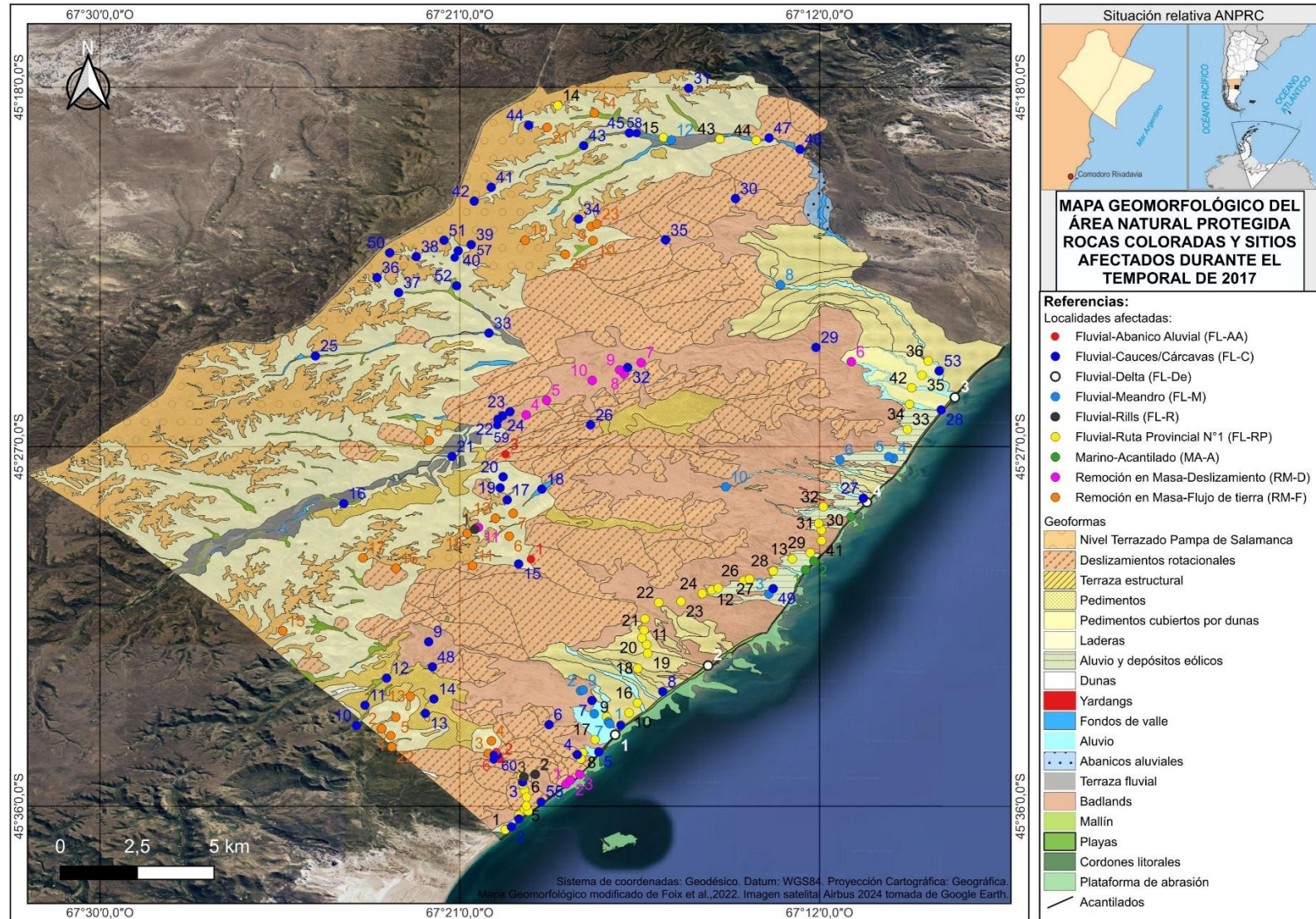


Figura 15. Ubicación de los sitios afectados durante el temporal de 2017 en el mapa geomorfológico del ANPRC (modificado de Foix et al., 2022).

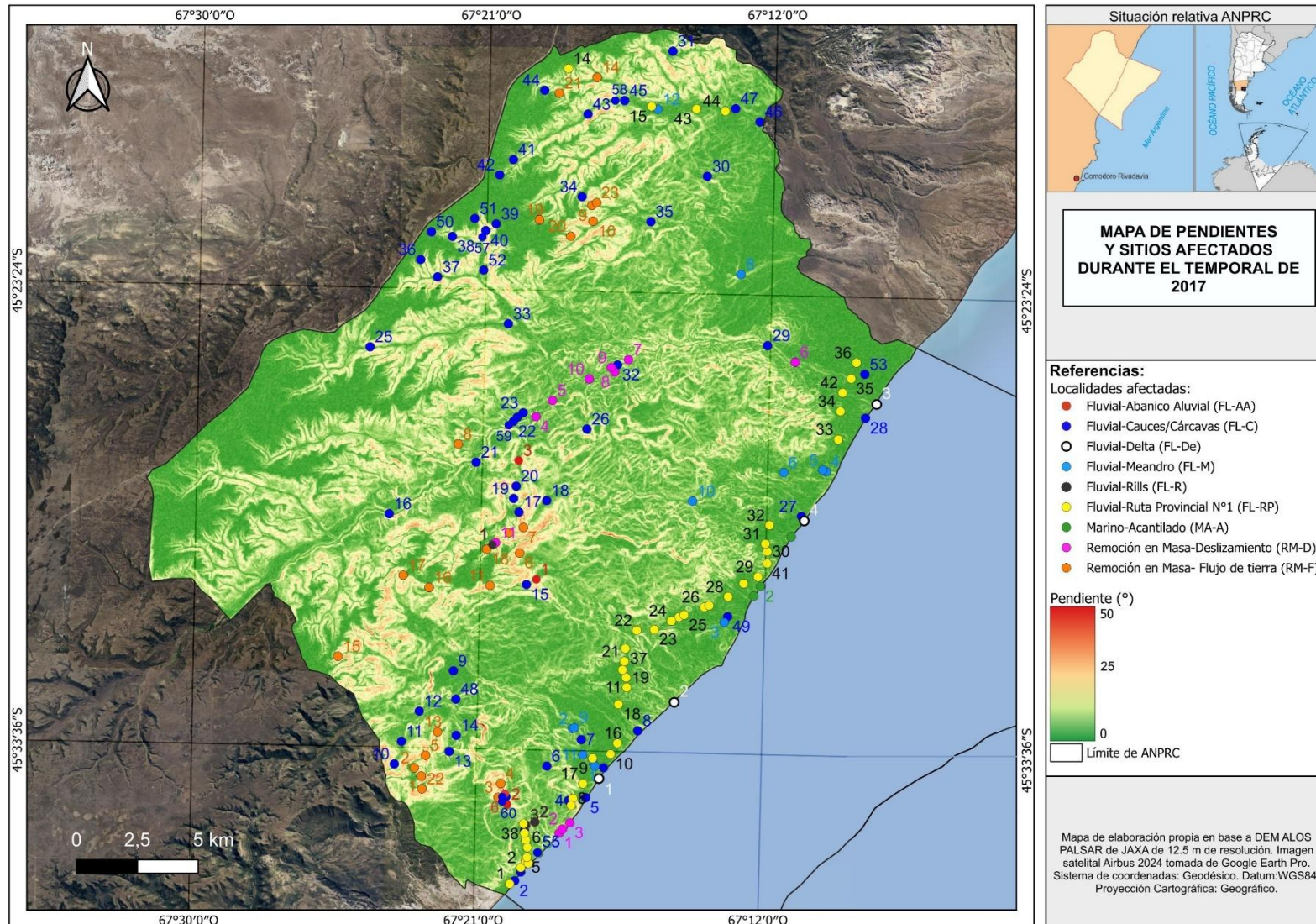


Figura 16. Mapa de pendientes y ubicación de sitios afectados durante el temporal de 2017 en el ANPRC.

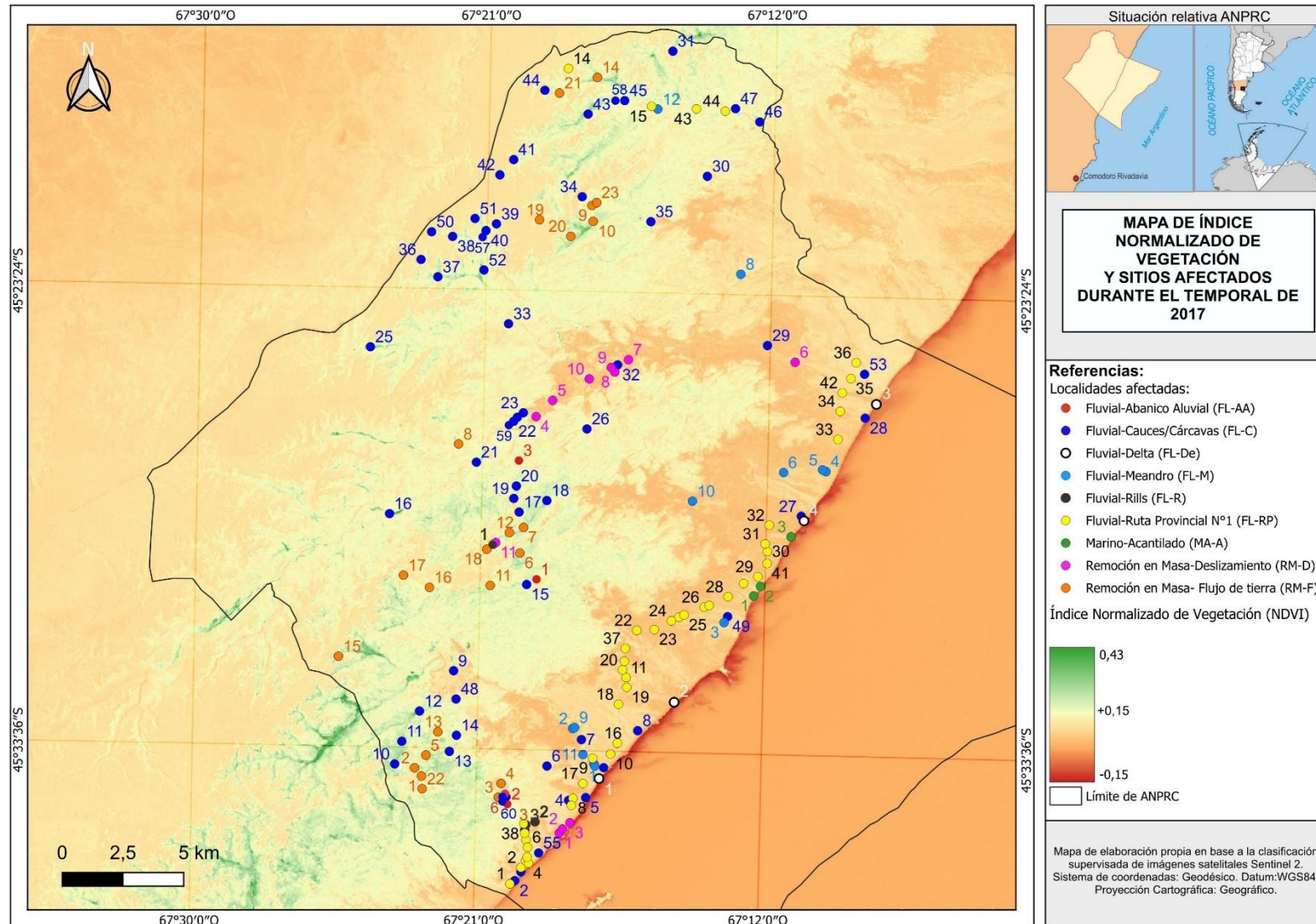


Figura 17. Mapa de Índice Normalizado de Vegetación y ubicación de sitios afectados durante el temporal de 2017 en el ANPRC.



### 7.1) Cuencas de drenaje

Se caracterizaron morfológicamente las cuatro cuencas de drenaje reconocidas en el ANPRC, denominadas: Bajo Palangana, Segundo Zanjón, Cañadón Pilar y Bahía Tiburón (Figura 19). Todos los sistemas fluviales analizados son efímeros, exorreicos, y sus parámetros morfométricos medidos y calculados se resumen en la Tabla 3.

Cuenca Bajo Palangana: es una cuenca de drenaje de pequeñas dimensiones (98 km<sup>2</sup>) y altas pendientes (desnivel=625 m), desarrollada sobre el faldeo oriental de la Pampa de Salamanca (Figura 18). Su eje principal presenta dos direcciones: SO-NE en las cabeceras y NO-SE en su parte baja (Figura 19A). En la parte alta de la cuenca los cauces se desarrollan principalmente sobre los Rodados Patagónicos y depósitos de remoción en masa, mientras que en el sector central y desembocadura lo hacen sobre rocas de la Formación Sarmiento y Grupo Río Chico. El diseño del drenaje es de tipo dendrítico, alcanzando cauces de cuarto orden. El cauce principal es monocanalizado y con una longitud total de 27 km (Tabla 3), mostrando un diseño meandroso cerca de su desembocadura.

Cuenca Segundo Zanjón: es la cuenca más pequeña (29 km<sup>2</sup>), con el cauce principal más corto (11 km) y con menor número de cursos (N=46) de las cuencas analizadas (Tabla 3). En sus cabeceras se desarrolla preferencialmente sobre depósitos de remoción en masa, mientras que en la zona baja atraviesa el Grupo Río Chico y limita con pedimentos en su desembocadura. Su eje principal se orienta en dirección NO-SE, presentando un trazado recto y monocanalizado (Figura 19B). El diseño de drenaje es de tipo dendrítico y alcanza cauces de cuarto orden, con un cauce principal de 11 km de largo.

Cuenca Bahía Tiburón: la cuenca ocupa un área de 40 km<sup>2</sup> (Tabla 3) y muestra una forma alargada en dirección ONO-ESE (Figura 19C). Al igual que las otras cuencas analizadas, el desnivel involucrado supera los 600 m. Los afluentes de primer orden se disponen preferentemente sobre depósitos de remoción en masa, mientras que en los de mayor orden se disponen en *badlands* labrados en el Grupo Río Chico. El patrón de drenaje es dendrítico y alcanza cauces hasta de cuarto orden.

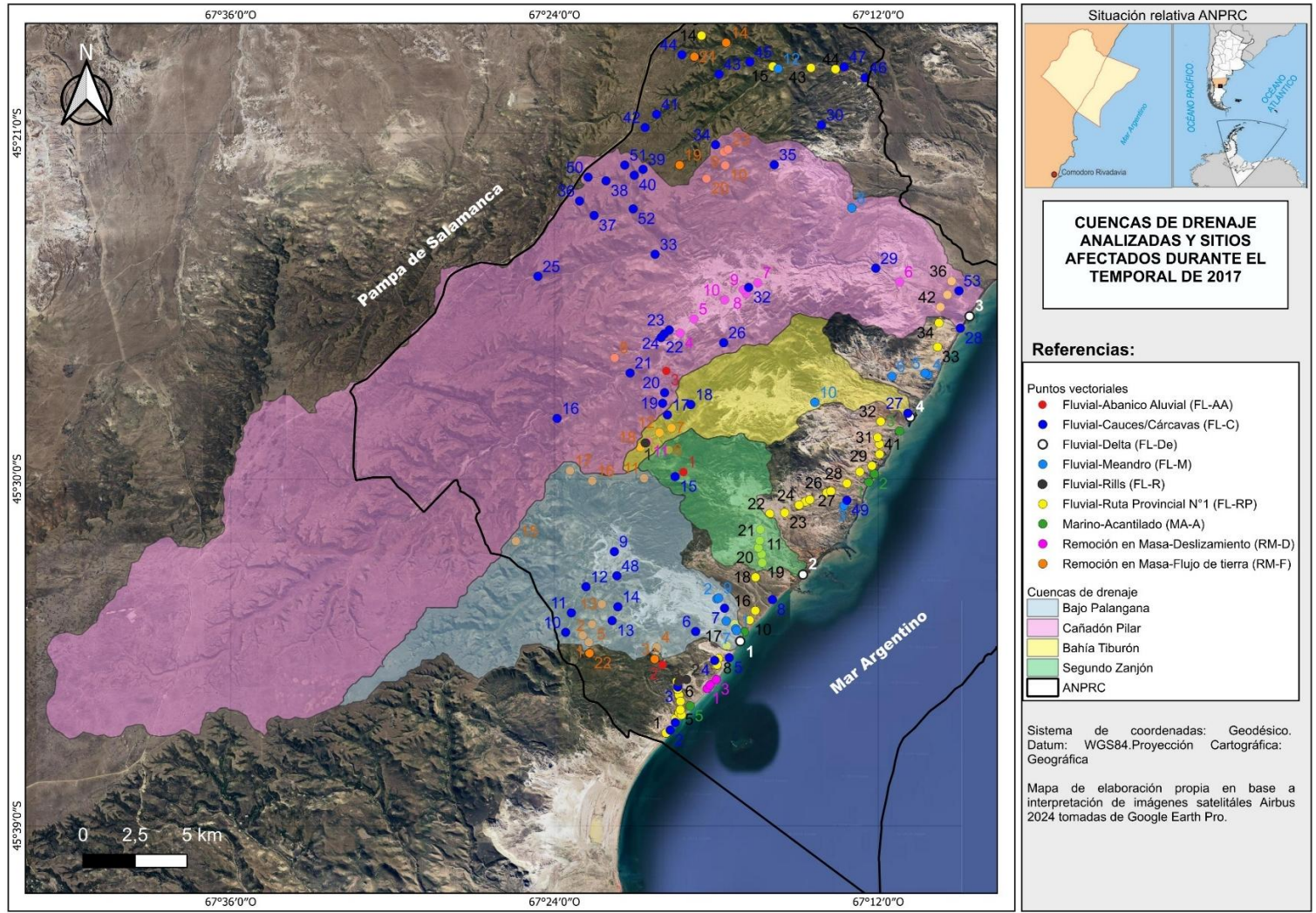


Figura 18. Distribución, tamaño y forma de las cuencas de drenaje analizadas en el ANPRC. Imagen de Google Earth™

**Cuenca Cañadón Pilar:** Es la cuenca que mayor superficie ocupa en el área de estudio (479 km<sup>2</sup>), excediendo incluso los límites del ANPRC; el tamaño medido supera en más de un orden de magnitud a las cuencas de Bajo Palangana y Segundo Zanjón. También es la cuenca con mayor desnivel (683 m), con mayor número de cauces (651), con mayor perímetro (139 km) y con el curso principal más extenso (56 km) y de mayor orden (6) (Tabla 3). Es una cuenca alargada con dos orientaciones principales: SO-NE en las cabeceras/zona media y NO-SE hacia su desembocadura en el mar (Figura 19D). Los cauces de orden 1-5 se disponen preferentemente sobre deslizamientos rotacionales, mientras que en la zona de menor altura corta afloramientos del Grupo Río Chico (orden 6).

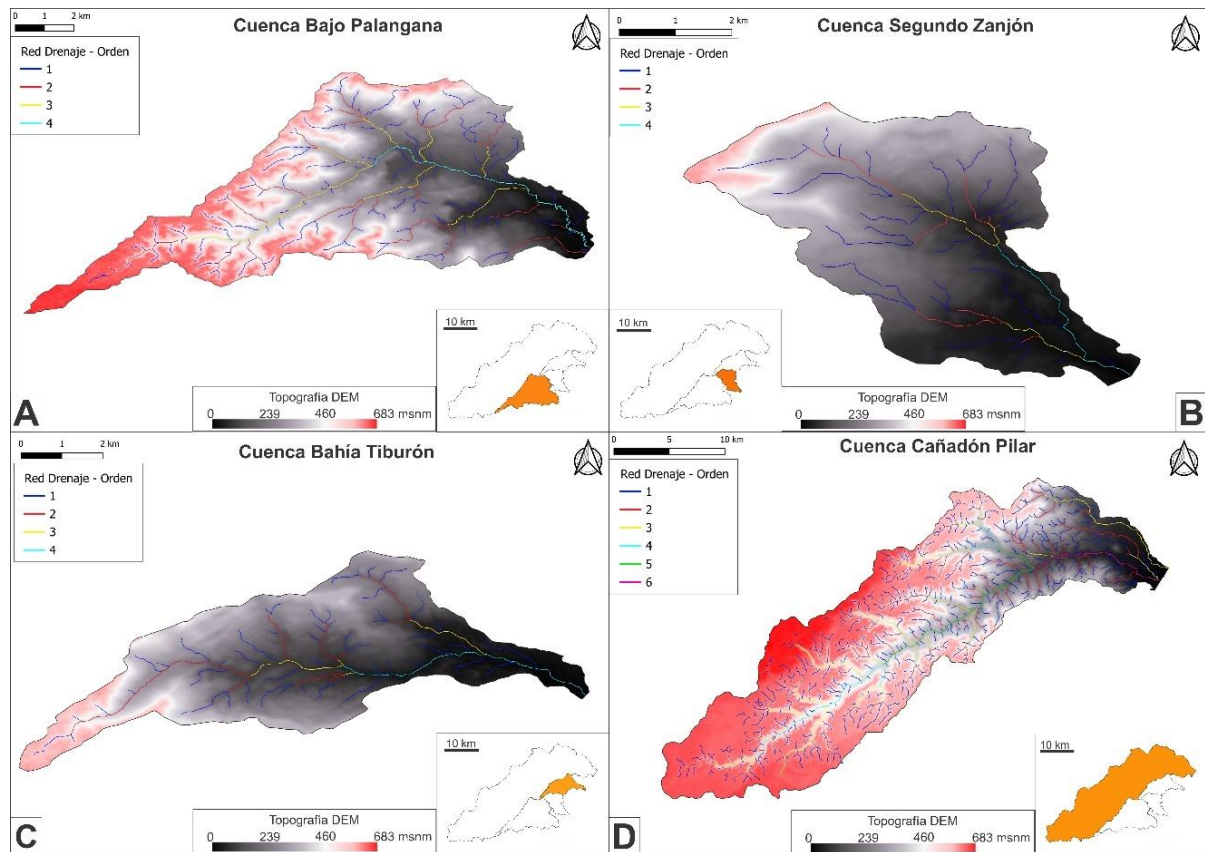


Figura 19. Forma, relieve y redes de drenaje de las cuencas de drenaje analizadas en el ANPRC. A) Bajo Palangana. B) Segundo Zanjón. C) Bahía Tiburón. D) Cañadón Pilar. Notar que las cuencas en A, B y C llegan hasta un orden de jerarquía 4, mientras que la cuenca Cañadón Pilar alcanza el orden 6. DEM ALOS PALSAR de 12.5 m de resolución

Análisis morfométrico de las cuencas de drenaje:

A continuación, se presentan los parámetros morfométricos calculados y medidos para las cuatro cuencas de drenaje analizadas en el ANPRC (Tabla 3).

Parámetros	Símbolo [unidad de medida]	Bajo Palangana	Segundo Zanjón	Bahía Tiburón	Cañadón Pilar
Área	A [km <sup>2</sup> ]	98	29	40	479
Perímetro	P [km]	59	28	39	139
Longitud del cauce principal	L [km]	27	11	17	56
Altura máxima	H máx [m]	651	630	630	683
Altura mínima	H mín [m]	26	20	28	23
Número de cauces	N	149	46	65	651
Longitud total de cauces	Lt [km]	155	49	64	684
Frecuencia de cauces	F = N/A	1,5	1,6	1,6	1,4
Densidad de drenaje	Dd = Lt/A [1/km]	1,6	1,7	1,6	1,4
Pendiente promedio (cauce principal)	S = Dc/L [m/m]	0,030	0,050	0,035	0,011
Ancho de la cuenca	W= A/L [km]	3,6	2,6	2,3	8,5
Desnivel	H = H máx - H mín [m]	625	610	602	660
Coefficiente de compacidad (Gravelius)	Kc=0,282 P/√A	1,68	1,46	1,73	1,79
Índice de circularidad	Ic = 4πA/P <sup>2</sup>	0,35	0,46	0,33	0,31
Factor de forma	Rf = A/L <sup>2</sup>	0,13	0,24	0,14	0,15
Integral Hipsométrica	HI= (Hpromedio - H mín) / (Hmáx - Hmín)	0,58	0,37	0,4	0,74

Tabla 3. Parámetros morfométricos calculados para las cuatro cuencas de drenaje en el ANPRC.

Siguiendo la clasificación de cuencas de drenaje según su tamaño de Campos Aranda (1992) (ver Anexo II), Bajo Palangana, Segundo Zanjón y Bahía Tiburón serían pequeñas (25-250 km<sup>2</sup>), mientras que Cañadón Pilar se considera intermedia-pequeña (250-500 km<sup>2</sup>).



Los factores de forma (Rf) de las cuatro cuencas están más cercas de 0 que de 1 (Tabla 3), indicando en sentido general que todas tienen morfología alargada. Aplicando la clasificación de Horton (1932) (ver [Anexo II](#)), la cuenca Segundo Zanjón es alargada (Rf: 0,22-0,3) y las restantes tres son muy alargadas (Rf <0,22). La morfología de las cuencas también está reflejada en sus índices de circularidad (Ic), cuyos valores oscilan entre 0,31 y 0,46 (Tabla 3); aplicando la clasificación de Miller (1953) todas corresponden a cuencas ovaladas (ver [Anexo II](#)). A partir de los valores de índice de compacidad (Kc) de la Tabla 3, y aplicando la clasificación de Gaspari *et al.* (2012) (ver [Anexo II](#)), la cuenca Segundo Zanjón (Kc: 1,46) varía entre oval redonda y oval-oblonga, las cuencas de Bajo Palangana (Kc: 1,68) y Bahía Tiburón (Kc: 1,73) se clasifican como oval oblonga a rectangular oblonga y la cuenca Cañadón Pilar (Kc: 1,79) es rectangular.

Las cuencas de Cañadón Pilar, Bajo Palangana, Bahía Tiburón y Segundo Zanjón presentan densidades de drenaje de 1,42 km/km<sup>2</sup>, 1,58 km/km<sup>2</sup>, 1,59 km/km<sup>2</sup> y 1,71 km/km<sup>2</sup> respectivamente (Tabla 3). Estos valores indicarían la presencia de áreas empinadas e impermeables en regiones de alta precipitación según Horton (1932); aplicando la clasificación de Delgadillo y Páez (2008), todas las cuencas presentan una densidad de drenaje moderada (ver [Anexo II](#)). En cuanto a la pendiente promedio del cauce principal (S) de las cuencas analizadas, la cuenca del Segundo Zanjón alcanza el valor más alto (S: 0,050) y la cuenca del Cañadón Pilar tiene el valor más bajo (S: 0,011).

Las integrales hipsométricas (HI) obtenidas para las cuencas Segundo Zanjón y Bahía Tiburón presentan valores menores a 0,50 (Tabla 3) y muestran curvas hipsométricas de morfología cóncava (Figura 20), indicando un relieve evolucionado con predominio a procesos erosivos (relieve senil). La cuenca Bajo Palangana presenta una integral hipsométrica cercana a 0,5 (HI: 0,58) y una curva hipsométrica con morfología sinusoidal cóncavo-convexa (Figura 20), sugiriendo condiciones en equilibrio en su evolución. La cuenca Cañadón Pilar presenta una integral hipsométrica HI>0,5 (HI: 0,74) y curva convexa, sugiriendo un predominio de la generación de relieve por sobre la erosión (relieve joven).

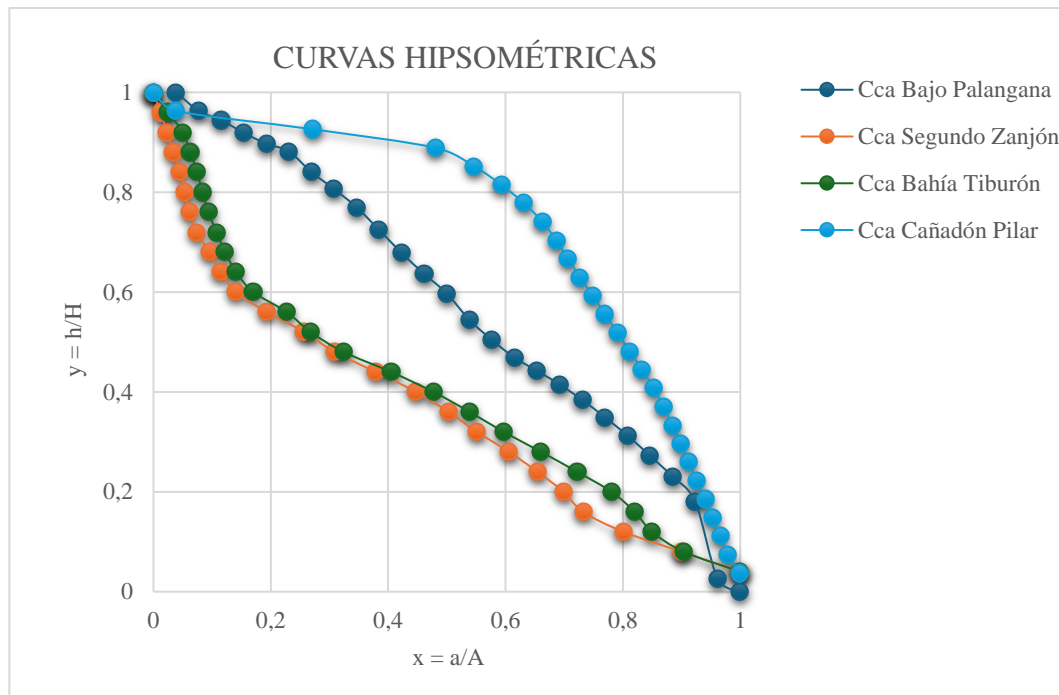


Figura 20. Gráfico de las cuatro curvas hipsométricas normalizadas.

## 7.2) Procesos geomorfológicos

El relevamiento realizado en imágenes satelitales dentro del ANPRC permitió agrupar las modificaciones del paisaje reconocidas (N: 174) en tres categorías de procesos geomorfológicos: 1) procesos erosivos (N: 112), 2) procesos depositacionales (N: 27), y 3) movimientos de remoción en masa (N: 34) (ver [Anexo I](#)). La mayoría de los cambios reconocidos están asociados a la dinámica de los sistemas fluviales efímeros que drenan desde la parte alta de la Pampa de Salamanca, quedando subordinados los movimientos de remoción en masa y los cambios asociados a la dinámica marina. El 65% corresponde a procesos erosivos, entre los cuales se identifican: *rills* (3%), cauces y cárcavas (47%), modificaciones en la RPN°1 (36%), meandros (11%) y acantilados (3%). Un 20% del total está compuesto por movimientos de remoción en masa, distribuidos en flujos de tierra (68%) y deslizamientos (32%). Finalmente, los procesos depositacionales representan la menor porción con 15% del total, e incluyen: cauces y cárcavas (44%), abanicos aluviales (39%), deltas (15%) y modificaciones en la RPN°1 (11%) (Figura 21).

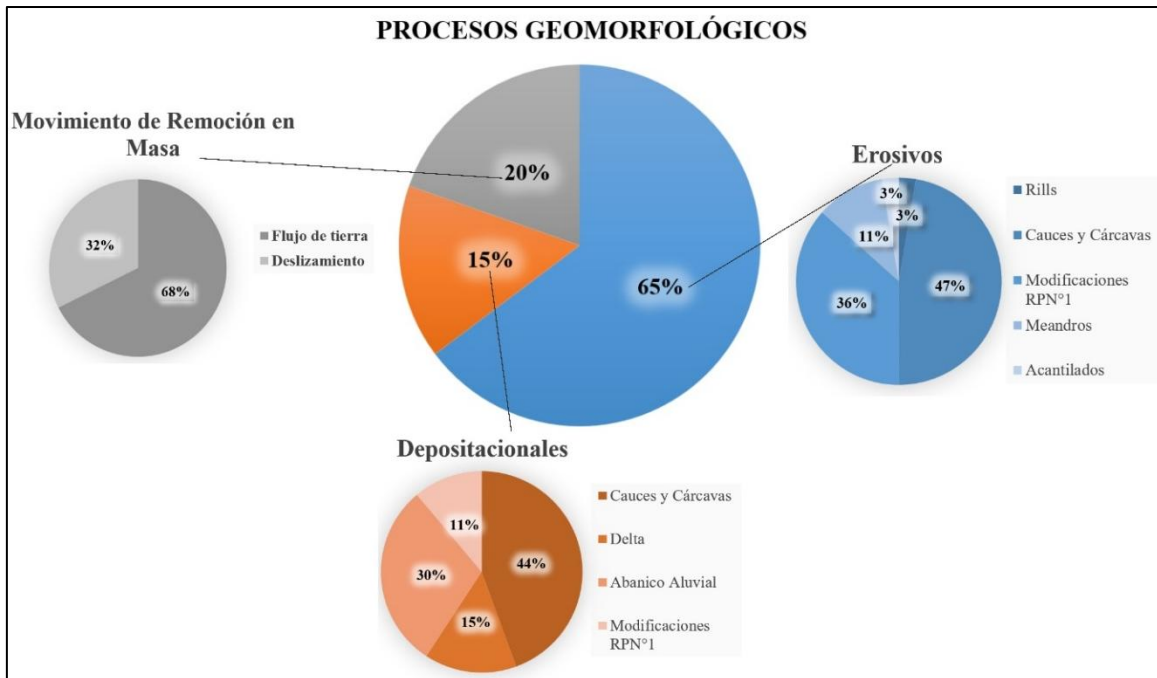


Figura 21. Estadísticas generales de los procesos geomorfológicos basadas en la cuantificación de 174 sitios afectados.

### 7.2.1) Procesos erosivos

#### 7.2.1.1) *Rills* (codificación FL-R)

Estas geoformas son incisiones rectas y subparalelas con una profundidad máxima < 1m. Presentan perfiles transversales en forma de “V”, se disponen sobre pendientes planas y uniformes con inclinaciones mayores a 15°; en los casos de pendientes cóncavas o convexas se produce la divergencia o convergencia del flujo de agua. Sólo se reconocieron tres puntos de control con estas geoformas dentro del ANPRC, todos ubicados próximos a la RPN°1 (Figura 15). La tormenta de 2017 incrementó la cantidad de laderas afectadas por este tipo de erosión (Figura 22A-B), particularmente sobre depósitos de laderas donde hay depósitos coluviales y *badlands* sobre la Formación Sarmiento (Figura 22B). En el margen oriental de la Ruta Provincial N°1, se han identificado *rills* de hasta 164 metros de longitud; estas formas se ubican sobre depósitos de ladera, desarrollados sobre una pendiente de aproximadamente 26° y sin vegetación (Figura 22C).

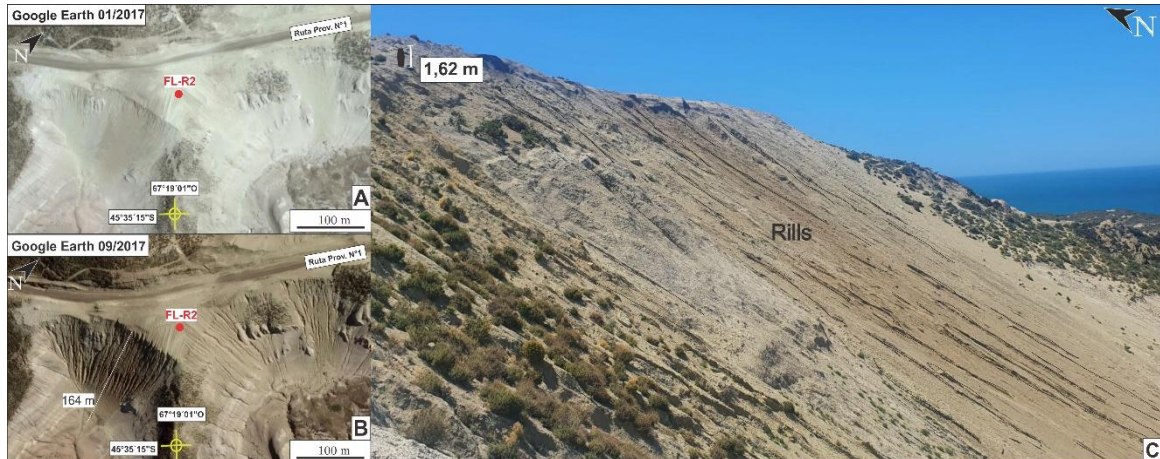


Figura 22. *Rills*. A) Imagen de Google Earth<sup>TM</sup> tomada el 18/01/2017 previo al temporal. B) Imagen de Google Earth<sup>TM</sup> tomada el 09/09/2017, luego del temporal. Incremento en la cantidad de *rills* entre ambas imágenes. C) Fotografía de *rills* sobre depósitos de ladera sobre una pendiente de  $\sim 26^\circ$  (ESE).

#### 7.2.1.2) Cauces y cárcavas (codificación FL-C)

Entre los cambios geomorfológicos reconocidos en el área de estudio se incluyen modificaciones erosivas de cauces preexistentes (ensanchamientos y profundizaciones) y generación/avance de cárcavas por erosión retrocedente (N: 53). Estos procesos se reconocen de forma ilustrativa en las cabeceras del Cañadón Pilar, donde se han observado profundizaciones de cauces y erosión retrocedente en los cauces de primer y segundo orden (Figura 23). Las Figura 23A-B ilustran la profundización de cauces y la erosión retrocedente de una cárcava por  $\sim 30$  m (FL-C51) en la parte alta de Pampa de Salamanca, durante la tormenta de 2017. Algo similar ocurre en el punto FL-C50 (Figura 23C-D), aunque en este caso la cárcava se propaga siguiendo un camino rural por aproximadamente 120 m y, a su vez, se generan nuevas cárcavas sobre las laderas del valle; se destaca además la formación de pequeños movimientos de remoción en masa en forma de flujos de tierra, abordados con detalle en el apartado 6.2.3.

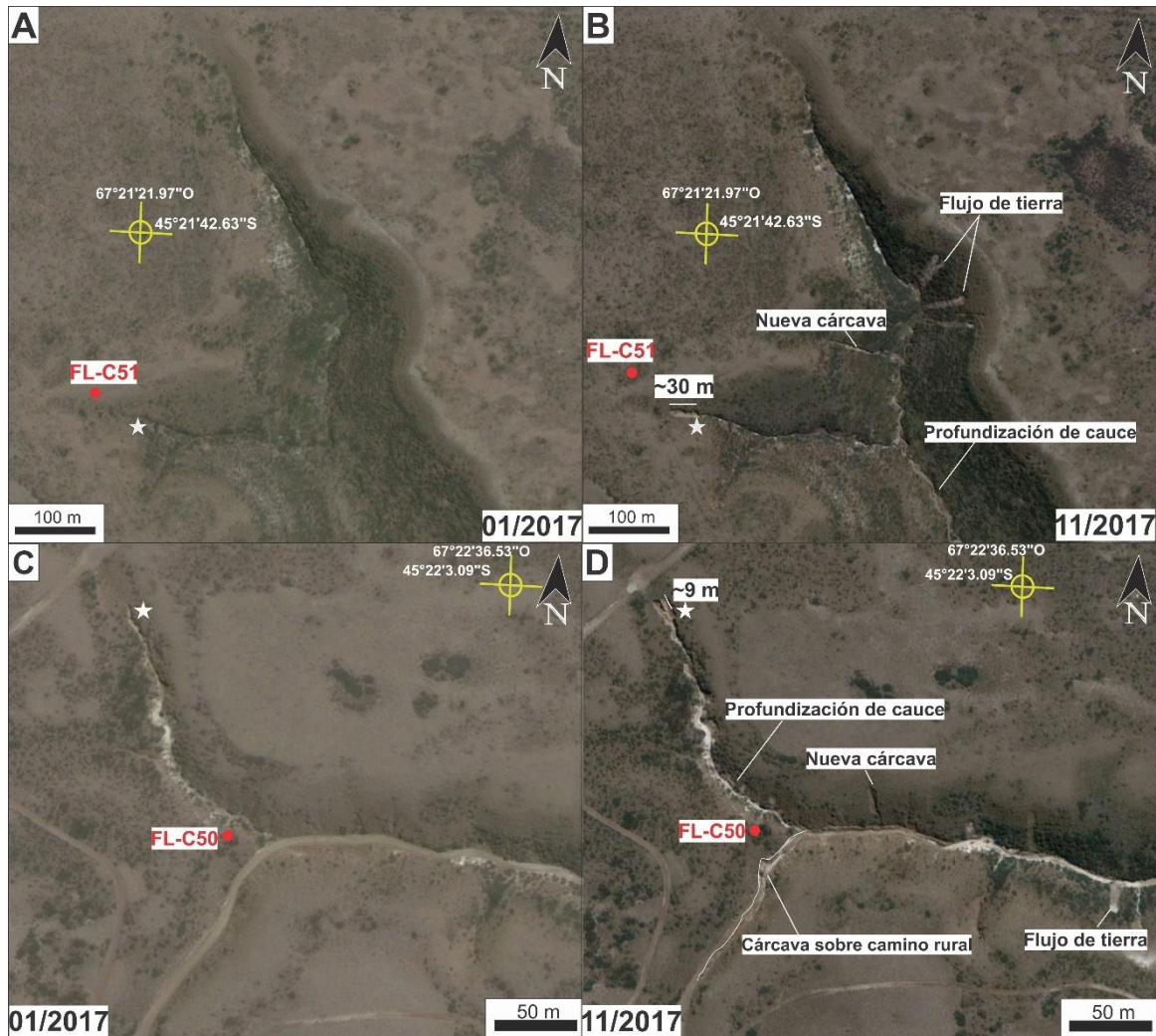


Figura 23. Cauces de la cuenca Cañadón Pilar sobre la Pampa de Salamanca. A) Imagen previa al temporal (18/01/2017), dónde se puede observar cómo los cursos se encuentran vegetados. B) Sitio FL-C51 posterior al temporal (02/11/2017): erosión retrocedente, formación de nuevas cárcavas, profundización de cauces y flujos de tierra. C) Punto FL-C50 anterior al temporal (18/01/2017). D) Sitio FL-C50 posterior al temporal (02/11/2017): erosión retrocedente de hasta ~9 metros (norte), el camino rural se encuentra erosionado por una cárcava de hasta ~120 metros de longitud.

Los sitios FL-C10 y FL-C11 están situados en la cuenca Bajo Palangana y son ejemplos destacados de profundización, ensanchamiento de los cauces y formación de cárcavas (Figura 24). Sobre el fondo de un curso de segundo orden (pendiente de  $8^\circ$  en corte C-C'), y previo a la tormenta de 2017, se reconoce el desarrollo de mallines (Figura 24A). Durante la tormenta de 2017, se originó una incisión en el fondo del valle de ~20 metros de ancho y 1,38 km de longitud (Figura 24B). En el sector izquierdo de la Figura 24B se observa también la formación de nuevas cárcavas.

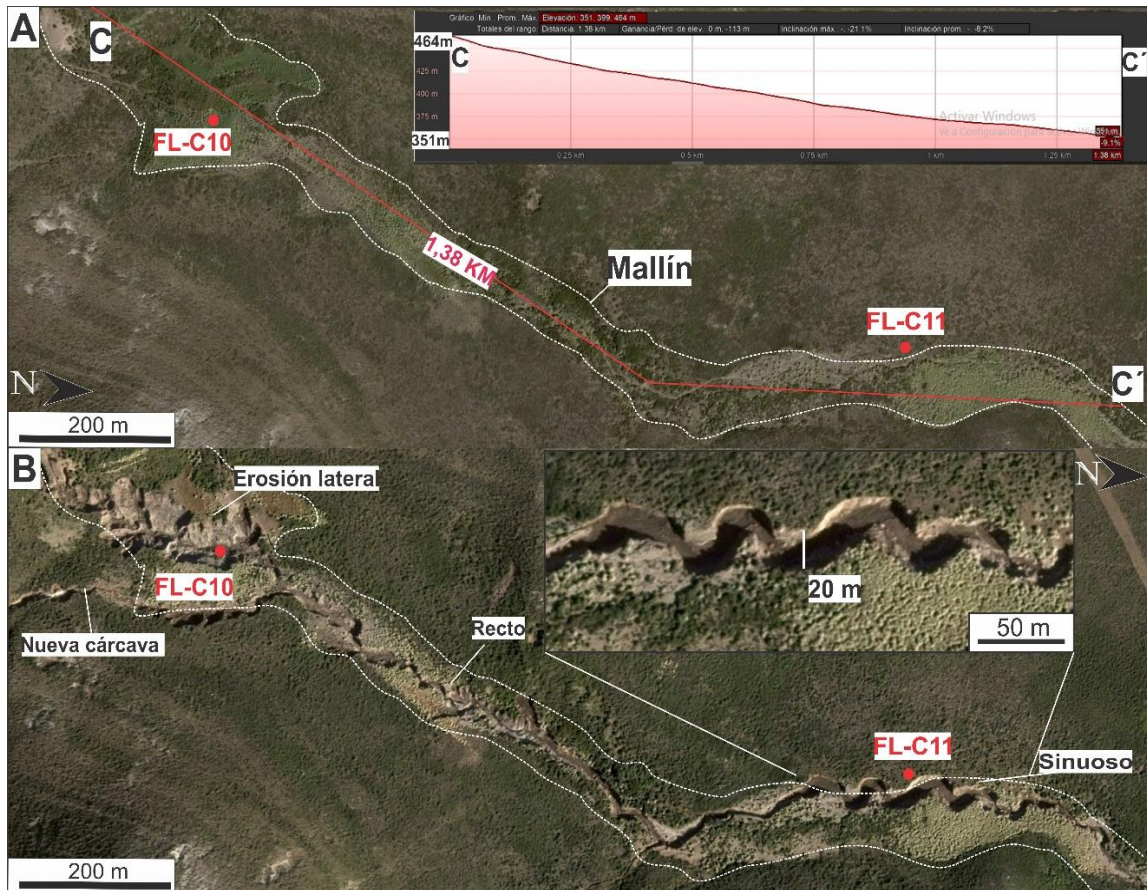


Figura 24. Nueva cárcava sobre cuenca Bajo Palangana (20 m x 1,38 km). A) Fondo de valle con mallín vegetado. Perfil de elevación tomado de Google Earth. B) Profundización y erosión sobre mallín, formación de nuevas cárcavas.

Algunas cárcavas se encuentran en la parte más baja de las cuencas de drenaje, incluso llegando hasta los acantilados costeros (Figura 25A). En el punto FL-C54 (Figura 25), el retroceso de las cárcavas durante el temporal de 2017 fue de hasta 44 metros de longitud (Figura 25B), con una profundización de hasta 3,20 metros de altura (Figura 25C). Estas cárcavas se encuentran sobre depósitos aluviales gravosos que corresponden a un pedimento.

El resto de los puntos donde los procesos erosivos asociados a la dinámica de los sistemas fluviales efímeros durante el temporal de 2017 están ilustrados en las figuras 16-18 y detallados en el [Anexo I](#).



Figura 25. Erosión retrocedente de cárcavas sobre acantilados, punto FL-C54. A) Imagen previa al temporal de 2017. B) Imagen posterior al temporal, las estrellas blancas indican puntos de referencia para la visualización de cambios. C) Fotografía sobre borde de cárcava de una profundidad de hasta ~3,2 metros y ancho de ~5 metros.

### 7.2.1.3) Modificaciones RPN<sup>o</sup>1 (codificación FL-RP)

En 41 localidades del ANPRC, la RPN<sup>o</sup>1 se vio afectada por cárcavas que la cortan tanto perpendicularmente como en sentido longitudinal (ver [Anexo I](#)). Esta concentración de modificaciones erosivas asociadas a sistemas fluviales sobre la traza de la RPN<sup>o</sup>1, hizo necesario sumar una codificación adicional (FL-RP) a fin de contemplar esta distribución espacial preferencial. Un ejemplo ilustrativo es el punto FL-RP12, donde se monitorearon las variaciones geomorfológicas después de la obra de mejoramiento de 2012 (Figura 26A-B), luego del temporal de 2017 (Figura 26C) y después de la lluvia de 2022 (Figura 26D). El cauce tiene una orientación NO-SE y corta

la ruta casi perpendicularmente. Inicialmente, el camino utilizado para circular cruzaba en cauce sobre el margen norte de la ruta, probablemente recorriendo el sector con menor pendiente y mayor accesibilidad (Figura 26A). En mayo de 2015, Vialidad Provincial rellenó del cauce removilizando material ubicado al borde de la ruta, quitando el suelo y la vegetación que se encontraban sobre los márgenes norte (~65 m) y sur (~38 m) del camino (Figura 26B). El desmonte se observa en una imagen satelital con textura fina, color pardo claro y un patrón de líneas subparalelas creadas por las máquinas de vialidad (Figura 26B). Posteriormente, en junio de 2017, los terraplenes y el camino se muestran erosionados por una cárcava de ~4 metros de ancho, retomando la traza original del cauce (Figura 26C). Los sedimentos arenosos removidos durante la tormenta se depositaron preferencialmente sobre la margen norte de la ruta, en forma de depósitos canalizados y de desbordamiento. Para septiembre de 2022 (Figura 26D), el cauce recompuso el diseño y la dirección de escurrimiento, similares a las condiciones observadas en 2009, atravesando y destruyendo por completo la obra civil. El efecto “dique” del terraplén de la ruta, sumado a las obras de entubamiento deficitarias o inexistentes, parecen haber magnificado las modificaciones del paisaje durante la tormenta de 2017.



Figura 26. Punto FL-RP12 sobre la RPN°1. A) Imagen Google Earth™ previa a obras civiles de la Ruta Provincial N°1 (25/09/2009). B) Imagen Google Earth™ de la ruta terminada antes del temporal (04/05/2015). C) Imagen Google Earth™ luego del temporal de 2017 (27/06/2017). D) Imagen Google Earth™ luego de las precipitaciones del 19-20/09/2022. Observar las similitudes de la figura A y D.



La construcción de la RPN<sup>o</sup>1 también generó la formación de lagunas temporarias por la interrupción de los cauces fluviales efímeros que drenan en sentido general O-E desde la Pampa de Salamanca (Figura 27), de las cuales la “laguna de Rocas Coloradas” es uno de los ejemplos turísticamente más conocidos. Como se aprecia en Figura 27A y Figura 27D, los puntos FL-RP29 y FL-RP37 eran cauces efímeros que drenaban en dirección NO-SE. Sin embargo, la construcción de la RPN<sup>o</sup>1 creó una barrera para estos cauces, impidiendo el paso del agua hacia su nivel de base (Figura 27B-F). Esto se debe a que los terraplenes de la ruta están construidos con un alto grado de compactación para garantizar la estabilidad del terreno y soportar el tránsito vehicular.

Tras el evento meteorológico de 2017, se observó una gran acumulación de agua y un aumento de tamaño de las lagunas rojas en el margen norte del camino. En el punto FL-RP29 se formó una cárcava que erosionó la ruta y fluyó sobre el talud sur del terraplén, reconectándose con el cauce inicial (Figura 27C). En la Figura 27F se observa cómo la laguna se expande después de la tormenta y erosiona parte del camino, reduciéndolo. Además, se formaron cárcavas de menores dimensiones en el margen sur del terraplén, ya que su elevada pendiente lo transformaron en un sector propenso para la generación de estas geoformas.



Figura 27. Imágenes Google Earth™ sobre la RPN°1 en el ANPRC. A) Localidad FL-RP29 antes de la construcción de ruta (09/2009), dónde el curso efímero escurría sin mayores dificultades. B) Construcción de la ruta con un terraplén cortando el cauce principal (05/2015). C) Endicamiento y erosión de la ruta por el temporal de 2017 (07/2017). D) Localidad FL-RP37 antes de obra civil (09/2009). E) Construcción de la RPN°1, con incipiente acumulación de agua sobre el margen oeste (02/2016). F) Formación de lagunas y erosión de la ruta después de la tormenta (07/2017).

La RPN°1 también sufrió daños graves en la intersección con el cauce principal de la cuenca Bajo Palangana (PL-RP9), en la parte más baja de la cuenca (Figura 28A-B). En esta posición, el curso de 4° orden presentaba un diseño de alta sinuosidad y la ruta lo cortaba por la cresta de un meandro en 02/2016 (Figura 28A). Durante la tormenta de 2017, en esta posición el cauce transportó el agua caída en toda la cuenca (98 km<sup>2</sup>), luego



de superar un desnivel de 651 m después de haber recorrido 27 km (Tabla 3); el volumen de agua alcanzado, sumado al poder erosivo del transporte de gravas, arrasó con 45 metros de la traza de la ruta (FL-RP9, Figura 28B). Analizando imágenes previas y posteriores al temporal, el cauce muestra una serie de modificaciones en este punto: i) ensanchamiento del canal, ii) rectificación del curso por corte de meandros (*chute cutoff*), iii) formación de barras longitudinales (20-30 m de largo) en el sector interno del meandro durante la alta descarga, iv) traslación del meandro, ya que la cresta del meandro migra unos ~50 m aguas abajo, v) sedimentación por desbordamiento a los costados del cauce, particularmente abundantes aguas arriba del punto FL-RP9, y vi) desenterramiento de las obras de desagüe construidas en marzo de 2015.

Pocas decenas de metros aguas arriba y aguas abajo de FL-RP9, el cauce también sufrió importantes modificaciones en los puntos FL-M1 (Figura 28C-D) y FL-M11 (Figura 28E-F). En ambos casos, los depósitos de la tormenta presentan tonalidades pardas claras y una textura fina y suave en imágenes satelitales. En FL-M1 (aguas abajo de FL-RP9) también se destaca una fuerte rectificación (*chute cutoff*) y ensanchamiento del cauce por erosión lateral. En FL-M11 (aguas arriba de FL-RP9), además de una fuerte rectificación del cauce, se destaca la abundante sedimentación de depósitos de desbordamiento, haciendo suponer que la traza de la ruta pudo haber generado cierto endicamiento antes de destruir las obras de desagüe y terraplén.



Figura 28. Cauce principal de la cuenca Bajo Palangana cerca de su desembocadura, comparación de imágenes Google Earth™ previas (02/2016) y posteriores al temporal (07/2017). A) Intersección con RPN°1, obra pluvial de hormigón construida en marzo de 2015 y cauce de alta sinuosidad. B) Camino erosionado (~45 m) y exposición de la obra civil, canales abandonados, patrón multicalizado y depósitos de desborde sobre planicie de inundación proximal. C) Canal meandroso previo al temporal en punto FL-M1. D) Meandros estrangulados, disminución de la sinuosidad y ensanchamiento del cauce en FL-M1. E) Cauce previo al temporal en punto FL-M11. F) Rectificación del canal y abundante sedimentación de depósitos de desbordamiento en FL-M11.

Para integrar los resultados obtenidos de los puntos FL-RP9, FL-M11 y FL-M1, se realizó un mapeo geomorfológico de detalle de esta zona posteriores a las precipitaciones extremas de 2017 (Figura 29).

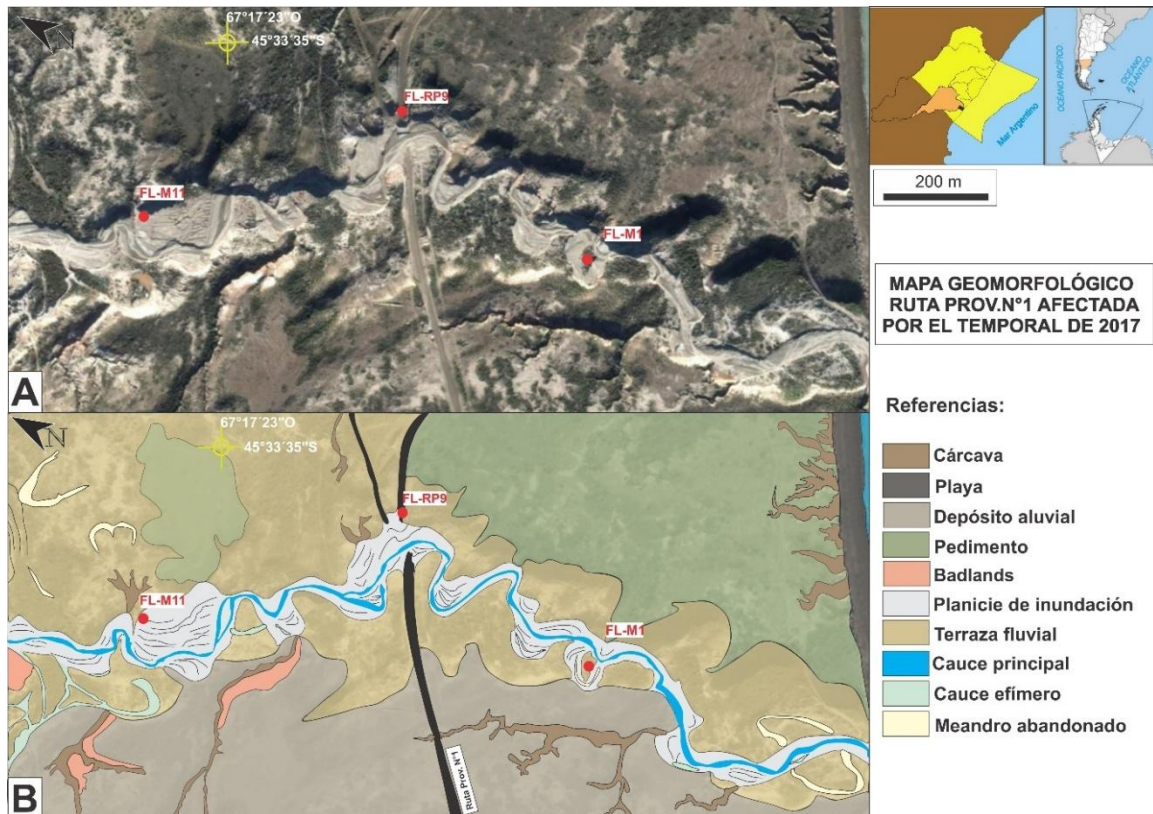


Figura 29. A) Imagen satelital tomada de Google Earth™ (2022) utilizada como base de mapeo. B) Mapeo geomorfológico de detalle sobre el cauce principal de la cuenca Bajo Palangana en la intersección de la RPN°1.

El resto de los puntos donde la RPN°1 fue afectada por erosión asociada a la dinámica de los sistemas fluviales efímeros durante el temporal de 2017 (particularmente asociados a terraplenes y desagües pluviales), están ilustrados en la Figura 15, Figura 16 y Figura 17, y detallados en el [Anexo I](#).

### 7.2.2) Procesos depositacionales

El análisis de imágenes satelitales multihistóricas en el ANPRC permitió reconocer dos ambientes donde predominaron procesos depositacionales asociados a los sistemas fluviales efímeros: depositación en fondo de valle y deltas.

#### 7.2.2.1) Depositación en fondos de valle (codificación FL-C)

Se identificaron 12 puntos dentro del área de estudio donde hubo depositación en fondos de valle, en muchos casos sobre mallines vegetados, mayormente en los sectores



medios de las cuencas de drenaje (formaciones Chenque y Santa Cruz) (ver Figura 15, Figura 16 y Figura 17, y [Anexo I](#)). Los puntos FL-C22 y FL-C59 están ubicados sobre el cauce principal de la cuenca Cañadón Pilar (Figura 30A-B) y se puede observar los siguientes cambios durante la tormenta de 2017: i) importante profundización del cauce, erosionando ~145 m de mallín en el fondo del valle, y ii) depositación sobre el fondo del valle (aguas arriba de la incisión), mostrando un sistema multicanalizado de 60-80 m de ancho. Ambos procesos, erosivos y depositacionales, destruyeron la cobertura vegetal del humedal durante el temporal.

El punto FL-C12 se encuentra ubicado en la parte media alta de la cuenca Bajo Palangana (Figura 30C-D), sobre rocas de la Formación Chenque. Se reconoce un valle vegetado de 100-200 m de ancho (Figura 30C) que fue cubierto por completo por sedimentación durante la tormenta (tonos marrones claros con textura fina). Resulta interesante hacer notar que la sedimentación en los fondos de valle muestra una multiplicidad de ambientes y subambientes, incluyendo canales, barras, planicies de inundación proximal y explayamientos.

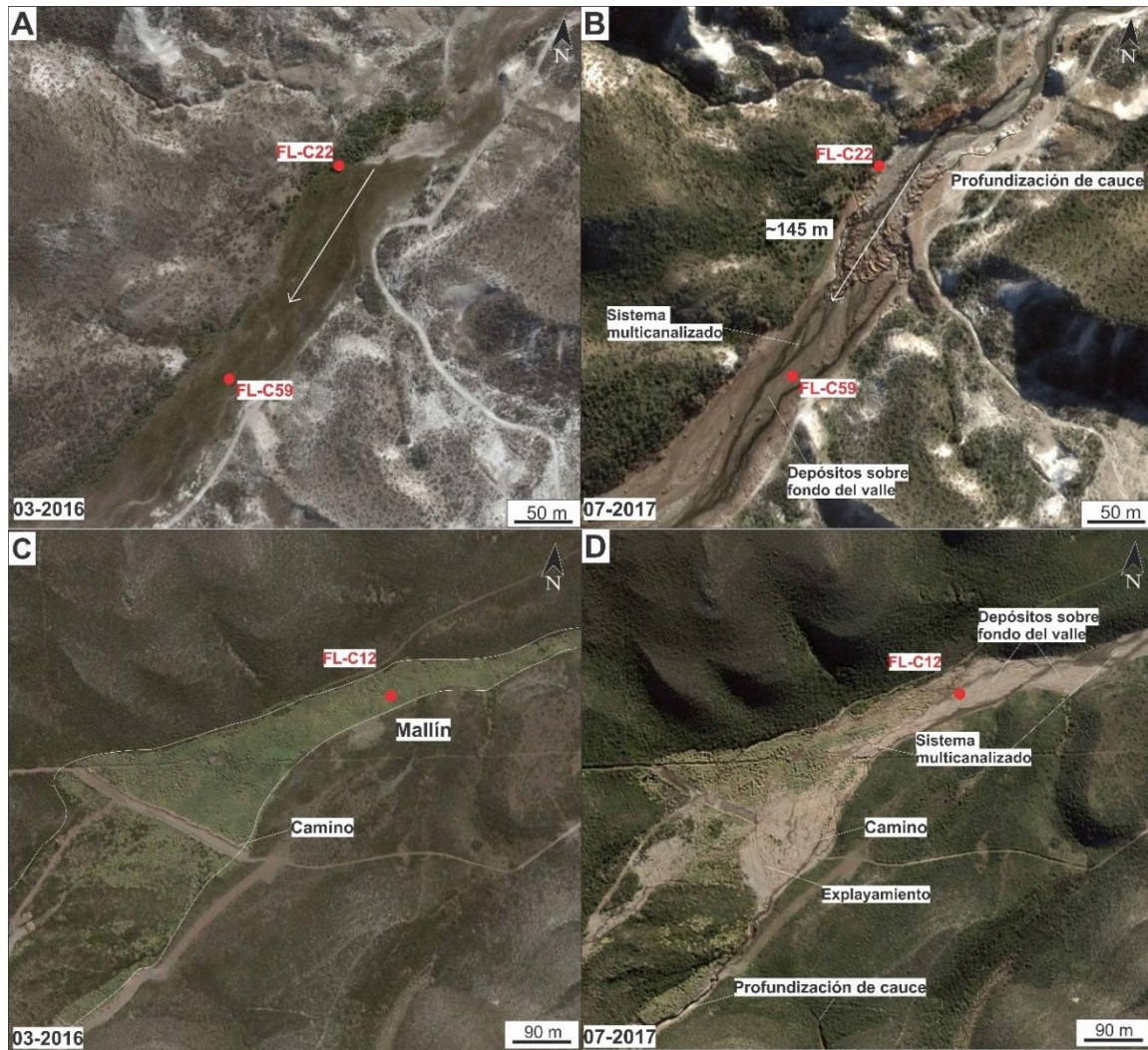


Figura 30. Depositación en fondos de valle. A) Fondo de valle vegetado previo al temporal, cuenca Cañadón Pilar (sitios FL-C22 y FL-C59). B) Erosión retrocedente y sedimentación en el fondo del valle. C) Mallín vegetado previo al temporal de 2017, cuenca Baja Palangana (FL-C12). D) Depositación sobre el valle, notar las diferencias de tonos más claros y textura lisa para los depósitos del curso reactivado.

#### 7.2.2.2) Deltas (codificación FL-De)

En base a imágenes satelitales multihistóricas se identificó la formación de cuatro deltas transitorios durante el temporal de 2017 en la desembocadura al mar de las cuatro cuencas de drenaje (Figs. Figura 15 y Figura 31): Bajo Palangana (FL-De1) (Figura 31A), Segundo Zanjón (FL-De2) (Figura 31B), Cañadón Pilar (FL-De3) (Figura 31C) y Bahía Tiburón (FL-De4) (Figura 31D). Los deltas FL-De1 y FL-De2 se identificaron sobre las imágenes del Google Earth™, mientras que los deltas FL-De3 y FL-De4 se detectaron a partir de imágenes Landsat 8. La diferencia de resolución espacial entre ambos productos

satelitales hace que la calidad de la información obtenida no sea totalmente comparable (Figura 31).

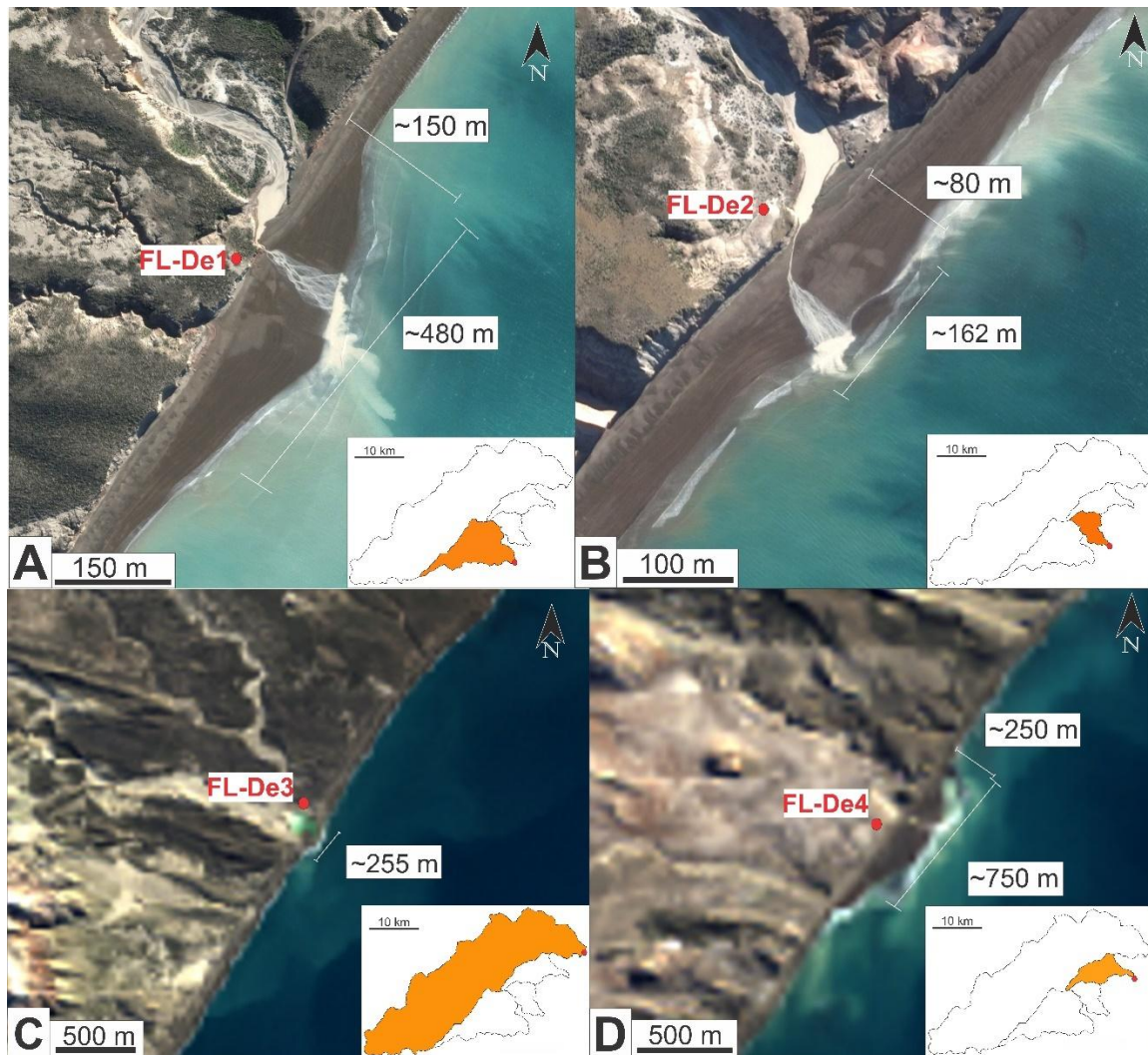


Figura 31. Deltas transitorios en la desembocadura de las principales cuencas de drenaje. A) Delta FL-De1, cuenca Bajo Palangana, Google Earth™ del 27/07/2017. B) Delta FL-De2, cuenca Segundo Zanjón, Google Earth™ del 27/07/2017. C) Delta FL-De3, cuenca Cañadón Pilar, Landsat 8 del 29/05/2017. D) Delta FL-De4 en la cuenca Bahía Tiburón, Landsat 8 del 29/05/2017.

Se monitoreó la desembocadura de la cuenca Bajo Palangana desde 02/2016 a 09/2022, a fin de caracterizar su evolución temporal (Figura 32A-F). El delta FL-De1 se reconoce por primera vez en imágenes de 07/2017 (Figura 32B), proyectándose en forma subaérea sobre el mar con 150 de largo y ~500 m de ancho. Este delta presenta un contorno redondeado y liso, resultado de la acción del oleaje, así como una ligera asimetría, con una mayor extensión hacia el sur.

Además, se observa que el canal alimentador se mantiene activo tres meses después de la tormenta, con una pluma de sedimentos en suspensión que deriva hacia el sur. Esta actividad se atribuye también al segundo evento de precipitación extrema ocurrido en junio del 2017, durante el cual se registraron 87,7 mm de lluvia (Fig.8).

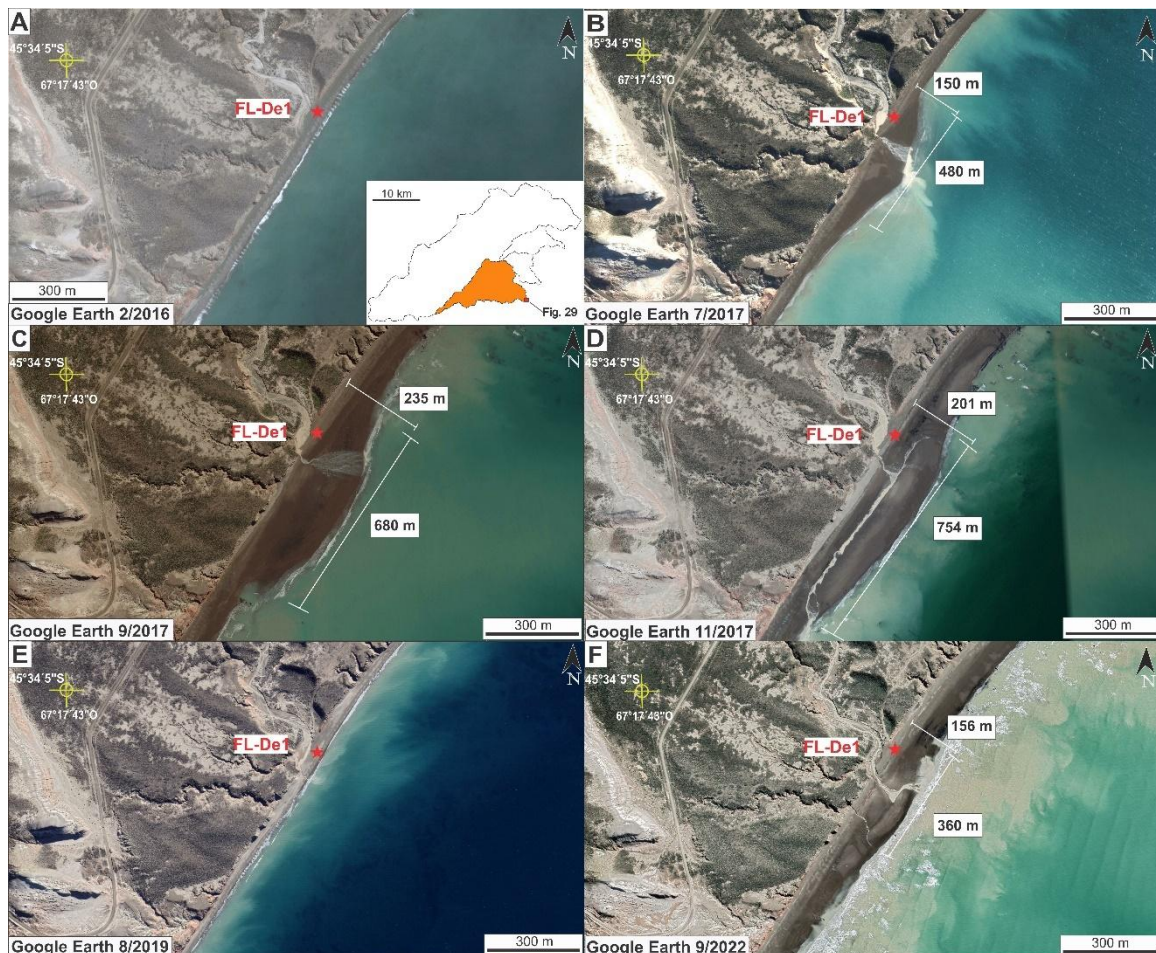


Figura 32. Evolución del delta FL-De1 en la desembocadura de la cuenca Bajo Palangana, imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (18/02/2016), mapa con ubicación situación en la cuenca Bajo Palangana. B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017), formación de un delta asimétrico (más extenso al sur). C) Imagen del 09/09/2017, mostrando el crecimiento del delta. D) Imagen del 02/11/2017, retrabajo de los depósitos deltaicos por la acción de las olas. E) Redistribución total de los sedimentos deltaicos (24/08/2019). F) Imagen posterior a las precipitaciones de septiembre de 2022 (22/09/2022), formación de un nuevo delta.

Para septiembre de 2017 el delta alcanza su máximo avance sobre el mar (235 m de largo y 680 de ancho), manteniéndose activo con un diseño distributivo de sus canales (Figura 32C); el avance de la geofoma respecto de la imagen anterior es 85 m. Para noviembre de 2017 se observa: i) una disminución de su largo (201 m), ii) un incremento

de su ancho (754 m) y iii) un aumento en la asimetría hacia el sur, interpretado como un retrabajo de los sedimentos deltaicos por parte de las olas (Figura 32D); en ese momento, la descarga acuosa se vió obligada a escurrir paralela a la costa, probablemente siguiendo la disposición de las bermas (Figura 32D). Para agosto de 2019 (Figura 32E), las olas redistribuyeron completamente los depósitos deltaicos de 2017, rectificando la línea de costa y dejando una configuración litoral muy similar a la observada antes del temporal de 2017 (Figura 32A).

En las imágenes tomadas el 22/09/2022, se identificó un nuevo delta en el punto FL-De1, debido a las fuertes precipitaciones que tuvieron el 19 y 20 de ese mes (Figura 32F); esta nueva geoforma tuvo una longitud de ~360 metros y un ancho de ~150 metros, y se incorporó un cauce secundario efímero ubicado al sur del cauce principal. Estos depósitos deltaicos se describieron en campo el mes de enero de 2023 (Figura 33): i) el delta está compuesto por arenas medianas a gruesas, gravas y bloques de rocas sedimentaras de hasta ~30 cm (Figura 33B), ii) en los bordes de los cauces se observaron restos de ramas y hojas transportados durante alta descarga, iii) buena parte del delta queda cubierto durante la pleamar, y iv) el retrabajo de los depósitos deltaicos en cordones litorales termina endicando la descarga del cauce principal (Figura 33D).



Figura 33. Relevamiento de campo punto FL-De1, cuenca Bajo Palangana. A) Imagen Google Earth™ posterior a las altas precipitaciones de 19 y 20 de septiembre de 2022. B) Contacto de depósitos arenosos y gravosos en el centro del delta. C) Fotografía hacia el sur del cauce secundario, ancho de ~3,3 metros. D) Fotografía hacia el sur del delta FL-De1 en bajamar, los colores pardo oscuro corresponden a gravas y los más claros a arenas.

De manera complementaria, se aplicó la metodología de detección de cambios por superposiciones de las imágenes de febrero de 2016 y julio de 2017 (Figura 34A-B),

utilizando una composición RGB PC1-PC2-PC3 con el software SNAP (Figura 34C). Los rasgos que se mantienen en ambas imágenes (ej. continente y línea de costa) se presentan en tonos rosados, mientras las modificaciones del paisaje se distinguen por sus tonalidades verde amarillento claro (delta y pluma de sedimentos hacia el sur).

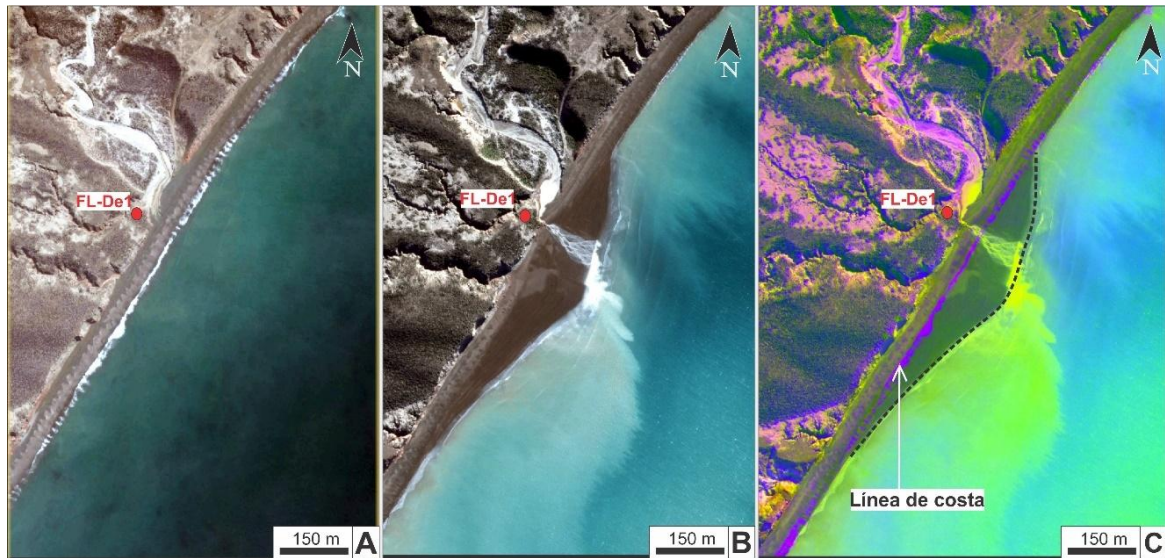


Figura 34. Detección de cambios delta FL-De1 luego de la tormenta de 2017, cuenca Bajo Palangana. A) Imagen Google Earth™ previa al temporal (18/022016). B) Imagen Google Earth™ posterior al temporal (27/07/2017). C) Imagen procesada con PCA composición RGB:123 para detección de cambios.

Además, sobre la composición realizada se añadió la imagen de septiembre de 2017, a fin de observar el crecimiento en sus distintas etapas evolutivas (Figura 35): en tonos rosados se ven los rasgos previos a la tormenta de 2017, en tonos verdes oscuros el avance del delta en julio 2017 y en tonos verde-amarillentos el crecimiento de la geoforma entre julio y septiembre de 2017 (Figura 35D). La Figura 36 ilustra un mapa geomorfológico de detalle correspondiente al delta FL-De1, realizado sobre imagen del 09/09/2017.

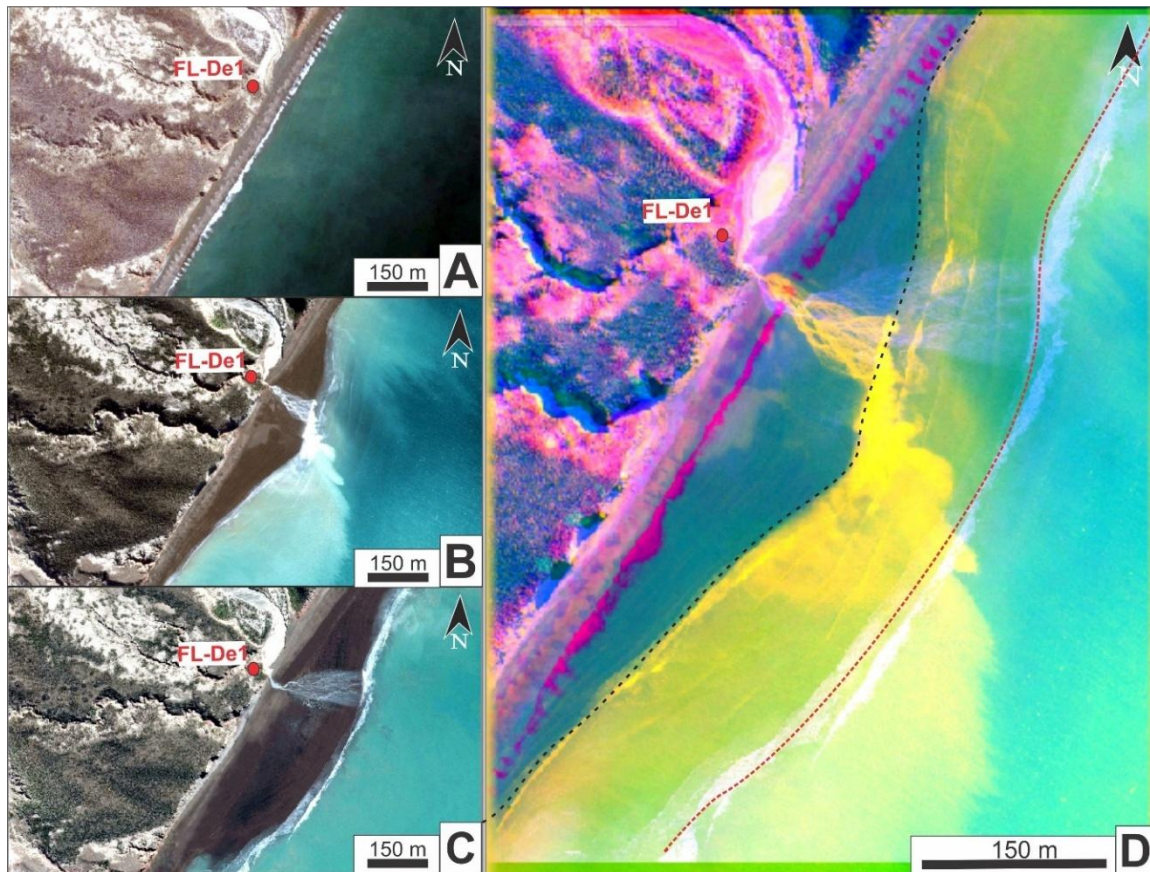


Figura 35. Detección de cambios en FL-De1 entre febrero 2016 y septiembre 2017, en base a imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (18/02/2016). B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017). C) Imagen de 09/09/2017). D) Imagen procesada con PCA composición RGB:123. Se puede observar el crecimiento del delta entre julio (línea punteada negra) y septiembre de 2017 (línea punteada roja).

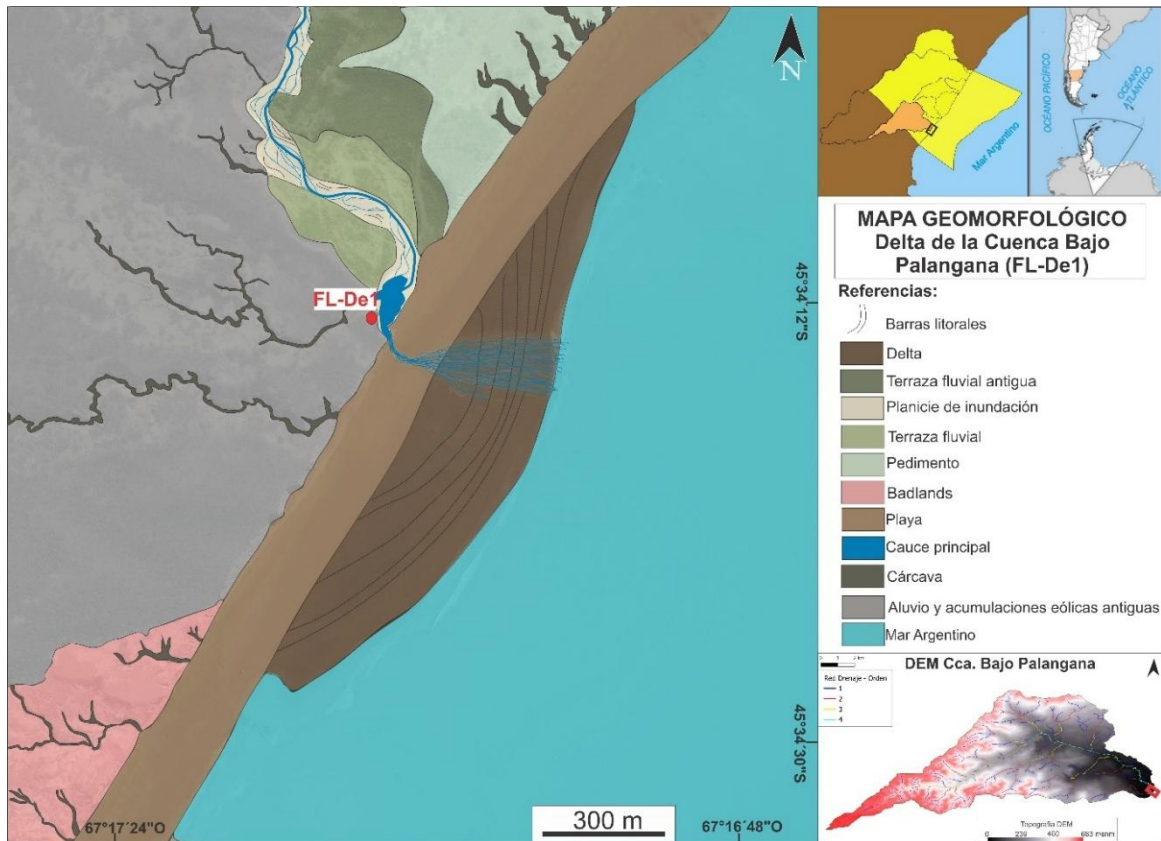


Figura 36. Mapa geomorfológico Delta FL-De1 en la desembocadura de la cuenca Bajo Palangana. Modelo de elevación digital ALOS PALSAR con ubicación del delta en la cuenca.

El delta originado en la desembocadura de la cuenca del Segundo Zanjón (FL-De2) tuvo una longitud aproximada de 162 metros y un ancho de 80 metros en julio de 2017 (Figura 37A). La cantidad de sedimentos aportados por esta cuenca durante la tormenta de 2017 fue menor y/o menos prolongada en el tiempo, ya que esta geoforma desapareció rápidamente en las imágenes históricas. Sin embargo, con las precipitaciones de septiembre de 2022, la cuenca se reactivó y formó un nuevo delta de aproximadamente 110 metros de longitud (Figura 37B). Ambos deltas presentaron tamaños y geometrías similares en 2017 y 2022, aunque en ninguno de los casos se lograron capturar en otras imágenes históricas para monitorear su evolución temporal.

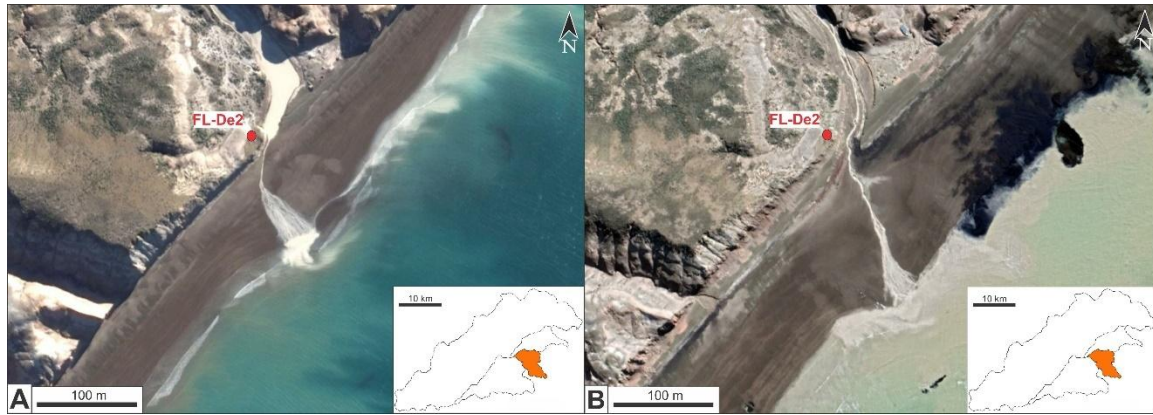


Figura 37. Deltas formados en la desembocadura de la cuenca Segundo Zanjón, imágenes Google Earth™. A) Imagen posterior a la tormenta de 2017 (27/07/2017). B) Imagen posterior a la lluvia de septiembre de 2022 (22/09/2022).

Los deltas FL-De3 (cuenca Cañadón Pilar) y FL-De4 (cuenca Bahía Tiburón) fueron reconocidos sólo en imágenes Landsat 8 del 29/05/2017, con un ancho máximo de ~255 y ~750 m respectivamente (Figura 31C-D). En ambos casos, estas geformas no fueron reconocidas en imágenes posteriores a la tormenta, por lo que se interpreta que fueron rápidamente erosionados por el mar.

### 7.2.2.3) Abanicos aluviales (codificación FL-AA)

Se identificó la reactivación de 9 abanicos aluviales dentro del área de estudio, localizados sobre depósitos previos de remoción en masa y se ubican sobre la Formación Chenque (ver [Anexo I](#)). Las geformas FL-AA2, FL-AA5 y FL-AA6 se ubican al sureste del Pico Salamanca (Figura 15 y Figura 38), se encuentran poco visibles y cubiertas de vegetación hasta el año 2017 (Figura 38A). En la imagen de julio del mismo año se observa la reactivación de tres abanicos por los nuevos depósitos en tonos claros y textura fina (Figura 38B). Los depósitos se subdividieron en tres: abanico principal (FL-AA2), abanico secundario (FL-AA5) y abanico terciario (FL-AA6) (Figura 38B).

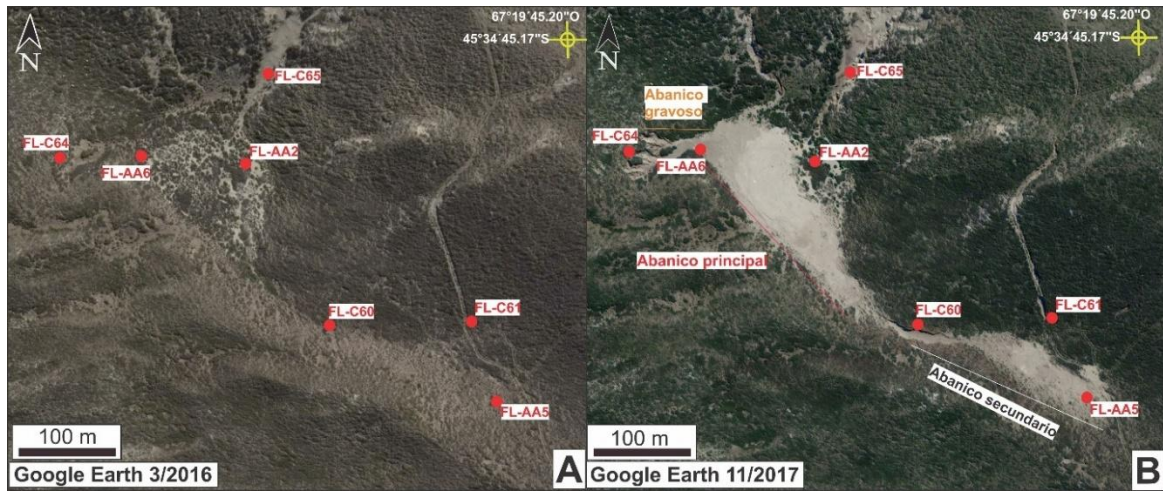


Figura 38. Abanicos aluviales sobre faldeo sur del Pico Salamanca (FL-AA2, FL-AA5 y FL-AA6), imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal de 2017 (10/03/2016). B) Imagen posterior al temporal, con la reactivación de los abanicos aluviales y la formación de nuevas cárcavas que alimentan a los depósitos (FL-C60, FL-C61, FL-C64 y FL-C65) (2/11/2017).

El abanico principal (FL-AA2) tiene un ancho de 246 m y una longitud de 115 m (desde el ápice hasta la base), drenando hacia el SO. En un corte longitudinal muestra un perfil cóncavo, con pendientes de hasta  $8^\circ$  (Figura 39B). En un corte transversal muestra un perfil convexo, con pendientes de hasta  $4^\circ$  (Figura 39C). El abanico está compuesto principalmente por arena fina con laminación horizontal incipiente, arcillas y restos de fósiles marinos de la Formación Chenque (Figura 40); la abundancia de grietas de desecación demuestra el predominio de sedimentos arcillosos (Figura 40B). La zona cuenca de alimentación del abanico muestra signos de fuerte erosión sobre la Formación Chenque (Figura 41A), conformada por un cañadón (sitio FL-C65) de hasta 48 m de y 288 m de largo, dispuesto sobre un faldeo de alta pendiente ( $29^\circ$ ) (Figura 41B). Las escarpas erosivas son de hasta 6,5 m. Dentro del cañadón se disponen sedimentos arenosos y limo-arcillosos, removilizados por acción hidroeólica.

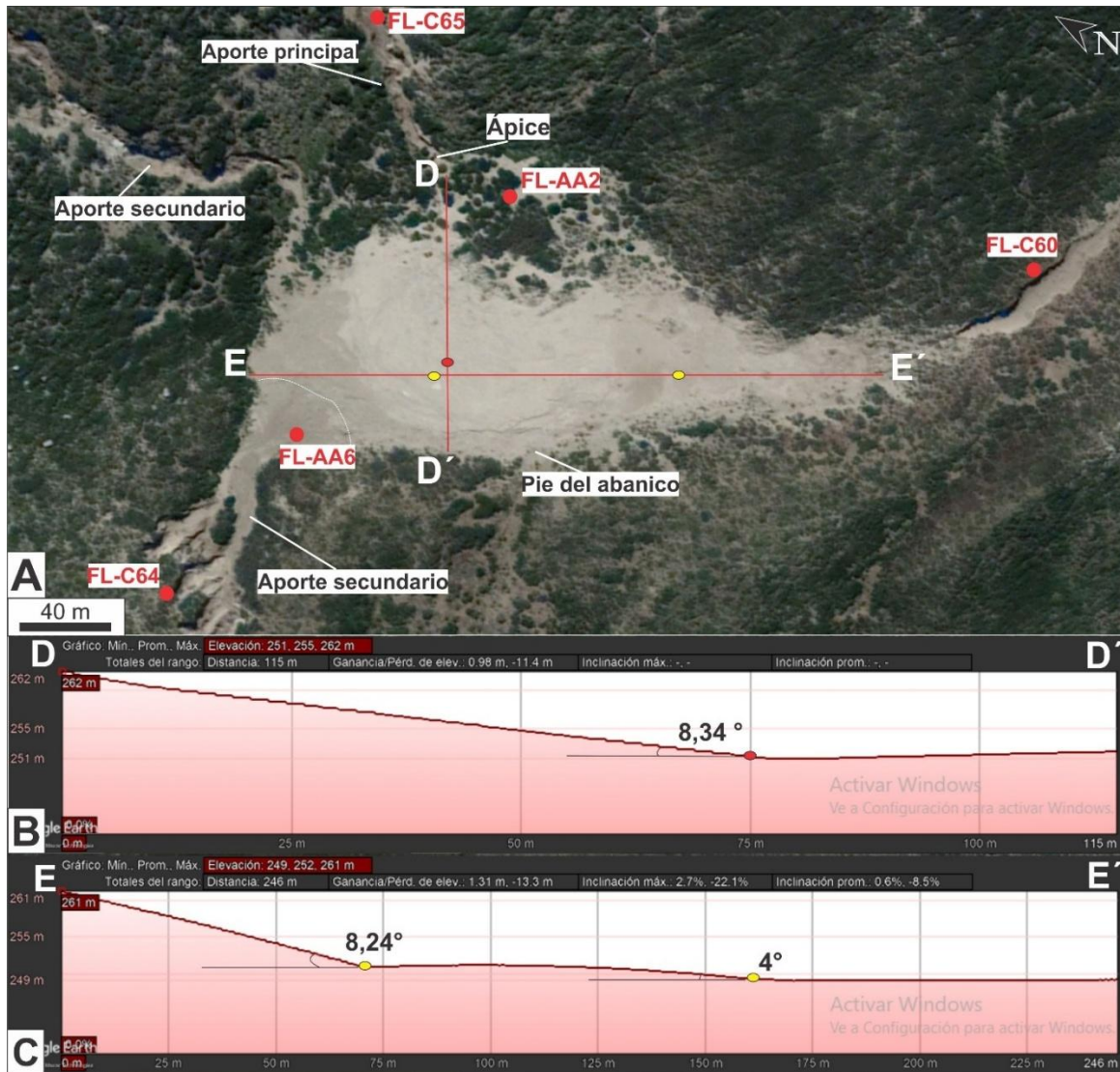


Figura 39. A) Abanico aluvial FL-AA2 y ubicación de las secciones D-D' y E-E'. B) Perfil topográfico la sección D-D', perfil longitudinal cóncavo. C) Corte topográfico de la sección E-E', perfil transversal convexo.

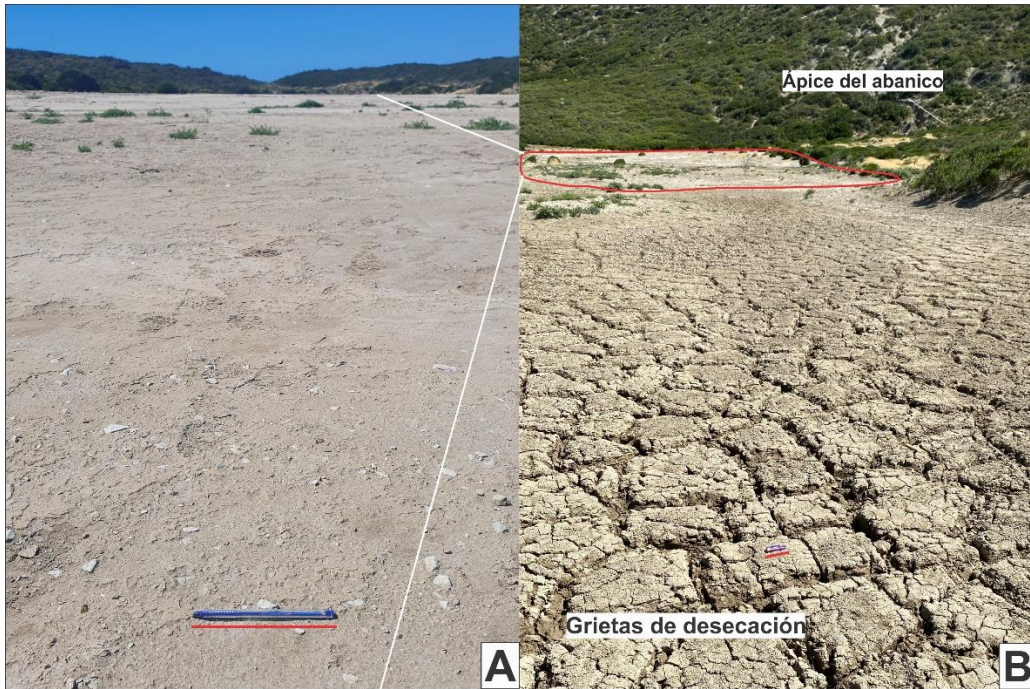


Figura 40. A) Depósitos finos y fósiles marinos correspondiente a la Formación Chenque, sector central del abanico FL-AA2. B) Grietas de desecación sobre la parte baja del abanico.

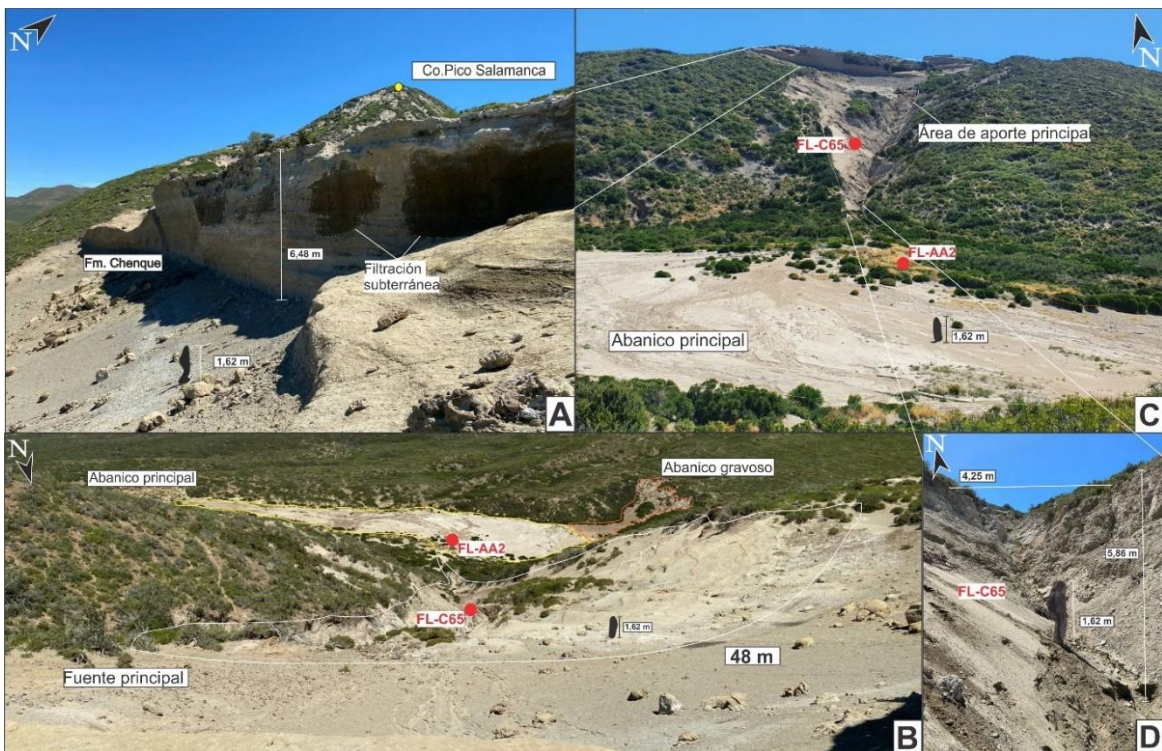


Figura 41. Área de aporte del abanico aluvial FL-AA2. A) Cabecera del cañadón FL-C65, visual oeste de paredón vertical sobre la Formación Chenque. B) Vista sur del cañadón, notar la geometría cónica hacia el abanico. C) Fotografía frontal del área de aporte principal. D) Dimensiones del cañadón previo a desembocar sobre abanico.

Hacia el oeste del abanico principal, se formaron cárcavas (FL-C64) con una profundidad de aproximadamente 2,5 m (Figura 42A). Estas cárcavas erosionaron depósitos gravosos asociados a pedimentos relícticos (Figura 42B-D) y conformaron pendiente abajo un pequeño abanico aluvial (FL-AA6) de ~44 de ancho (Figura 42C), que se extiende hasta los sedimentos arcillosos del abanico FL-AA2 (Figura 42C-D).

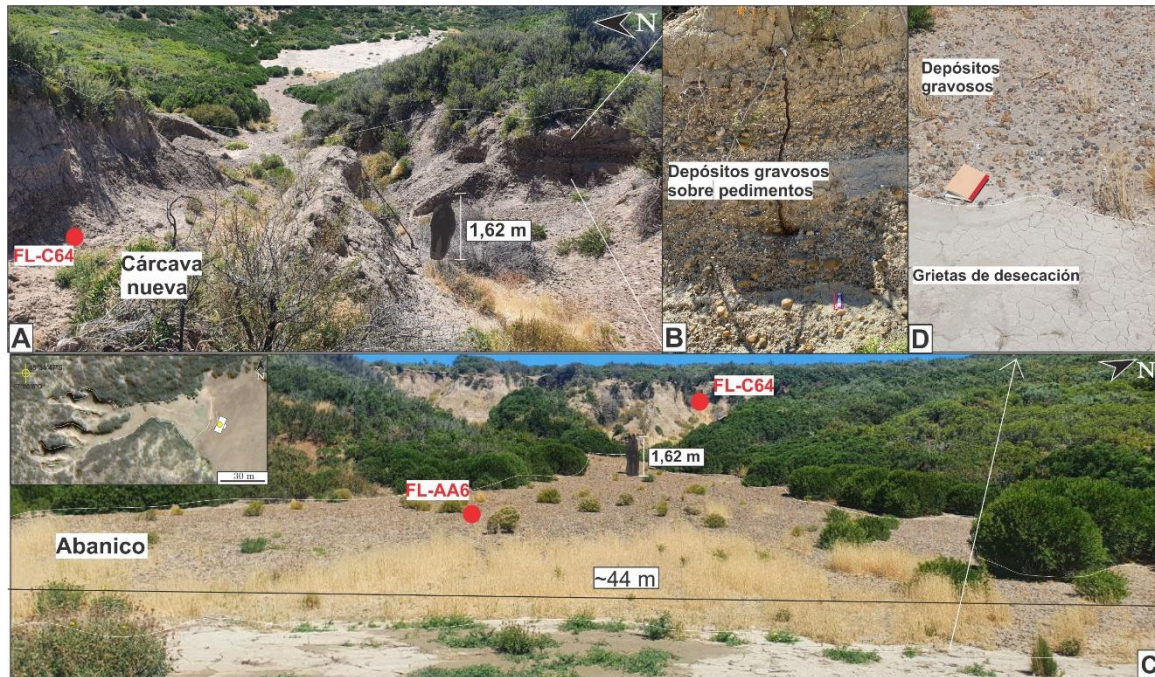


Figura 42. A) Cárcava FL-C64 de hasta 2,5 m de profundidad B) Depósitos gravosos de pedimentos relícticos. C) Vista frontal de abanico terciario FL-AA6, longitud 44 metros. D) Contacto neto entre grava y arcillas.

A su vez, el flujo de agua durante la tormenta generó un abanico secundario codificado como FL-AA5 aguas abajo del principal, de forma alargada con drenaje al ESE (Figura 38B y Figura 43A). El material que lo originó parece haber provenído del abanico principal y de una incisión erosiva labrada entre ambos (Figura 43A); la cárcava (FL-C60) tiene un ancho de aproximadamente 11 metros, una profundidad superior a los 2 metros (Figura 43B) y una longitud de ~60 m (Figura 43C). De forma complementaria, una cárcava N-S (FL-C61) formada sobre la ladera (3 m de ancho y 2 m de profundidad) aportó sedimento adicional al abanico secundario (Figura 43C y D).



Figura 43. A) Imagen satelital de Google Earth (2/11/2017). Se observan las dos cárcavas nuevas (FL-C60 y FL-C61) que son fuente de aporte para el abanico secundario (FL-AA5). B) Fotografía de campo, vista frontal de abanico. Observar la abundante flora de flechilla plumosa seca. C) Visual de la cárcava principal labrada en depósitos cuaternarios. D) Cárcava secundaria de menor magnitud.

### 7.2.3) Movimientos de remoción en masa

#### 7.2.3.1) Flujos de tierra (codificación RM-F)

Se reconocieron un total de 23 sitios donde se generaron flujos de tierra asociados al temporal de 2017 en el ANPRC. Se desarrollaron en sectores con alta pendiente (>30%), en las zonas de cabeceras de las cuencas y afectaron a las Formaciones Chenque y Santa Cruz, las cuales generalmente están cubiertas por depósitos eólicos poco potentes y un suelo delgado (ver [Anexo I](#)). En las imágenes satelitales se caracterizan por su coloración pardo claro, textura rugosa y forma alargada en dirección de la pendiente.

En las cabeceras de la cuenca Bajo Palangana (margen sur), se detectaron varios flujos de tierra (ej. RM-F1 y RM-F5). El flujo de tierra RM-F1 (Figura 44) tiene una longitud de 163 m y un ancho de 87 m, desarrollado sobre una pendiente del 35%; en este caso, el flujo de tierra terminó confluyendo a un cauce efímero sobre el fondo del valle (Figura 44B). El flujo RM-F5 (Figura 45) tiene 193 m de largo, 37 m de ancho y se desarrolló sobre una pendiente del 39%; en este caso, el flujo finaliza sobre la ladera con

una zona frontal lobulada. Es importante mencionar que, en las imágenes mostradas se observan también otros flujos de menor magnitud (no considerados en el análisis).



Figura 44. Flujos de tierra (RM-F1) en imágenes Google Earth™, cuenca Bajo Palangana. A) Imagen previa al temporal (18/01/2017). B) Imagen luego del temporal (27/07/2017). El flujo de tierra abarcó toda la ladera hasta llegar al valle.

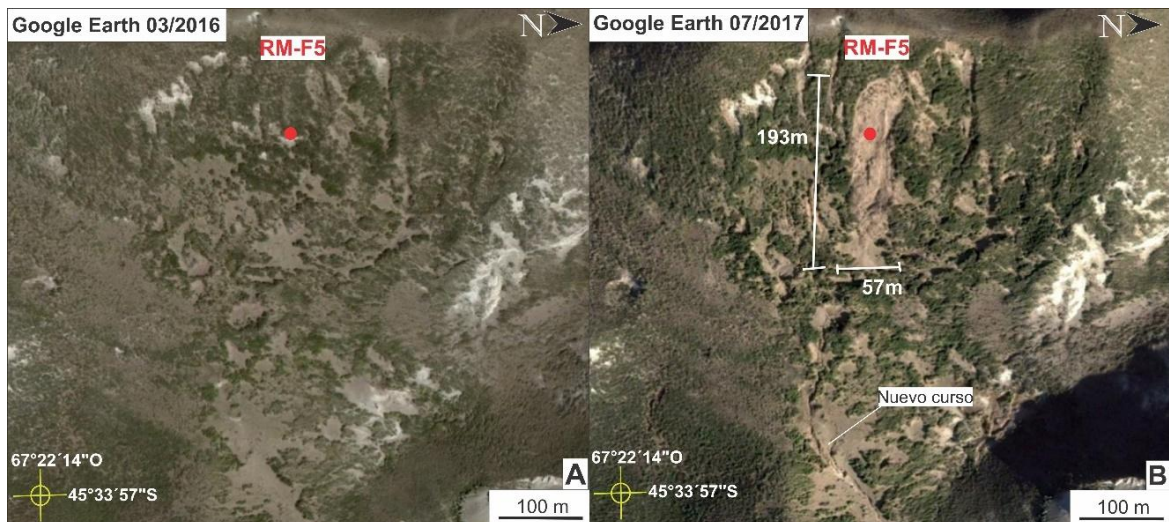


Figura 45. Flujos de tierra (RM-F5) en imágenes Google Earth™, cuenca Bajo Palangana. A) Imagen antes del temporal (10/03/2016). B) Imagen luego del temporal (27/07/2017). El flujo de tierra presenta tonalidades pardas claras, aguas abajo se formó una cárcava.

En las cabeceras de la cuenca Bahía Tiburón también se detectaron flujos de tierra (RM-F12), particularmente abundantes en las laderas de un valle (Figura 46). Los flujos nacen a partir de un nivel endurecido de la Formación Chenque que conforma una pequeña terraza estructural. Resulta interesante hacer notar que en la imagen previa al temporal 2017 (Figura 46A), ya se reconocen flujos de tierra vegetados. Los numerosos flujos del sitio RM-F12 terminan coalesciendo en una zona de 250 metros de ancho y 150 metros de largo aproximadamente (Figura 46B), desarrollados sobre una pendiente del 30%. Los flujos de tierra alcanzan el fondo del valle, explayándose en formas lobuladas

con diseño distributarios (FL-AA9) conformando abanicos. En la cabecera de los flujos de tierra empiezan reconocerse grietas superficiales cóncavas hacia el valle (decenas de metros de largo), lo que podría ser evidencias de deslizamientos incipientes (Figura 46B).

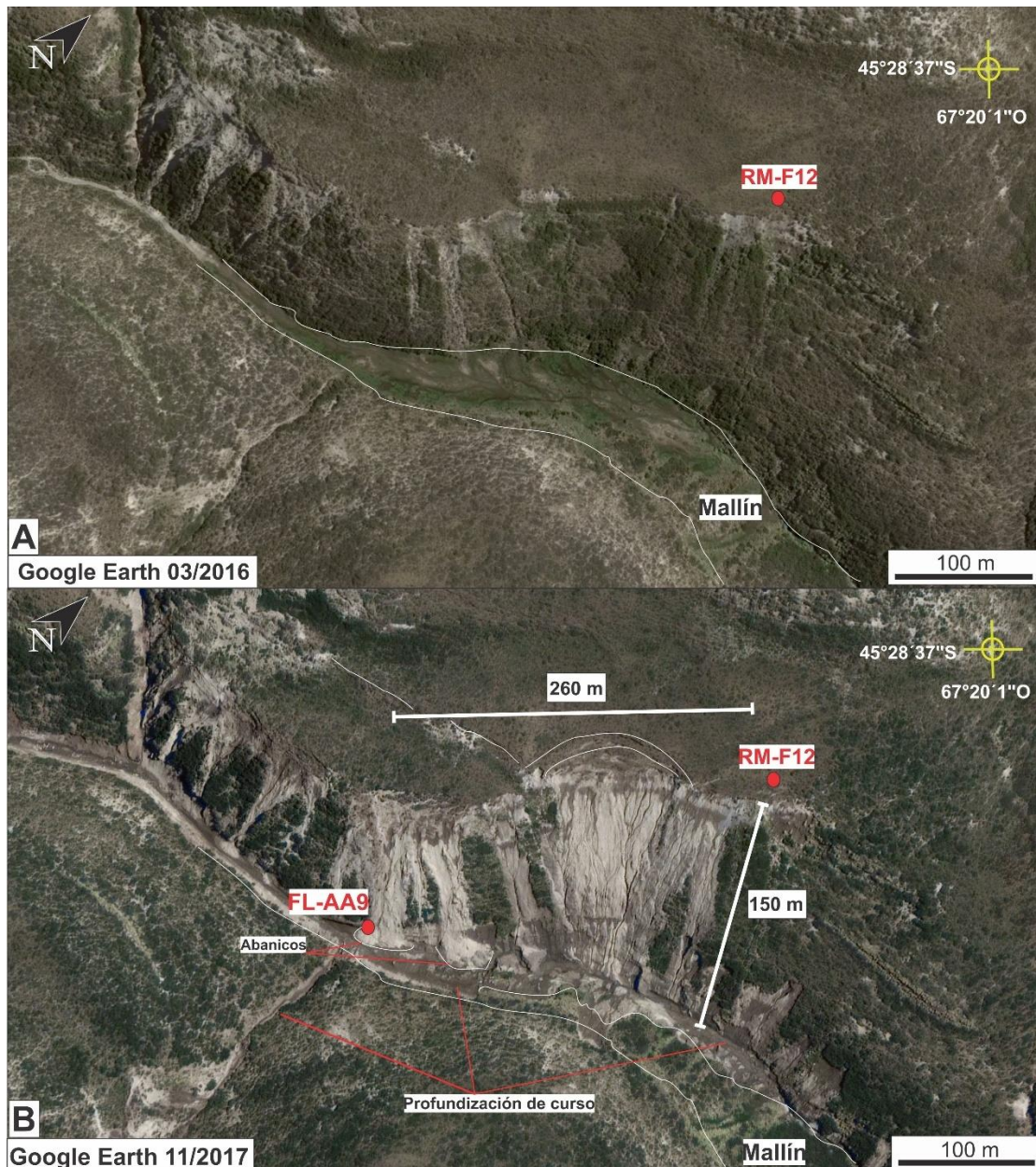


Figura 46. Flujos de tierra en las cabeceras de la cuenca Bajo Palangana (RM-F12), imágenes Google Earth™. A) Imagen previa la temporal (10/03/2016), notar flujos de tierra vegetados. B) Imagen después del temporal (2/11/2017). Los nuevos flujos de tierra se disponen en los mismos lugares que los anteriores. Notar los abanicos (FL-AA9) en el fondo del valle y las grietas cóncavas sobre las cabeceras del flujo.

Sobre las laderas del Pico Salamanca también se observaron numerosos flujos de tierra (Figura 15), algunos de los cuales ya fueron reconocidos por [Paredes et al. \(2017\)](#). Al igual que en el caso anterior, los flujos de tierra de la ladera sur del Pico Salamanca (RM-F3) nacen desde un nivel endurecido de la Formación Chenque (Fig.44A-B) y se

desarrollan sobre pendientes del 36%. Los 5-8 flujos de tierra se disponen en forma subparalela entre sí a lo largo de una zona de 226 m (Fig.44B). Comparando las fotos de campo de 2017 y 2023, se observa una rápida cobertura de vegetación en la zona más baja de los flujos (Figs.44C-D).

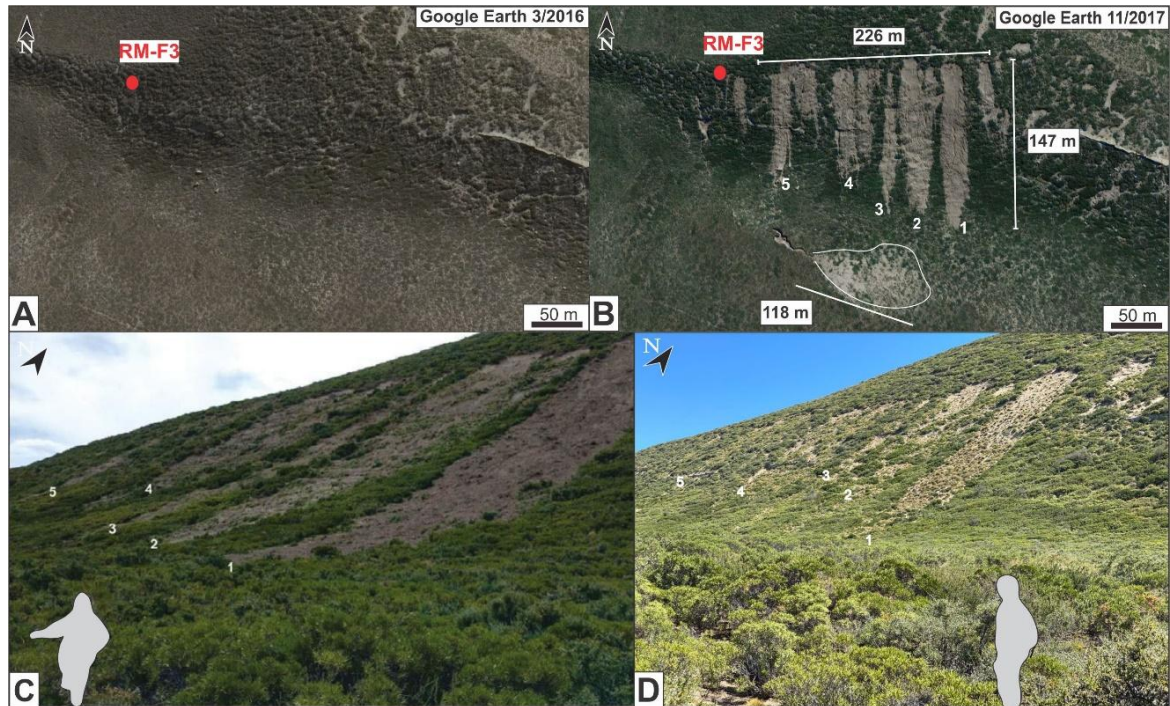


Figura 47. Flujos de tierra sobre la ladera sur del Pico Salamanca (RM-F3). A) Imagen de Google Earth™ previa al temporal (10/03/2016). B) Imagen de Google Earth™ posterior al temporal (2/11/2017). C) Fotografía de campo a pocos días del temporal (tomada de [Paredes et al., 2017](#)). D) Fotografía de campo de febrero de 2023.

El faldeo oriental del Pico Salamanca fue uno de los sectores más afectados por los flujos de tierra durante la tormenta de 2017 (Figs. Figura 15 y Figura 48). Estos flujos se generaron sobre una pendiente promedio de 44%, extendiéndose sobre el faldeo hasta 336 m. Los flujos generados abarcan un tramo de 670 metros de ancho, afectando principalmente a la formación Chenque. En algunos casos, los flujos de tierra terminan canalizándose en cárcavas (sitio FL-C63) y alimentando pequeños abanicos aluviales (FL-AA7) que se desplazan al pie del faldeo sobre los bordes de una laguna temporaria (Figura 48B-C y Figura 49). Estos flujos movilizan los sedimentos de previas dunas descendentes (Figura 48A) desarrolladas en la ladera de exposición este del Pico Salamanca ([Montes et al., 2024](#)).

En las Figura 48B y C, se observa cómo los cuerpos arenosos se canalizan para formar abanicos en el borde oriental de la laguna temporaria (FL-AA7). Los sedimentos

arenosos que cubren el Pico Salamanca provienen de la Formación Chenque, que se caracteriza por areniscas grises y amarillentas.

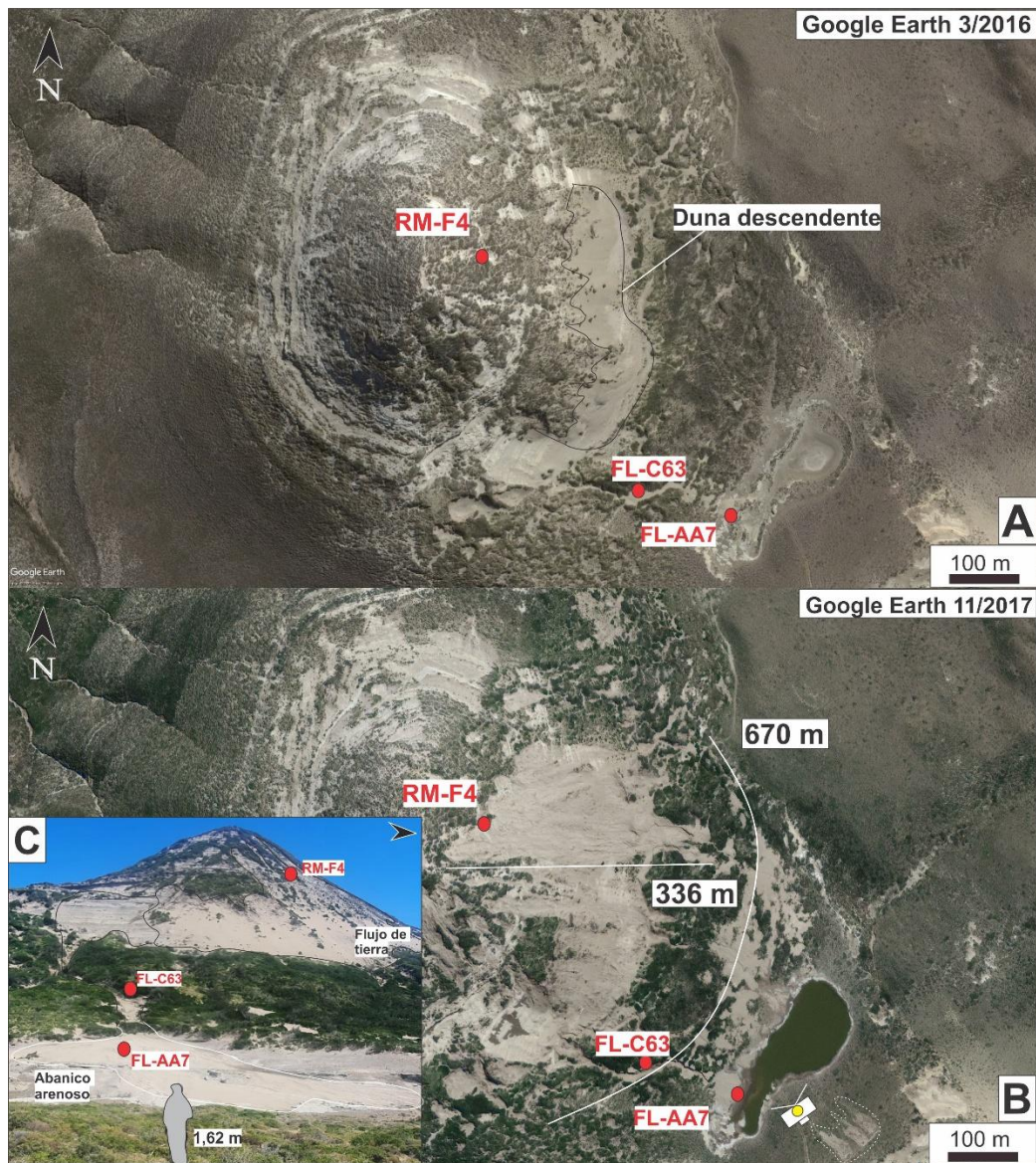


Figura 48. Flujos de tierra sobre la ladera oriental del Pico Salamanca (RM-F4). A) Imagen de Google Earth™ previa al temporal (10/03/2016). Duna descendente desarrollada a resguardo del cerro, sobre ladera este (Montes *et al.*, 2024). B) Imagen de Google Earth™ posterior al temporal (02/11/2017). C) Fotografía de campo de febrero de 2023, abanico aluvial arenoso (FL-AA7). Gran parte de la ladera está cubierta por los sedimentos arenosos de la Formación Chenque, que son removidos por acción eólica e hídrica por cárcavas hacia la base (FL-C63).

A fin de integrar las modificaciones descritas en el Pico Salamanca, se realizó mapeo geomorfológico en base a una imagen satelital del 02/11/2017 (Figura 49).

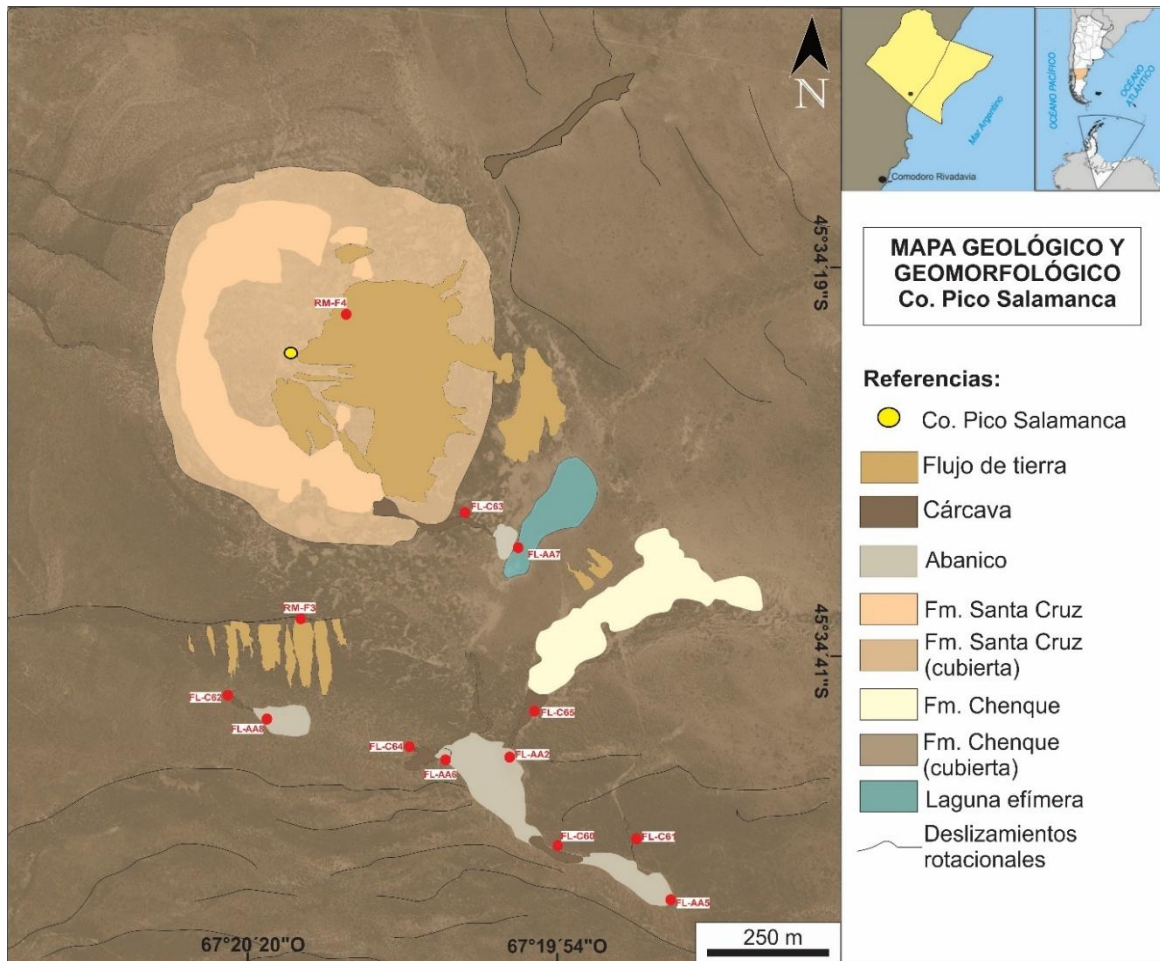


Figura 49. Mapa geológico y geomorfológico del Cerro Pico Salamanca.

### 7.2.3.2) Deslizamientos (codificación RM-D)

Se identificaron 11 zonas con deslizamientos relacionados con el temporal de 2017 (Figura 15, [Anexo I](#)), de las cuales tres pertenecen a causas poligenéticas (RM-D1, RM-D2 y RM-D3) y ocho a zonas de ambiente fluvial en afloramientos del Grupo Río Chico sobre el cauce principal del Cañadón Pilar (ej. RM-D8 y RM-D9, Figura 50). En la imagen de octubre de 2016 (Figura 50A) se aprecian colores marrones con tonalidades claras y una textura que varía entre lisa y fina, mientras que en la imagen de julio de 2017 (Figura 50B) la textura se torna más rugosa y gruesa, con tonos más oscuros y aparecen sombras que delinear grietas superficiales.

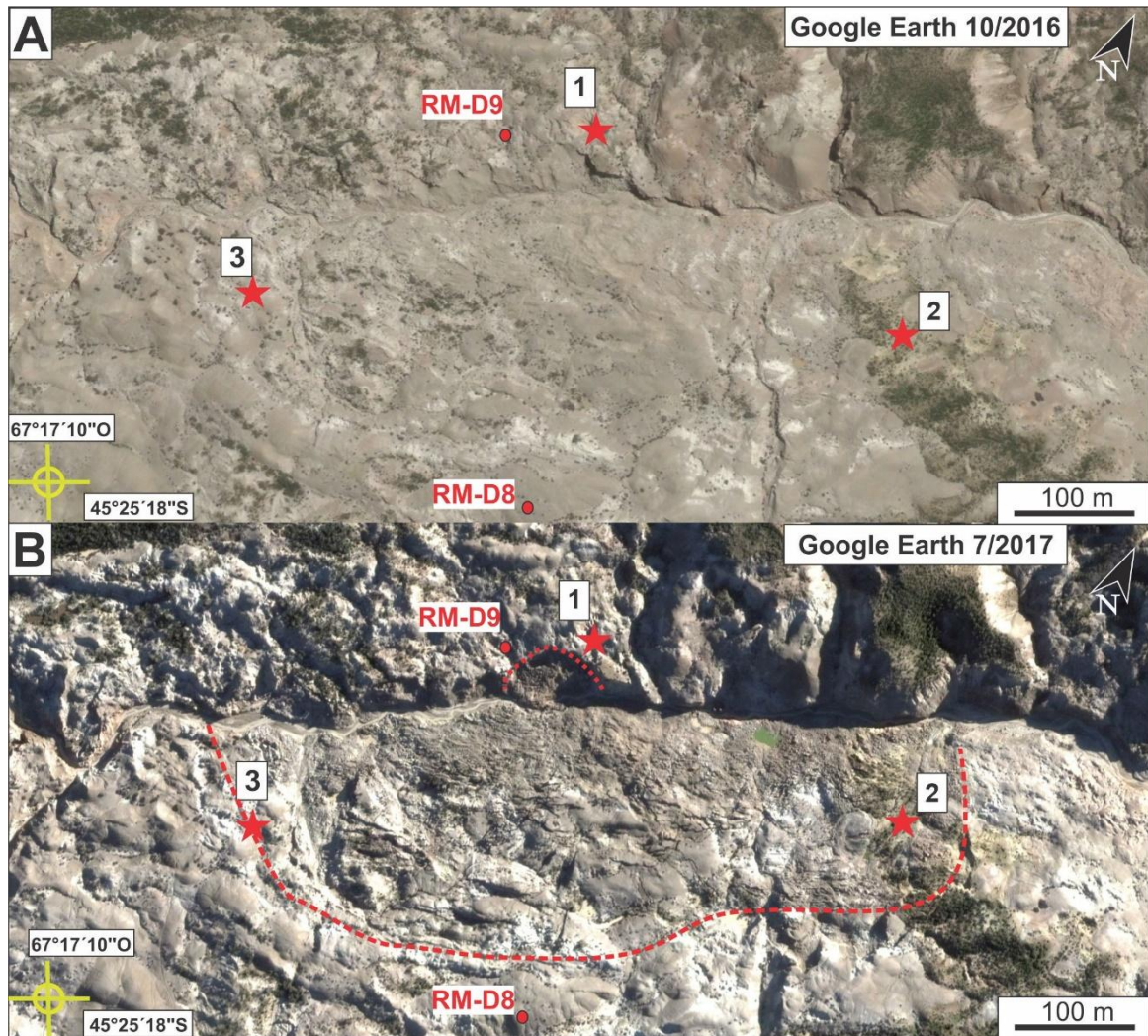


Figura 50. Deslizamientos RM-D8 y RM-D9 sobre el cauce principal del Cañadón Pilar, imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (12/10/2016). B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017). Las estrellas rojas son puntos equivalentes en ambas imágenes que ayudan a la comparación visual.

El deslizamiento RM-D9 se generó sobre la margen norte del cauce, con una extensión de 72 m (Figura 51A-B). El lóbulo deslizado terminó emplazándose en el fondo del valle, modificando transitoriamente la traza del curso efímero (Figura 51B). Al oeste del punto RM-D9, se identifican dos deslizamientos adicionales de menor tamaño, cada uno con su respectiva escarpa principal. Notar que la vegetación es escasa en este área, ya que se ubica sobre *badlands* pertenecientes al Grupo Río Chico.

El deslizamiento RM-D8 tiene 800 metros de longitud y 287 metros de ancho, con un movimiento principal en dirección NNO; corresponde al deslizamiento más grande reconocido en el área de estudio a causa del temporal de 2017. Resulta notable el incremento en la aparición de grietas transversales después del deslizamiento, con movimientos horizontales de hasta 37 m (Figura 51 C-F).



Figura 51. Modificaciones geomorfológicas asociadas a deslizamientos (RM-D8 y RM-D9) sobre cauce del Cañadón Pilar, imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (12/10/2016). B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017), con la formación del deslizamiento RM-D9. C) Imagen previa al temporal (12/10/2016) sobre la margen sur del valle. Los puntos anaranjados corresponden a la ubicación inicial de puntos de control. D) Imagen posterior al temporal (27/07/2017), se indica el desplazamiento de los puntos de control. E) Imagen previa al temporal (12/10/2016), margen sur del valle. F) Imagen posterior al temporal (27/07/2017). Observar la apertura de grietas superficiales y desplazamiento de puntos de control.

Se aplicó la técnica de detección de cambios sobre una imagen Google Earth™ de los deslizamientos RM-D8 y RM-D9 (Figura 52A-B), con dos composiciones color diferente: RGB PC1-PC2-PC3 (Figura 52C) y RGB PC3-PC2-PC1 (Figura 52D) para una mejor visualización de las modificaciones del relieve. En la Figura 52C se observa que el material removido en la margen sur del cauce tiene un color pardo oscuro y una textura rugosa fina. Las rocas no afectadas por el deslizamiento exhiben tonos rosados y pardo claro con una textura fina y suave; la margen norte muestra predominio de tonos azules, posiblemente debido a las sombras presentes en la imagen de julio de 2017 (Figura 52B). En el deslizamiento RM-D9 sólo se observan colores pardos oscuros, característicos del

material desestabilizado. En la Figura 52D se exhibe la composición color RGB PC3-PC2-PC1, las cabeceras de los deslizamientos se destacan con mayor claridad en colores anaranjados. Además, se distingue un segundo borde cóncavo dentro del RM-D8. El material desplazado se presenta en tonos oscuros, en este caso predominan los grises, mientras que la vegetación conserva su color verde en ambas imágenes.

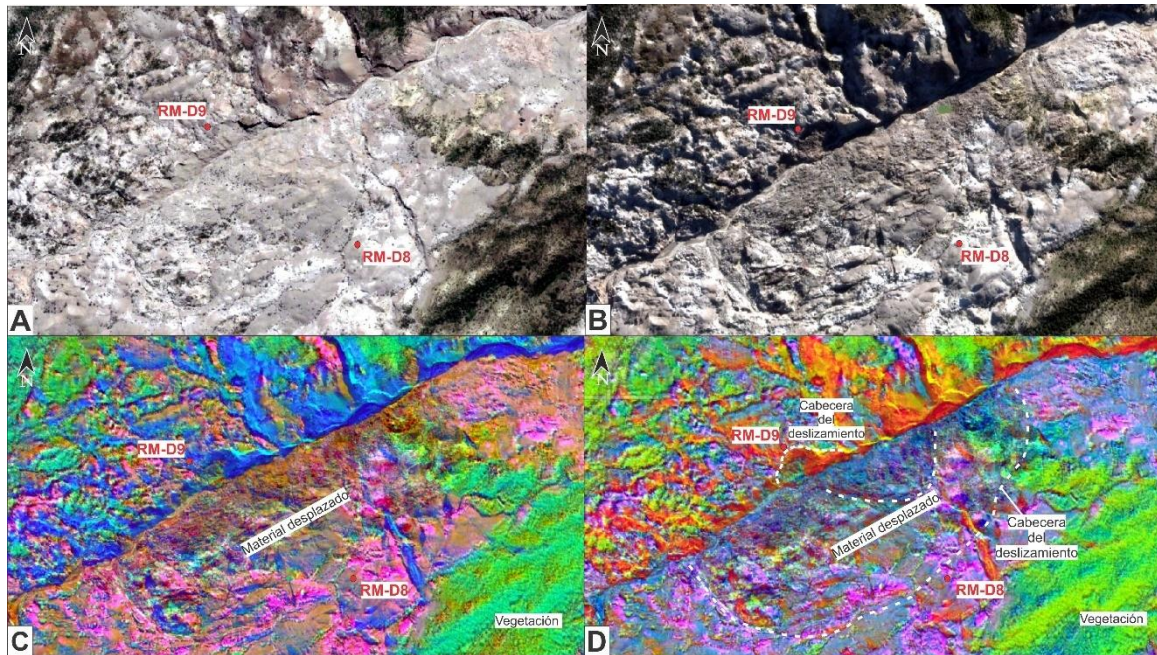


Figura 52. Detección de cambios en imágenes Google Earth™ de los deslizamientos RM-D8 y RM-D9 mediante Análisis de Componentes Principales (PCA). A) Imagen de previa al temporal (12/10/2016). B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017). C) Composición color RGB PC1-PC2-PC3. D) Composición color RGB PC3-PC2-PC1.

También se identificaron deslizamientos sobre el sector costero del ANPRC, más particularmente en el sector sur (Figura 15). Los deslizamientos RM-D1 y RM-D2 se produjeron sobre un deslizamiento de  $\sim 280.000 \text{ m}^2$  (688 m de ancho y 407 m de largo) ocurrido con anterioridad al 2015 (Figura 53A). El deslizamiento RM-D1 tiene una cabecera de 344 m, un lóbulo de unos 231 m de longitud y un avance sobre la playa de hasta 50 m. El deslizamiento RM-D2 presenta una cabecera de alrededor de 300 m, un lóbulo de 255 m de longitud y un avance máximo hacia la playa de 53 m. Además, se observó un aumento en la aparición de grietas superficiales, flujos de tierra y el desplazamiento de material rocoso en dirección SSO.

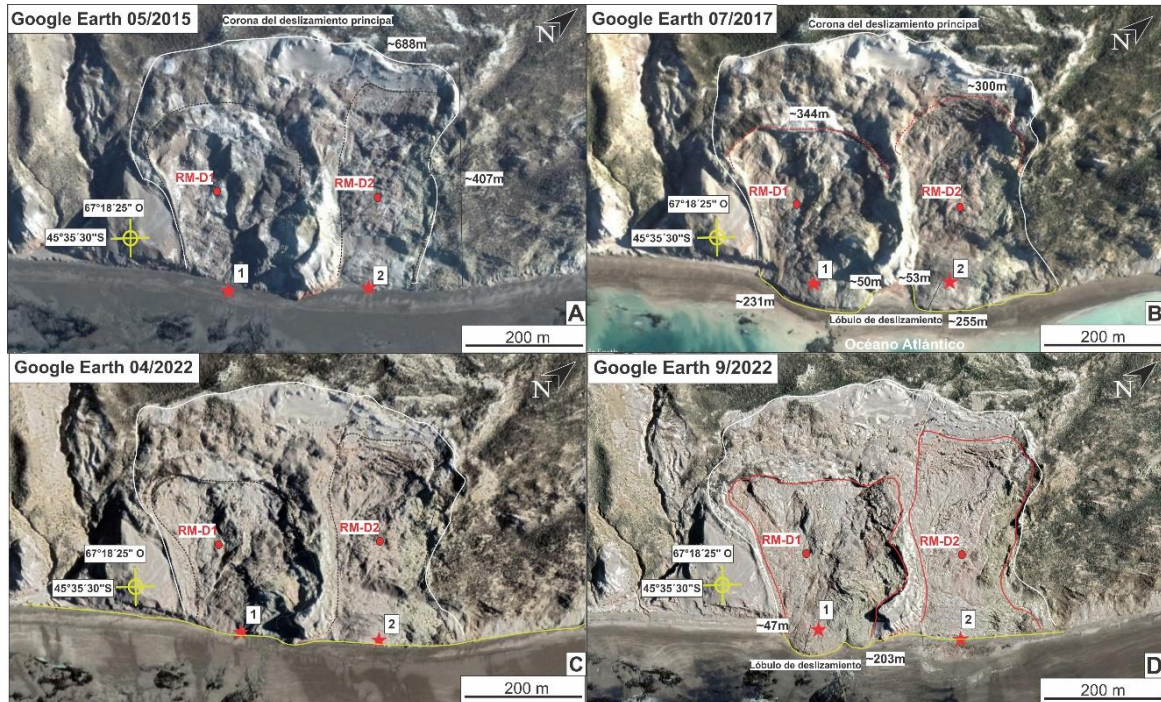


Figura 53. Deslizamientos RM-D1 y RM-D2 en el sector costero del ANPRC, imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (04/05/2015). B) Imagen posterior al temporal (27/06/2017). Notar el avance de los lóbulos sobre la playa. C) Imagen cinco años después del temporal (17 de abril de 2022), observar la línea de costa rectificada. D) Imagen posterior a las precipitaciones de 2022 (22/09/2022), se observa un nuevo deslizamiento para el sitio RM-D1. Las estrellas rojas son puntos visuales de control.

Cinco años después del temporal, se observa la redistribución del material (olas, mareas y/o corrientes de deriva) y rectificación de la línea de costa (Figura 53C), con una configuración muy similar a la de 2015.

Durante las lluvias intensas de septiembre de 2022, el deslizamiento RM-D1 tuvo una nueva reactivación (Figura 53D). En esta oportunidad, se formó un lóbulo de aproximadamente 203 m de ancho con un avance de 47 m sobre la playa (Figura 53D), acompañado por varios flujos de tierra, grietas radiales y longitudinales. De esta manera, se detectan al menos tres episodios de deslizamientos en el mismo sitio costero (RM-D1): 1) antes de 05/2015, 2) en el temporal de 2017, y 3) con las lluvias de 2022.

En febrero de 2023, los lóbulos de los deslizamientos RM-D1 y RM-D2 fueron relevados en el campo (Figura 54 y Figura 55). Todavía se reconoce la morfología lobulada de los depósitos deslizados (Figura 54A-B). El material deslizado se compone de fragmentos brechados del Grupo Río Chico (Formación Peñas Coloradas), junto con sedimentos modernos y vegetación. Para el sitio RM-D1, los límites sur y norte son

contactos netos con las rocas del Grupo Río Chico (Figura 54B-C). El frente del lóbulo de deslizamiento alcanza alturas de hasta 3,5 metros (Figura 54D).

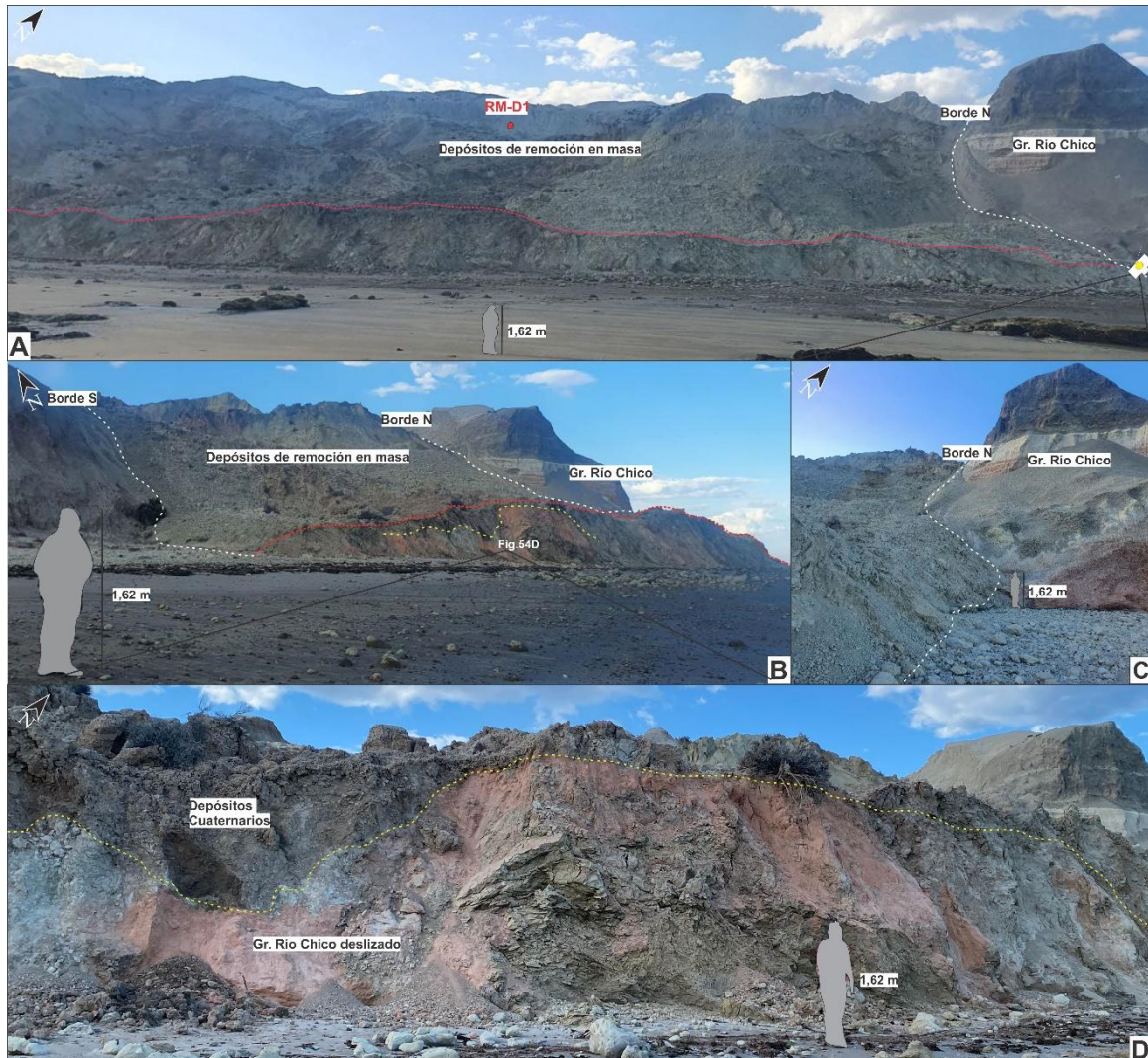


Figura 54. Deslizamiento RM-D1. A) Vista frontal del deslizamiento erosionado por el mar, se puede observar su morfología lobulada. B) Vista lateral del lóbulo. C) Contacto entre los depósitos de remoción en masa y el Grupo Río Chico (línea punteada blanca). D) Cuerpo principal del lóbulo, con una altura de hasta 3,5 metros. Línea punteada amarilla indica el contacto entre el Gr. Río Chico y depósitos modernos.

Los depósitos del lóbulo RM-D2 alcanzan una altura de hasta 2 m y una extensión de 8,5 metros aproximadamente (Figura 55A). En la parte alta del lóbulo se observaron grietas transversales a la dirección de desplazamiento, de hasta unos 3 m de longitud y una apertura de 10-15 cm (Figura 55B).



Figura 55. Deslizamiento RM-D2. A) Grietas transversales. B) Sección transversal del lóbulo erosionado.

Sobre RM-D1 y RM-D2 se aplicó la técnica de detección de cambios en base a imágenes satelitales de 01/2017 y 07/2017 (Figura 56A-B), utilizando una composición color RGB de las componentes 123 (Figura 56C): i) el sector continental y la línea de costa rectilínea se presentan en tonos rojos y violáceos, ii) sobre el extremo norte la textura es rugosa y predomina el color violeta a causa a la vegetación (Figura 56C), iii) los *badlands* del Grupo Río Chico presentan textura fina-lisa con coloraciones rojizas, iv) el material removido tiene textura rugosa y tonalidades violáceas, v) el desplazamiento del material deslizado hacia la playa se visualiza en color celeste, y vi) RM-D1 forma un lóbulo simétrico y RM-D2 asimétrico.

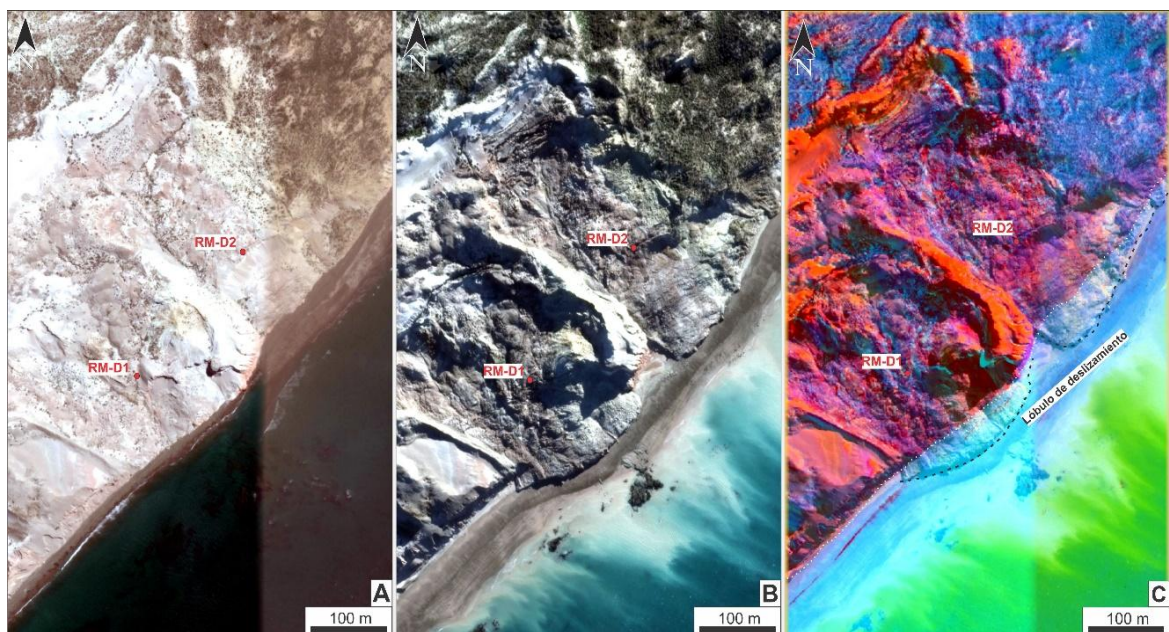


Figura 56. Detección de cambios en los deslizamientos RM-D1 y RM-D2, imágenes Google Earth™. A) Imagen previa al temporal (18/01/2017). B) Imagen posterior al temporal (27/07/2017). C) Imagen procesada con PCA composición RGB PC1-PC2-PC3.

Además, se realizó la superposición de las imágenes de julio de 2017 (Figura 57A) y de septiembre de 2022 de la zona deslizada (Figura 57B), utilizando una composición RGB PC1-PC2-PC3 (Figura 57C). En color rosado se puede observar la masa rocosa deslizada luego del temporal de 2017, con formación de un lóbulo simétrico (línea punteada blanca en Figura 57C). En cambio, luego de las precipitaciones de septiembre de 2022, los deslizamientos avanzaron menos metros sobre la playa que en 2017, salvo el extremo sur de la localidad RM-D1 (línea punteada negra en Figura 57C).

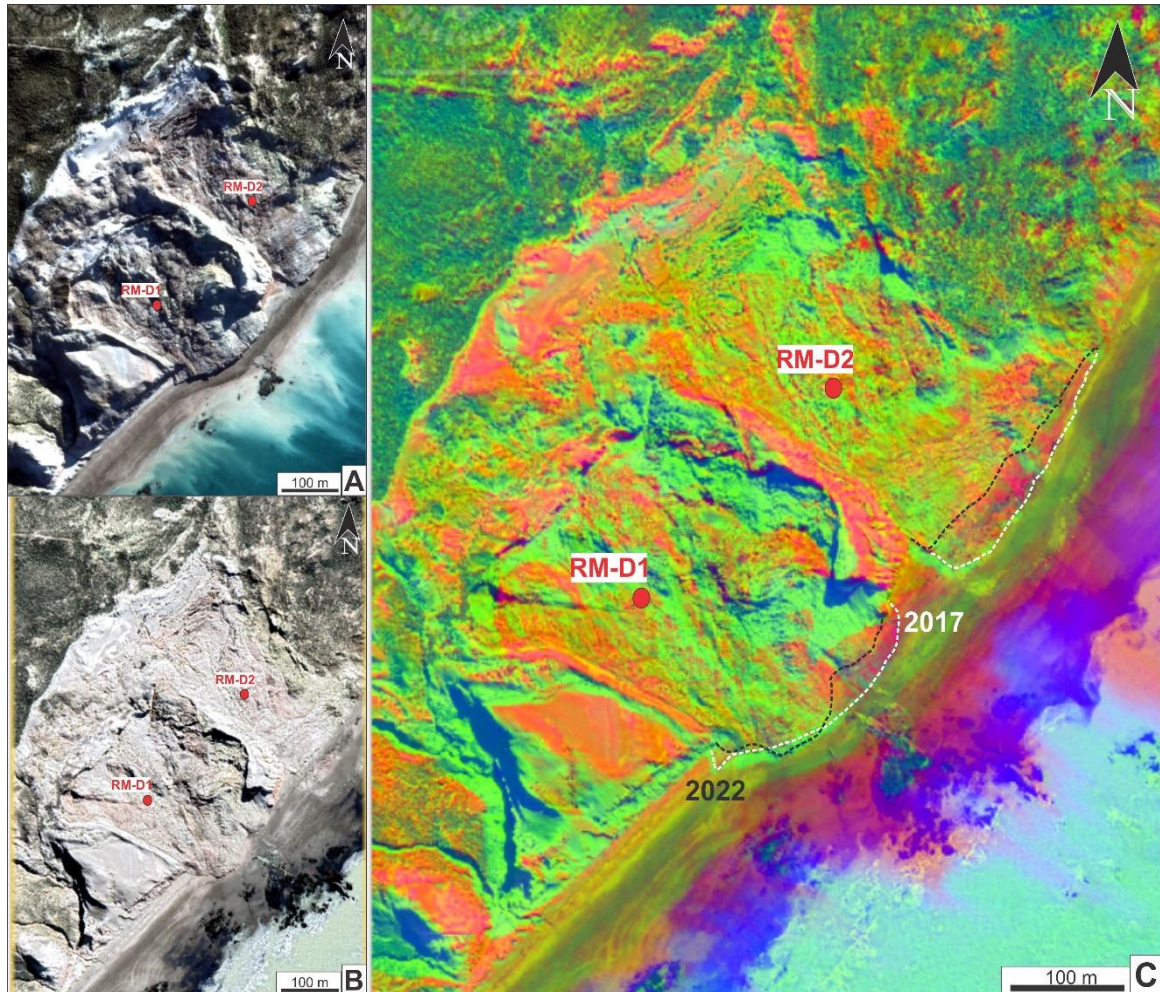


Figura 57. Detección de cambios en los deslizamientos RM-D1 y RM-D2 para 2017 y 2022, imágenes Google Earth™. A) Imagen posterior al temporal (27/0/2017). B) Imagen posterior a las precipitaciones de 2022 (22/09/2022). C) Imagen procesada con PCA, composición RGB 123.

### 7.3) Integración de la información

Este apartado tiene por objetivo establecer relaciones y analizar en forma conjunta la información presentada en este trabajo para el ANPRC (litoestratigrafía, geomorfología, pendientes, cuencas de drenaje y modificaciones del paisaje).



- Aproximadamente un cuarto de las modificaciones geomorfológicas reconocidas durante el temporal de 2017 está concentrado sobre la traza de la RPN<sup>o</sup>1 y corresponden a formas erosivas asociadas a sistemas fluviales. Esta situación tendría algunas explicaciones en base a lo observado: i) la traza de la ruta está ubicada en la parte baja de las cuencas de drenaje analizadas, por lo que atraviesa cursos efímeros de 4<sup>o</sup>-6<sup>o</sup> orden que concentran en pocos puntos gran parte de la descarga de toda la zona, ii) las alcantarillas instaladas para entubar el agua en los puntos de cruce fueron insuficientes para evacuar el agua y sedimentos durante el temporal, iii) los tramos donde se construyó un terraplén funcionaron como diques de contención para evacuar el agua y sedimentos, multiplicando por acción antrópica la cantidad de daños ocurridos.
- Gran parte de los rasgos erosivos asociados a la dinámica fluvial (sin contar los relacionados a la RPN<sup>o</sup>1) están concentrados en la zona de cabeceras de las cuencas con pendientes altas, incluyendo cárcavamiento, erosión retrocedente y profundización de cauces.
- No hubo una correlación directa entre las dimensiones de las cuencas de drenaje y el tamaño de los deltas transitorios generados durante el temporal. Por ejemplo, el delta más grande (y que se preservó por más tiempo) se formó en la desembocadura de la cuenca Bajo Palangana, cuya área es casi cinco veces menor que la del Cañadón Pilar (98 km<sup>2</sup> vs. 479 km<sup>2</sup>). Este desfasaje de proporciones puede responder a: i) la distribución de precipitaciones no fue uniforme sobre el área de estudio, ii) parte de los sedimentos generados y/o removilizados en las cuencas más grandes quedaron retenidos dentro de los cauces, tal como se presentó en los casos de depositación en fondos de valle; esto puede relacionarse con que las cuencas más grandes también son más alargadas y tienen cauces principales con menores pendientes, y/o con que reducciones locales de pendientes dentro de los cauces (¿niveles endurecidos de Fm. Chenque?) funcionaron como “trampas de sedimentos” dentro de las cuencas (ej. Figura 30). También es posible que las cuencas de mayores dimensiones estén desarrolladas sobre las formaciones Chenque y Santa Cruz con mayor cobertura vegetativa a comparación de otras (Sarmiento y Grupo Río Chico).
- Los abanicos aluviales son formas poco comunes asociados a cambios de pendientes locales y están relacionados frecuentemente a depósitos de remoción en masa previos.
- Los deslizamientos reconocidos están concentrados en dos escenarios geomorfológicos distintos: i) sobre las márgenes de valles fluviales (ej. cuenca



- Cañadón Pilar), desencadenados por pendientes elevadas, incremento de peso y lubricación durante las lluvias, y ii) sobre el sector costero, asociados a deslizamientos previos y favorecidos por la erosión marina.
- La mayoría de los flujos de tierra descritos están concentrados en laderas con pendientes superiores a 30%, generalmente relacionadas a niveles endurecidos de la Formación Chenque o laderas empinadas de la Formación Santa Cruz.
  - Los *rills* están relacionados mayormente a depósitos coluviales sobre la Formación Sarmiento, en zonas de cobertura vegetal escasa o nula y con pendientes medias-altas.
  - Se observa cierta recurrencia de procesos geomorfológicos en los mismos lugares, tales como flujos de tierra y deslizamientos, haciendo suponer que las condiciones climáticas que desencadenaron estos procesos ya se han repetido en el pasado reciente.

## 8) Discusión

Los resultados obtenidos podrían discutirse con una amplia gama de antecedentes locales, regionales o internacionales, según el enfoque disciplinario elegido: sistemas fluviales efímeros, geomorfología de regiones áridas, riesgo geológico, entre otros. Como el propósito de este trabajo fue elaborar información de utilidad para la región, la discusión está centrada principalmente en los antecedentes locales dedicados al temporal de 2017 sobre temas similares (ej., [Paredes et al., 2017, 2020, 2021](#); [Paredes y Ocampo, 2019](#); [Ocampo et al., 2019](#); [Cortés, 2022](#)): i) cuencas de drenaje, ii) procesos geomorfológicos, y iii) daños e impacto social.

### 8.1) Cuencas de drenaje

Hasta el momento, el análisis morfométrico de las cuencas de drenaje de la zona estuvo centrado en el ejido urbano de Comodoro Rivadavia ([Paredes et al., 2017](#); [Ocampo et al., 2019](#); [Cortés, 2022](#)), incluyendo: 1) cañadón Biggs, 2) Caleta Córdova, 3) arroyo km8, 4) arroyo Belgrano, 5) arroyo km3, 6) arroyo La Quinta y 7) arroyo La Mata (Tabla 3). Los resultados de este trabajo extienden hacia el norte, información comparable a cuatro nuevas cuencas en el ANPRC: i) Bajo Palangana, ii) Segundo Zanjón, iii) Bahía Tiburón y iv) Cañadón Pilar. Las características morfométricas de las cuencas analizadas en el ANPRC muestran ciertas similitudes y diferencias en relación con las de Comodoro Rivadavia (Tabla 3):



- Área, perímetro y longitud del cauce principal: la cuenca Cañadón Pilar se asemeja a las cuencas de los arroyos Km8, Belgrano y La Mata, mientras que las cuencas Bajo Palangana, Segundo Zanjón y Bahía Tiburón se asemejan a las cuencas La Quinta y Biggs. Las cuencas de Km3 y Caleta Córdova (microcuencas) no tendrían equivalentes en el ANPRC.
- Alturas máximas ( $H_{max}$ ) y desnivel (H): considerando que la mayoría de las cuencas nacen en la parte alta de la pampa del Castillo-Salamanca y desembocan al mar, no se observan grandes diferencias. Se desvían de esta regularidad las cuencas de Caleta Córdova y Km3, con alturas que se reducen a la mitad y un cuarto respectivamente, sin equivalentes en el ANPRC.
- Factor de forma (Rf) e índice de circularidad (Ic): todas las cuencas analizadas en este trabajo presentan una forma “muy alargada”, exceptuando la cuenca Segundo Zanjón que es “alargada”. Ninguna de las cuencas analizadas alcanza los valores de índice de circularidad de la cuenca de km3 (0,52), aunque la cuenca Segundo Zanjón tiene el índice de circularidad más elevado (0,46), lo que podría favorecer a la concentración de caudal y la ocurrencia de procesos.
- Índice de compacidad (Kc): las cuencas Bajo Palangana, Bahía Tiburón, La Mata, De La Quinta, Belgrano y Km8 se clasifican como oval oblongas a rectangular oblongas, de acuerdo con la clasificación de [Gaspari et al. \(2012\)](#). La cuenca Cañadón Pilar se caracteriza por ser rectangular, al igual que Caleta Córdova y Biggs, ya que sus valores superan el 1,75. La cuenca Segundo Zanjón presenta una forma que varía entre oval redonda y oval-oblonga, al igual que la cuenca Km3.



## TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



- Parámetro	Paredes <i>et al.</i> (2017), Ocampo <i>et al.</i> (2019)						Cortés (2022)	Este trabajo			
	Biggs	Caleta Córdova	Km 8	Belgrano	De La Quinta	La Mata	Km 3	Bajo Palangana	Segundo Zanjón	Bahía Tiburón	Cañadón Pilar
Área (km <sup>2</sup> )	65	6	349	462	67	585	13	98	29	40	479
Perímetro (km)	80	20	114	140	55	155	18	59	28	39	139
Longitud del cauce principal (km)	24,2	5,6	40,3	48,4	22,8	56	6,4	27	11	17	56
Ancho de la cuenca (km)	2,7	1,1	8,7	9,5	2,9	10,4	1,9	3,6	2,6	2,3	8,5
Altura máxima (m)	662	154	702	751	664	773	373	651	630	630	683
Altura mínima (m)	12	5	16	16	12	22	15	26	20	28	23
Desnivel (m)	650	149	686	735	652	751	360	625	610	602	660
Coef. de compactación (Gravelius)	2,80	2,30	1,72	1,84	1,89	1,81	1,38	1,70	1,47	1,74	1,80
Índice de circularidad	0,13	0,19	0,34	0,30	0,28	0,31	0,52	0,35	0,46	0,33	0,31
Factor de forma	0,11	0,19	0,21	0,20	0,13	0,19	0,30	0,13	0,24	0,14	0,15
Longitud total de cauces (km)	112,82	9,96	597,82	742,78	111,96	940,28	74,94	155,30	49,67	63,75	684,16
Densidad de drenaje (1/km)	1,74	1,66	1,71	1,61	1,67	1,61	5,6	1,58	1,71	1,59	1,43
Número de cauces	119	9	578	801	117	1025	511	149	46	65	651
Frecuencia de cauces	1,83	1,50	1,66	1,73	1,75	1,75	38,19	1,52	1,59	1,62	1,36
Integral Hipsométrica	-	-	-	-	-	-	-	0,58	0,37	0,4	0,74

Tabla 4. Comparación de los parámetros morfométricos de cuencas de drenaje de la región.



- Densidad de drenaje: Las cuencas de Segundo Zanjón, Km 8, Biggs y De La Quinta tienen valores similares con un promedio cercano 1,7. Por su parte, las cuencas Caleta Córdova, Belgrano, La Mata, Bajo Palangana y Bahía Tiburón tienen densidades cercanas a 1,6. Los valores de mayor y menor densidad de drenaje dentro de la población analizada corresponden a las cuencas de Km3 y De Cañadón Pilar, respectivamente; vale aclarar que el valor de Km3 puede deberse al mayor detalle en el trabajo de [Cortés \(2022\)](#).
- Longitud total de cauces y número de cauces: estos índices son más elevados para las cuencas Km 8, Belgrano, La Mata y Cañadón Pilar. Por su parte, y con valores menores, muestran similitudes Bajo Palangana - Biggs - De La Quinta y Segundo Zanjón - Bahía Tiburón. La cuenca de km3 no es comparable con ninguna del ANPRC.

A modo de síntesis, con excepción de la cuenca de Km3, las cuencas del ANPRC muestran parámetros morfométricos comparables con las de Comodoro Rivadavia. Esto significa que, para precipitaciones comparables, las cuencas responderían de forma similar. Si hubiese que ordenar las cuencas del ANPRC según la velocidad con que se inundarían durante eventos de precipitación extremas en base a su morfología ([Hirtz y Blanchakis, 2001](#)), sin considerar factores antrópicos, serían: 1) Segundo Zanjón, 2) Bajo Palangana, 3) Bahía Tiburón y 4) Cañadón Pilar.

Además, en este estudio se calcularon las curvas e integrales hipsométricas para las cuencas del ANPRC (Figura 20). Sin embargo, al no haber antecedentes publicados para las cuencas de Comodoro Rivadavia, no hay forma de comparación local o regional. Las curvas hipsométricas muestran resultados diferentes entre sí: i) las cuencas Segundo Zanjón y Bahía Tiburón tienen morfología cóncava, sugiriendo un relieve de baja amplitud de tipo maduro o senil, ii) la cuenca Bajo Palangana presenta una morfología cóncavo-convexa, sugiriendo que se encuentra en un estado transitorio en la evolución del relieve y, iii) la cuenca Cañadón Pilar presenta una curva convexa, indicando un estadio juvenil del relieve. Debido a la proximidad entre las cuencas entre sí, resulta difícil explicar estos cambios a causa de diferencias en su levantamiento, tal como supone el modelo teórico. Sin embargo, se podrían aproximar al menos dos explicaciones relacionadas entre sí: 1) como las formas de las curvas hipsométricas muestran la distribución de volumen del material circunscripto en cada cuenca, si la proporción de meseta (pampa de Salamanca) en la cuenca de drenaje es grande, baja o



nula, las cuencas muestran perfiles “rejuvenecidos” (ej., Cañadón Pilar), en equilibrio (ej. Bajo Palangana) o seniles (Bahía Tiburón y Segundo Zanjón) respectivamente, 2) las cuencas de drenaje que no tienen en sus cabeceras terrazas estructurales que las protejan de la erosión (Rodados Patagónicos) y la cobertura vegetal es baja (zona de *badlands*), han perdido más volumen de rocas sedimentarias, mostrando relieves más evolucionados (Bahía Tiburón y Segundo Zanjón).

## 8.2) Procesos geomorfológicos

Las modificaciones del paisaje reconocidas en el ANPRC durante el temporal de 2017 coinciden en términos generales con los resultados de [Paredes et al. \(2017, 2020, 2021\)](#), [Paredes y Ocampo \(2019\)](#), [Ocampo et al. \(2019\)](#) y [Cortés \(2022\)](#), incluyendo: *rills*, cárcavas, ensanchamiento/modificaciones de cauces, depositación en zonas bajas, deltas, flujos de tierra y deslizamientos. Los únicos elementos que se reconocieron en el ANPRC sin antecedentes en el área urbana y peri-urbana de Comodoro Rivadavia fueron pequeños abanicos aluviales, aunque podría responder al nivel de urbanización de la ciudad que impidió su reconocimiento en las áreas de amplia depositación (ej. barrios Juan XXIII y Pueyrredón sur).

Rills: Los resultados obtenidos indican que estas formas remobilizan materiales modernos dispuestos sobre laderas de altas pendientes, generalmente sin cobertura vegetal; en algunos casos se desarrollaron sobre el terraplén de la RPN°1 (ej. FL-R3). El avance y evolución de estas formas pueden llegar a la formación de cárcavas. Formas erosivas similares fueron descritas por [Paredes et al. \(2017\)](#) en el Pico Salamanca y por [Cortés \(2022\)](#) en el cerro Vitteau y terraplenes de locaciones petroleras.

Cárcavas: Las nuevas cárcavas y la reactivación erosiva de cauces fueron las principales formas erosivas reconocidas en el área de estudio. Se concentraron principalmente sobre las formaciones Chenque, Santa Cruz, Rodados Patagónicos y en los depósitos aluviales. Al igual que en los antecedentes de [Paredes et al. \(2017, 2021\)](#), la incidencia de cárcavas fue más importante en la zona alta de las cuencas donde las pendientes son más pronunciadas. También se reconoció que la profundización de cauces tuvo de mayor magnitud cuando tuvo lugar sobre sedimentos de fondo de valle, tal como interpretan [Ocampo et al. \(2019\)](#).

La traza de la RPN°1 dentro del ANPRC fue la zona donde se concentraron la mayor cantidad de nuevas cárcavas durante la tormenta de 2017. En el año 2012, la



Administración de Vialidad Provincial (AVP) llevó a cabo un proyecto de mejora en la Ruta Provincial N°1, que conecta la ciudad de Comodoro Rivadavia con el ANPRC y se extiende hasta Bahía Camarones (Tolosano, 2021). Este proyecto implicó la elevación de terraplenes, nivelación y la incorporación parcial de enripiado. Este procedimiento generó: i) eliminación de la cobertura vegetal de las zonas donde se realizó la extracción de material, ii) generación de taludes artificiales, iii) interrupción parcial o total de drenajes naturales. Diversos estudios han demostrado una correlación entre la formación de cárcavas y la expansión de áreas antropizadas asociadas a caminos y plataformas en laderas (Moeyersons, 1991; Burkard y Kostaschuk, 1995; Nyssen *et al.*, 2002; Seutloali *et al.*, 2016). Los efectos más severos se atribuyen al incremento del área de drenaje resultante de la construcción de caminos, las pendientes pronunciadas y la ausencia de cobertura vegetal (Seutloali *et al.*, 2016).

Al igual que en algunos ejemplos descriptos por Paredes *et al.* (2017) y Ocampo *et al.* (2019) en Comodoro Rivadavia, la traza de rutas con desagües pluviales insuficientes y/o deficitarios amplificaron los daños ocasionados, tal como en km3 y km8. Esta situación se magnifica porque las rutas interceptan los cauces principales cerca de su desembocadura al mar (órdenes 4 y 6), dónde ya concentran gran parte del agua precipitada sobre el faldeo oriental de la pampa del Castillo-Salamanca. La generación de endicamientos artificiales provocó inundación y depositación aguas arriba de las obras pluviales, seguido en algunos casos por la ruptura de los terraplenes con erosión generalizada.

Cauces: Procesos erosivos y depositacionales relacionados a la dinámica de los sistemas fluviales efímeros, tales como estrangulamiento de meandros, formación de canales de chute, ensanchamiento de cauces y migración lateral, tuvieron lugar durante la tormenta de 2017 en el área de estudio. Estos fenómenos se observaron con mayor magnitud cerca de las desembocaduras de los cauces principales (orden 4 y 6). Ejemplos similares fueron documentados por Paredes *et al.* (2017) en los arroyos Restinga Alí y Belgrano, donde los procesos de ensanchamiento provocaron la remoción de grandes volúmenes de sedimentos y el desplome gravitacional de sus márgenes. La preferencia de los sistemas fluviales por el ensanchamiento y migración de sus cauces por sobre la erosión vertical en esta zona de las cuencas, podría estar relacionado a la dureza del sustrato (Paredes *et al.*, 2017) y/o a una disminución general de las pendientes de los cauces principales. Además, en Paredes *et al.* (2020), para algunas cuencas la de Km 8,



propone como explicación la agradación del fondo del canal debido a la depositación de la carga gruesa. Este proceso favorece la formación de cauces más someros, lo que a su vez incrementa la erosión lateral.

Deltas: La formación de deltas asociados a sistemas fluviales efímeros durante eventos de precipitación extrema en regiones áridas o semiáridas resulta un caso muy particular. El volumen de agua y sedimentos transportada hacia el mar durante la tormenta de 2017 generó la formación de deltas tanto en Comodoro Rivadavia ([Paredes y Ocampo, 2019](#)) como en el ANPRC. Estos deltas se formaron íntegramente durante este período de lluvias intensas, siendo gradualmente removilizados por la erosión marina hasta que finalmente desaparecieron.

Los deltas formados en la ciudad de Comodoro Rivadavia en la desembocadura de los arroyos La Mata, Belgrano, Restinga Alí y De La Quinta, estuvieron constituidos por depósitos principalmente de arenas finas a muy finas. En el caso del delta formado en la cuenca Bajo Palangana (FL-De1), se observaron depósitos de granulometría gruesa (grava). Esta diferencia puede deberse a la erosión de material gravoso depositada en pedimentos de la zona, modificando la granulometría del material transportado. La estimación del tiempo de permanencia de los deltas quedó supeditado a la disponibilidad de imágenes satelitales, pero fue de 30 y 45 días para el arroyo La Mata ([Paredes et al., 2017](#)) y de hasta cuatro meses para Bajo Palangana en 2017. Las lluvias de 09/22 (137,4 mm) volvieron a generar deltas en las cuencas de Bajo Palangana y Segundo Zanjón, sin menciones conocidas para Comodoro Rivadavia. Tal como infieren [Ocampo et al. \(2019\)](#), la llegada episódica de material arenoso y gravoso al ámbito costero durante eventos de precipitaciones extremas en forma de deltas podría explicar parte del suministro de sedimentos en las playas actuales.

Metodológicamente, la técnica de detección de cambios resultó de gran utilidad para diferenciar los pulsos de crecimiento de los deltas (ej. Figura 35).

Deslizamientos: Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que hubo dos lugares preferenciales para la formación de deslizamientos asociados a la tormenta de 2017 en el ANPRC: laderas de valles y acantilados costeros. [González Díaz \(2004\)](#), [González et al. \(2002\)](#) y [Ocampo et al. \(2019\)](#) reconocen números deslizamientos en el área urbana y peri-urbana a Comodoro Rivadavia. Según [González et al. \(2002\)](#), estos deslizamientos se atribuyen a varios factores condicionantes: altas pendientes, menor



insolación que retiene mayor humedad, presencia de arcillas de elevada plasticidad que facilitan el despegue y el movimiento, y la disposición subhorizontal de los estratos que favorece la formación de superficies de deslizamiento coincidentes con los bancos arcillosos. [González Díaz \(2004\)](#) indica que en algunos casos la erosión de sistemas fluviales puede desestabilizar las laderas y desencadenar un deslizamiento, tal como se observa en el cauce principal del Cañadón Pilar (RM-D8 y RM-D9). De manera simplificada, podríamos decir que la formación de deslizamientos en laderas de valles con pendientes inestables en el ANPRC (ej. RM-D8 y RM-D9) sería comparable parcialmente con el deslizamiento descrito por [Vidal y Hirtz \(2017\)](#), [Vidal \(2018\)](#) y [Ocampo \*et al.\* \(2019\)](#) en Km3 (zona caballeriza). Por otro lado, la recurrencia de deslizamientos rotacionales en zonas costeras por erosión marina en el ANPRC (ej. RM-D1 y RM-D2, Fig.50) sería comparable con los deslizamientos del cerro Chenque en 1995 y las sucesivas reactivaciones en 2022, con independencia de los materiales involucrados. El material deslizado alcanza un nuevo estado de reposo, pero la rápida erosión marina del lóbulo vuelve a desestabilizar la zona y genera nuevas reactivaciones en los mismos lugares. En este sentido, [Cortés \(2022\)](#) estimó una tasa de retracción de entre 1 y 1,25 m/año del acantilado costero para la cuenca Km3.

Aunque la abundancia de deslizamientos en la región extraandina se atribuye principalmente a las intensas precipitaciones ocurridas durante el Cuaternario ([González Díaz, 2004](#)), queda en evidencia que las precipitaciones extraordinarias en condiciones áridas mantienen los deslizamientos activos.

Flujos de tierra: Los resultados obtenidos indican que los flujos de tierra tienen lugar sobre laderas con pendientes de entre  $13^{\circ}$  y  $34^{\circ}$ , principalmente labradas sobre la Formación Chenque, y en segundo término por la Formación Santa Cruz. A diferencia de los deslizamientos que involucran rocas sedimentarias (ej. Cerro Chenque, Caballeriza, RM-D1 y RM-D2), estos procesos remobilizan sólo materiales modernos. Estos resultados son comparables con los descritos por [Paredes \*et al.\* \(2017\)](#) y [Ocampo \*et al.\* \(2019\)](#) en el Pico Salamanca y por [Cortés \(2022\)](#) en los cerros Vitteau y Hermitte, ocurridos durante las lluvias de marzo a abril de 2017. Resulta interesante destacar además que: i) las pendientes elevadas donde se desarrollan flujos de tierra suelen estar asociadas al desarrollo de terrazas estructurales conformadas por niveles endurecidos de rocas sedimentarias miocenas, y ii) se reconoció la recurrencia de estos procesos en los mismos lugares (Figura 46)



Depósitos aluviales: La existencia de abanicos aluviales (ej. FL-AA2 y FL-AA6, Figura 38), explayamientos y depositación en valles fluviales (ej. FL-C12 y FL-C59, Figura 30) fue reconocido en distintos lugares del ANPRC durante la tormenta de 2017. Estos fenómenos de desconfinamiento y pérdida de capacidad de transporte de los sistemas fluviales parecen estar relacionados a cambios locales de pendiente y/o niveles de base locales. Fenómenos similares fueron descriptos por [Paredes et al. \(2017, 2020\)](#) y [Ocampo et al. \(2019\)](#) en los barrios Juan XXII y Pueyrredón sur, causando gran cantidad de daños materiales. La acumulación de sedimentos eólicos en las redes de drenaje durante los períodos secos es removilizada y depositada en bajos relativos (depósitos aluviales) y/o en el mar (deltas) durante las lluvias extraordinarias.

### 8.3) Daños e impacto social

Tal como vimos hasta ahora, las modificaciones del paisaje sufridas en Comodoro Rivadavia y el ANPRC fueron similares en estilo y magnitud durante la tormenta de 2017. Sin embargo, impacto social fue mucho menor en el área de estudio por no corresponder a una zona urbanizada. Los daños en obras civiles estuvieron concentrados en la traza de RPN°1, una ruta alternativa que debería conectar Comodoro Rivadavia con la zona norte (Bahía Bustamante, Camarones y Rawson-Trelew). La inversión provincial realizada en la obra de 2012 se perdió casi por completo a causa de los daños sufridos, inhabilitando su tránsito para vehículos livianos. Considerando que la Municipalidad de Comodoro Rivadavia intenta fortalecer las actividades turísticas del ANRPC a través de distintas iniciativas, el impacto socio-económico fue considerable.

Los resultados obtenidos sugieren que cualquier obra civil a desarrollarse en el ANPRC, ya sea dedicada a la RPN°1 o a infraestructura turística, debe contemplar las particularidades geológicas de la zona. Quedó de manifiesto que los desagües pluviales fueron insuficientes para evacuar la cantidad de agua y sedimentos movilizados. Una alternativa de bajo costo a los desagües entubados/puentes podría ser la construcción de badenes en las zonas donde la RPN°1 corta los cursos fluviales principales.

## 9) Conclusiones

- Las cuencas de drenaje analizadas (Bajo Palangana, Segundo Zanjón, Bahía Tiburón y Cañadón Pilar) muestran parámetros morfométricos similares a las cuencas de Comodoro Rivadavia, con excepción de la cuenca de Km3 que no



- tiene equivalente en el ANPRC. La cuenca Segundo Zanjón es la cuenca que más rápido concentra el agua en su desembocadura.
- Se reconocieron 174 modificaciones del paisaje en el ANPRC durante el temporal de 2017 caracterizados como: procesos erosivos (65%), procesos depositacionales (15%) y movimientos de remoción en masa (20%). Los elementos geomorfológicos reconocidos incluyeron: *rills*, cárcavas, modificación de cauces (ensanchamiento, profundización, migración y cambios de sinuosidad), depositación en fondos de valles, abanicos aluviales, deltas, flujos de tierra y deslizamientos.
  - La mayor cantidad de rasgos erosivos (sin influencia antrópica) tuvo lugar en la parte alta de las cuencas, donde predominan pendientes altas. La mayor cantidad de procesos depositacionales tuvo lugar en fondos de valles, niveles de base locales y/o cambios de pendiente.
  - La mayor abundancia de cárcavas y modificaciones en los cauces se observó a lo largo de la RPN N°1, demostrando que las obras civiles amplificaron los daños.
  - La metodología de detección de cambios junto al procesamiento de análisis de componentes principales resultó de gran utilidad para caracterizar y visualizar las modificaciones en las geoformas analizadas.
  - Se considera necesario que cualquier obra civil a planificarse en el ANPRC (ej. RPN°1, infraestructura turística) tenga en cuenta sus aspectos geológicos y geomorfológicos, a fin de reducir daños materiales y/o humanos.

## **10) Agradecimientos**

Este trabajo es la última pieza que completa el gran camino de esfuerzo y dedicación recorrido en esta carrera. Muchas personas me acompañaron y apoyaron en esta maravillosa aventura. En primer lugar, quiero agradecer a Mariela y Nico, quienes, sin su ayuda, no habría podido culminar esta etapa. Gracias por confiar en mí y por acompañarme hasta el final. También agradezco al jurado, José, Alejandro y Héctor, cuyas correcciones y sugerencias ayudaron a mejorar la calidad del trabajo.

El pilar más importante que me ha sostenido y sigue sosteniéndome es mi familia. Sin ellos, no estaría aquí. Gracias a mis padres, mis hermanos, mis cuñadas y mis sobrinos; a todos ustedes, un agradecimiento inmenso por su amor incondicional y por estar en mi



vida. Los amo. Gracias a mi pareja, Germán, quien me ha acompañado en estos últimos años con sus palabras de aliento y motivación (además de haber sido mi escala para todas las fotos en campo). También agradezco a mi hermosa hija perruna, Laika, la única que se quedaba haciéndome compañía en esas largas noches de estudio. Gracias a mis amigas de toda la vida, mis hermanas, que celebraban mis logros con más entusiasmo que yo misma. Gracias a todos mis amigos y a los que me regaló esta hermosa carrera. Un agradecimiento a la Escuela Provincial “Vientos Patagónicos” N°754, por apoyarme y permitirme continuar con mis estudios durante los cuatro años en los que trabajé allí y a mis compañeros de YPF. GRACIAS A TODOS!

### **11) Bibliografía**

- Andreis, R.R., Mazzoni, M., Spalletti, L.A., 1975. Estudio estratigráfico y paleoambiental de las sedimentitas terciarias entre Pico Salamanca y Bahía Bustamante, Provincia del Chubut, República Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 30(1): 85-103.
- Barcat, C., Cortiñas, J.S., Nevistic, V.A., Zucchi, H.E., 1989. Cuenca Golfo San Jorge. En: Chebli, G.A., Spalletti, L.A. (Eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie de Correlación Geológica*, 6: 319-345. San Miguel de Tucumán.
- Bellosi, E.S., 1987. Litoestratigrafía y Sedimentación del “Patagoniano” en la Cuenca San Jorge, Terciario de Chubut y Santa Cruz, Argentina. Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires (inérita), 252 pp., Buenos Aires.
- Bellosi, E.S., 1990. Formación Chenque: registro de la transgresión patagoniana (Terciario medio) de la cuenca de San Jorge, Argentina. IX Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 57-60, San Juan.
- Bellosi, E.S., 1995. Paleogeografía y cambios ambientales de la Patagonia central durante el Terciario medio. *Boletín de Informaciones Petroleras* 44: 50-83, Buenos Aires.
- Bellosi, E.S., 2010. Loessic and fluvial sedimentation in Sarmiento Formation pyroclastics, middle Cenozoic of Central Patagonia. En: Madden, R., Carlini A., Vucetich, M. y Kay, R. (Eds.), *The Paleontology of Gran Barranca. Evolution and Environmental Change through the Middle Cenozoic of Patagonia*. Cambridge University Press, 278-292. UK.



- Bellosi, E.S., Jalfin, G.A., 1996. Sedimentación en la planicie costera santacruzense-superpatagónica (Mioceno inferior-medio, cuenca San Jorge). 6° Reunión Argentina de Sedimentología, 1, 181-186. Bahía Blanca.
- Bellosi, E.S., Laza, J., Sánchez, M.V., Genise, J., 2010. Ichnofacies analysis of the Sarmiento Formation (middle Eocene - early Miocene) at Gran Barranca, central Patagonia. En: Madden, R., Carlini, A., Vucetich, M. y Kay, R.(Eds.), The Paleontology of Gran Barranca: evolution and environmental change through the middle Cenozoic of Patagonia. Cambridge University Press, U.K.: 306-316.
- Bilmes, A., Pessacg, N., Alvarez, M.P., Brandizi, L., Cuitiño, J.I., Kaminker, S., Bouza, P.J., Rostagno, C.M., Núñez de la Rosa, D., Canizzaro, A., 2016. Inundaciones en Puerto Madryn: Relevamiento y diagnóstico del evento del 21 de enero de 2016. Informe Técnico CCTCONICET-CENPAT, 20 p.
- Bilmes, A., Pessacg, N., Alvarez, M.P., Brandizi, L., Cuitiño, J.I., Kaminker, S., Bouza, P.J., Rostagno, C.M., Núñez de la Rosa, D., Canizzaro, A., 2017. ¿Por qué nos inundamos en Puerto Madryn?. V Jornadas de las Ciencias de la Tierra “Dr. Eduardo Musacchio”, Comodoro Rivadavia, p. 20-21.
- Bouza, P.J., 2012. Génesis de las acumulaciones de carbonatos en Aridisoles Nordpatagónicos: su significado paleopedológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69(2): 298-313.
- Brea, M., Zucol, A.F., 2006. Leños fósiles de Boraginaceae de la Formación Peñas Coloradas (Paleoceno superior), Puerto Visser, Chubut, Argentina. Ameghiniana 43 (1): 139- 146.
- Bunicontro, M., Marcomini, S., Weiler, N., López, R., Quenardelle, S., 2017. Caracterización textural, composicional y análisis de procedencia de los sedimentos de playa del golfo nuevo, provincia de Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 74: 207-222.
- Burkard, M.B., Kostaschuk, R.A., 1995. Initiation and evolution of gullies along the shoreline of Lake Huron. Geomorphology 14(3): 211-219.
- Campos Aranda, D.F., 1992. Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Capítulo 2, p. 2-5.
- Casal, G.A., Allard, J.O. y Foix, N. 2015. Análisis estratigráfico y paleontológico del Cretácico superior en la cuenca del Golfo San Jorge: nueva unidad litoestratigráfica para el Grupo Chubut. Revista Asociación Geológica Argentina 72: 81-99.



- Casanova, J., Montes, A., Foix, N., Luna, M., 2022. Megaóndulas gravosas de origen eólico en Rocas Coloradas, Chubut, Argentina. *Actas XXI Congreso Geológico Argentino*, p. 991-992, Puerto Madryn.
- Césari, O., Simeoni, A., 1994. Planicies fluvio-glaciares terrazadas y bajos eólicos de la Patagonia Central, Argentina. *13° Symposium Latin-American Geosciences, Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1, 155-164.
- Chelotti, L., 1997. Evolución tectónica de la Cuenca del Golfo San Jorge en el Cretácico y Terciario: algunas observaciones desde la interpretación sísmica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 49: 62-82.
- Clavijo R. 1986. Estratigrafía del cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras* 9: 15-32. Buenos Aires.
- Clyde, W.C., Wilf, P., Iglesias, A., Slingerland, R.L., Barnum, T., Bijl, P.K., Bralower, T.J., Brinkhuis, H., Comer, E.E., Huber, B.T., Ibañez-Mejía, M., Jicha, B.R., Krause, M., Schueth, J.D., Singer, B.S., Raigemborn, M.S., Schmitz, M.D., Sluijs, A., Zamaló, M.C., 2014. New age constraints for the Salamanca Formation and lower Río Chico Group in the western San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: implications for K/Pg extinction recovery and land mammal age correlations. *Geological Society of America Bulletin* 126: 289-306.
- Cortés, M., 2022. Análisis de peligrosidad geológica asociada al riesgo hidrometeorológico sobre la cuenca del cañadón de km 3 (B° Gral. Mosconi), a raíz del temporal de marzo/abril de 2017 en la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. *X Jornadas de las Ciencias de la Tierra “Dr. Eduardo Musacchio”*, Comodoro Rivadavia, p. 34-35.
- Cremona, M.V., Enríquez, A., 2015. Los mallines de Patagonia Norte: sus funciones productivas y ambientales. *Presencia* 63: 9-13.
- Cuitiño, J.I., Scasso, R.A., Ventura Santos, R., Mancini, L.H., 2015. Sr ages for the Chenque Formation in the Comodoro Rivadavia región (Golfo San Jorge Basin, Argentina): Stratigraphic implications. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 22: 3-12.
- De Römer, H., 1969. *Fotogeología Aplicada*, 136 p. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Del Río, C.J., Martínez, S.A., Scasso, R.A., 2002. Nature and origin of spectacular marine Miocene Shell beds of northeastern Patagonia (Argentina): palaeoecological and bathymetric significance. *Palaios* 16: 3-25.



- Delgadillo, A., Páez, G., 2008. Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo. Plan de desarrollo urbano del Municipio Antonio Pinto Salinas, bajo el enfoque de gestión del riesgo. Caracterización del riesgo de la cuenca del valle Mocoties. Mérida: FUNDAPRIS. Capítulo 3, p. 25-28.
- Feruglio, E., 1938. Relaciones estratigráficas entre el Patagoniano y el Santacruciano en la Patagonia Austral. Revista del Museo de La Plata (nueva serie) I, sección Geología 4: 129-159.
- Feruglio, E., 1949. Descripción geológica de la Patagonia. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Vol. 1: 1-347. Buenos Aires.
- Fidalgo, F., Riggi, J.C., 1965. Los Rodados Patagónicos en la Meseta del Guenguel y Alrededores (Santa Cruz). Serie Apartados Nro. 1; Revista de la Asociación Geológica Argentina Tomo XX, Nro. 3, 59 p. Buenos Aires, Secretaría de Minería. Instituto Nacional de Geología y Minería.
- Figari, E., Strelkov, E., Laffife, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, S., Martinez, R. y Villar, H. 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas: 197-237, Mar del Plata.
- Fitzgerald, M.G., Mitchum, R.M., Uliana, M.A., Biddle, K.T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 74: 879-920.
- Foix, N., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., 2012. Upper Cretaceous-Paleocene normal reactivation phase in the Golfo San Jorge Basin (Argentina): growth-fault models, paleoseismicity and paleostress analysis. Journal of South American Earth Science 33: 110-118.
- Foix, N., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., 2013. Fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge basin, Argentina. Sedimentary Geology 394: 342-355.
- Foix, N., Allard, J.O., Casal, G.A., Menegatti, N.D., 2014. Primer registro de pillow lavas en la cuenca del Golfo San Jorge (Formación Salamanca), Paleoceno Inferior, Chubut, Argentina. XIX Congreso Geológico Argentino Actas: 54-55, Córdoba.
- Foix, N., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., Allard, J.O., 2015. Arquitectura estratigráfica del Paleoceno en el flanco norte de la cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central. Revista de la Asociación Geológica Argentina 72 (1): 96-106.



- Foix, N., Allard, J.O., Paredes, J.M., Ocampo, S.M., 2017. Descarga acuosa extraordinaria de sistemas fluviales efímeros y daños urbanos asociados: tormenta 2017 en Comodoro Rivadavia. V Jornadas de las Ciencias de la Tierra “Dr. Eduardo Musacchio”, Comodoro Rivadavia, p. 40-42.
- Foix, N., Allard, J.O., Ferreira, M.L., Atencio, M., 2020. Spatio-temporal variations in the Mesozoic sedimentary record, Golfo San Jorge Basin (Patagonia, Argentina): Andean vs. cratonic sources. *Journal of South American Earth Sciences* 98: 102464.
- Foix, N., Krause, J.M., Bellosi, E., Raigenborn, M.S., 2021. Sedimentitas paleógenas y neógenas del margen atlántico. En: Giacosa, R.E. (Ed.), *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Chubut*, p. 489-521.
- Foix, N., Montes, A., Ocampo, S.M., Rodríguez, S., Casanova, J., 2022. Evolución geológica y geomorfológica del Área Natural Protegida “Rocas Coloradas”, Javier Tolosano y Cristina Massera (Eds.), *Serie de Divulgación Área Protegida Rocas Coloradas*. EDUPA. 25 p. Comodoro Rivadavia.
- Furque, G., Camacho, H.H., 1969. El Cretácico Superior y Terciario de la región Austral del Lago Argentino (Provincia de Santa Cruz). *IV Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3*: 61-76, Mendoza.
- Gaspari, F.J., Rodríguez Vagaría, A.M., Senisterra, G.E., Denegri, G., Delgado, M.I., Besteiro, S. 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente. AUGMDOMUS*, 4, 143-158.
- Giacosa, R.E., Paredes, J.M., Nillni, A., Ledesma, M., Colombo, F., 2004. Fallas normales de alto ángulo en el Neógeno del margen Atlántico de la Cuenca del Golfo San Jorge (46° S – 67° 30' O, Patagonia Argentina). *Boletín Geológico Minero* 115 (3), 537-550
- Gianni, G.M., Dávila, F.M., Echaurren, A., Fennell, L., Tobal, J., Navarrete, C., Giménez, M., 2018. A geodynamic model linking Cretaceous orogeny arc migration, foreland dynamic subsidence and marine ingression in southern South America. *Earth-Science Reviews*, 185: 426-462.
- González Díaz, E.F., 2004. La extensa zona de deslizamientos de la escarpa oriental de la Pampa de Salamanca, Chubut, entre los 45°00'S y 45°45'S. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(4), 743-762.



- González, M.A., Roverano, D., Fauqué, L., 2002. Estudio de Peligrosidad Geológica en el Barrio Sismográfica. Serie de contribuciones técnicas, Peligrosidad Geológica N°4. Informe técnico, p. 17-30, Buenos Aires.
- Gravelius, H., 1914. Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde. Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, Vol. I. Rivers, in German). Goschen, p. 44-45. Berlin.
- Hirtz, N. y Blachakis, A., 2001. Caracterización hidrogeomorfológica y análisis de crecidas de la cuenca del Cañadón de La Quinta, Comodoro Rivadavia, Chubut. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 16: 79- 90. Buenos Aires.
- Horton, R., 1932. Drainage Basin Characteristics. Transactions, American Geophysical Union, 13, p. 350-361.
- Howard, A.D., 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. American Association of Petroleum Geologists 51, 2246-2259.
- Kales, G., Pascual, M., Flaherty, S., Liberoff, A., García Asorey, M., Brandizi, L., Pessacg, N., 2019a. Ecos de la tormenta de Comodoro Rivadavia en el valle inferior del río Chubut. Aporte de sedimentos al río Chubut desde la cuenca del río Chico. En: Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017: visiones múltiples para una ciudad en riesgo, Paredes, J.M., Foix, N., Bondel, S.C., Massera, C., Cabral Márquez, D., y Perea, F. (Eds.), EDUPA, 290-303.
- Kales, G., Frumento, O., Bianchi, E., Chachero, M.J., Bastida, R., Iglesias, S., 2019b. Cuando en el desierto patagónico los arroyos braman. Evento extraordinario de abril de 2017 en la cuenca del arroyo Perdido. En: Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017: visiones múltiples para una ciudad en riesgo, Paredes, J.M., Foix, N., Bondel, S.C., Massera, C., Cabral Márquez, D. y Perea, F. (Eds.), EDUPA, 273-288.
- Krause, J.M., Bellosi, E.S., Raigemborn, M.S., 2010. Lateritized tephric palaeosols from Central Patagonia, Argentina: a southern high-latitude archive of Palaeogene global greenhouse conditions. Sedimentology 57: 1721-1749.
- Krause, J.M., Clyde, W.C., Ibañez-Mejía, M., Schmitz, M.D., Barnum, T., Bellosi, E., Wilf, P., 2017. New age constraints for early Paleogene strata of central Patagonia, Argentina: implications for the timing of South American land mammal ages. Geological Society of America Bulletin 129 (7-8): 886-903.
- Legarreta, L., Uliana, M.A., 1994. Asociaciones de fósiles y hiatos en el Supracretácico-Neógeno de la Patagonia: Una perspectiva estratigráfico- secuencial. Ameghiniana 31 (3): 257-281.



- Legarreta, L., Uliana, M., Torres, M., 1990. Secuencias deposicionales cenozoicas de Patagonia Central: sus relaciones con las asociaciones de mamíferos terrestres y episodios marinos epicontinentales. 3° Simposio del Terciario de Chile. Actas: 135-176. Concepción.
- Lesta, P., Ferello, R. 1972. Región Extra-andina del Chubut y norte de Santa Cruz. En: Leanza, A. (Ed.), Geología Regional Argentina: Academia Nacional de Ciencias: 601-654, Córdoba.
- Lesta, P., Ferello, R., Chebli, G., 1980. Chubut extraandino. En: Turner, J.C. (Ed.), 2° Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, 2: 1307-1387, Córdoba.
- Madden, R.H., Kay, R.F., Carlini, A.A., 2010. Gran Barranca: A 23-million-year record of middle Cenozoic faunal evolution in Patagonia. En: Madden, R., Carlini, A., Vucetich, M. y Kay, R. (Eds.), The Paleontology of Gran Barranca: evolution and environmental change through the middle Cenozoic of Patagonia. Cambridge University Press, U.K.: 423-439.
- Magette, W.L., Shanholtz, V.O., Carr, J.C., 1976. Estimating selected parameters for the Kentucky watershed model from watershed characteristics, Wat. Resour. Res. 12(3): 472-476.
- Malumián, N., 1999. La Sedimentación en la Patagonia Extraandina. En: Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Naturales, Anales 29 (18): 557-612.
- Martínez, O.A., & Coronato, M.J., 2008. The Late Cenozoic fluvial deposits of Argentine Patagonia. Developments in Quaternary Sciences 11, 205-226.
- Martínez, O.A., Kutschker, A. 2011. The ‘Rodados Patagónicos’ (Patagonian shingle formation) of eastern Patagonia: environmental conditions of gravel sedimentation. Biological Journal of the Linnean Society 103: 336-345.
- Martínez, H., Dal Molín, C., Castro Godoy, S., Quintón Pigas Luna, F., Marengo, H., Dzendoletas, A., Pezzuchi, H., Parisi, C., Panza, J.L., 2020. Hoja Geológica 4769-II, Colonia Las Heras y Hoja Geológica 4766-I, Bahía Lángara. Provincia de Santa Cruz. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 426, 66 pp. Buenos Aires.
- Mazzoni, M.M., 1979. Contribución al conocimiento petrográfico de la Formación Sarmiento, barranca sur del lago Colhue Huapí, provincia de Chubut. Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrografía y Sedimentología 10: 33-54.



- Mazzoni, M.M., 1985. La Formación Sarmiento y el vulcanismo paleógeno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40: 60-68.
- Miller, V. C., 1953. A quantitative study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Dept. of Geology, Columbia Univ., New York, Technical Rep., No. 3, Office of Naval Research, Contract N60NR 271-30.
- Moeyersons, J., 1991. Ravine formation on steep slopes: forward versus regressive erosion. Some case studies from Rwanda. *Catena* 18(3-4): 309-324.
- Montes, A., Paredes, J. M., Gaiero, D. M., Martínez, O., Coronato, A., & Reato, A. 2024. Procesos, geformas y sedimentos eólicos. En G. A. Casal & C. R. Navarrete (Eds.), *Geología Tomo II* (pp.300-301). Editorial Universitaria de la Patagonia - EDUPA. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Comodoro Rivadavia.
- Montes, A., Rodríguez, S.S., Domínguez, C.E., 2017. Geomorphology context and characterization of dunefields developed by the southern westerlies at drying Colhué Huapi shallow lake, Patagonia, Argentina. *Aeolian Research* 28: 58-70.
- Náñez, C., Malumián N., 2008. Paleobiogeografía y paleogeografía del Maastrichtiano marino de Patagonia, Tierra del Fuego y de la Plataforma Continental Argentina basada en foraminíferos bentónicos. *Revista Española de Paleontología* 23: 273-300.
- Nota diario Página 12. <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-140602-2010-02-19.html>
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Luyten, E., Veyret-Picot, M., Deckers, J., Haile, M., Govers, G., 2002. Impact of road building on gully erosion risk: a case study from the northern Ethiopian highlands. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group* 27(12): 1267-1283.
- Ocampo, S.M, Foix, N., Paredes, J.M., 2019. Las huellas del agua. En: Paredes, J.M. (Compilador). *Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017: visiones múltiples para una ciudad en riesgo*. Editorial Universitaria de la Patagonia, p. 16-33. Comodoro Rivadavia.
- Oporto Romero, F.E., Paredes, J.M., 2022. Arquitectura estratigráfica de sistemas eólicos-fluviales: un ejemplo de la Formación Santa Cruz (Mioceno medio) en la cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 79(1): 1-29.
- Paredes, J.M., 2002. Asociaciones de facies y correlación de los sedimentos de la Formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) de los alrededores de Comodoro



- Rivadavia, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 9 (1): 53-64.
- Paredes, J.M., Ocampo, S.M., 2019. Sistemas fluviales efímeros de Comodoro Rivadavia. En: Paredes, J.M. (Compilador). *Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017: visiones múltiples para una ciudad en riesgo*. Editorial Universitaria de la Patagonia, p. 35-48. Comodoro Rivadavia.
- Paredes, J.M., Foix, N., Colombo Piñol, F., Nillni, A., Allard, J.O., Marquillas, R.A. 2007. Volcanic and climatic controls on fluvial style in a highenergy system: the Lower Cretaceous Matasiete Formation, Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 202: 96-123.
- Paredes, J.M., Colombo, F., Foix, N., Allard, J.O., Nillni, A., Allo, M., 2008. Basaltic explosive volcanism in a tuff-dominated intraplate setting, Sarmiento Formation (middle Eocene-lower Miocene), Patagonia Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 15: 77-92.
- Paredes, J.M., Foix, N., Allard, J.O., Colombo, F., Tunik, M.A., 2015a. Alluvial architecture of reworked pyroclastic deposits in peri-volcanic basins: Castillo Formation (Albian) of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72 (1): 42-62.
- Paredes, J.P., Foix, N., Guerstein, G.R., Guler, M.V., Irigoyen, M., Moscoso, P., Giordano, S., 2015b. A late eocene-early Oligocene transgressive event in the Golfo San Jorge basin: Palynological results and stratigraphic implications. *Journal of South American Earth Science* 63: 293-309.
- Paredes, J.M., Ocampo, S.M., Foix, N., Olazábal, S.X., Fernández, M.A., Montes, A., Castro, I., Maza, W., Allard, J.O., Rodríguez, S., San Martín, C., Simeoni, A., Mendos, G., Quagliano, J.A., Turra, J.M., Maino, J., Sánchez, F. y Valle, M.N., 2017. Sistemas fluviales efímeros e inundaciones repentinas de la ciudad de Comodoro Rivadavia: causas, procesos y mitigaciones. *Informe Técnico FCNyCS. UNPSJB*, p. 1-44. Comodoro Rivadavia.
- Paredes, J.M., Ocampo, S.M., Foix, N., Olazábal, S.X., Valle, M.N., Allard, J.O., 2020. Precipitaciones extremas e inundaciones repentinas en ambiente semiárido: impactos del evento de marzo-abril de 2017 en Comodoro Rivadavia, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 77 (2): 296-318.
- Paredes, J.M., Ocampo, S.M., Foix, N., Olazábal, S.X., Valle, M.N., Montes, A., Allard, J.O., 2021a. Geomorphic and Sedimentological Impact of the 2017 Flash Flood



- Event in the City of Comodoro Rivadavia (Central Patagonia, Argentina). En: Bouza P., Rabassa J., Bilmes A. (Eds), *Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina*. Springer Earth System Sciences. Springer, Cham, 3-29 pp.
- Paredes, J.M., Foix, N., Allard, J.O., 2021b. Estratigrafía cretácica de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino*. Puerto Madryn, 142-187.
- Plazibat, S., Rasgido, A., Paredes, J.M., 2019. Subsurface characterization of Cenozoic igneous activity at Cerro Dragon area (Golfo San Jorge basin, central Patagonia): implications for basin evolution and hydrocarbon prospectivity. *Journal of South American Earth Sciences*, 96: 102389.
- Rai, P.K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., Mishra, V.N., 2014. A GISbased approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science* 7(1): 217-232.
- Rai, P. K., Singh, P., Mishra, V. N., Singh, A., Sajan, B., Shahi, A. P., 2019. Geospatial approach for quantitative drainage morphometric analysis of Varuna River basin, India. *Journal of Landscape Ecology* 12(2): 1-25.
- Raigemborn, M.S., Beilinson, E., 2020. Stratigraphic architecture and paleosols as basin correlation tools of the early Paleogene infill in central-south Patagonia, Golfo San Jorge Basin, Argentinean Patagonia. *Journal of South American Earth Science* 99: 102519.
- Raigemborn, M.S., Krause, J.M., Bellosi, E.S., Matheos, S.D., 2010. Redefinición estratigráfica del Grupo Río Chico (Paleógeno Superior), en el norte de la cuenca del Golfo San Jorge, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67: 239-256.
- Ray, R.G. 1960. *Aerial Photography in Geologic Interpretation and Mapping*. U.S. Geological Survey Professional Paper 373.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 6(1): 1-16.
- Samal, D.R., Gedam, S.S., Nagarajan, R., 2014. GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India. *Geocarto Int* 30(7): 755-778.



- Schumm, S.A., 1956. The evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey. *Geol. Soc. Ame. Bull.* 67 (5), pp. 597-646.
- Sciutto, J.C., Césari, O., Escribano, V., Pezucchi, H., 2000. Hoja Geológica 4566-III, Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, Buenos Aires, 60 p.
- Seutloali, K.E., Beckedahl, H.R., Dube, T., Sibanda, M., 2016. An assessment of gully erosion along major armoured roads in south-eastern region of South Africa: a remote sensing and GIS approach. *Geocarto International* 31(2): 225-239.
- Simeoni, A., 2008. Mesetas y bajos de la Patagonia central extraandina. La Inversión del Relieve. En: *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino, vol. 46 Tomo II - Sur: 729-745.
- Simeoni, M. 2014. Nannofossils and foraminifera from the Salamanca Formation (Paleocene) in Punta Peligro Norte (Chubut, Argentina). *Carnets de Géologie Notebooks on Geology* 14: 343-349.
- Simpson, G.G., 1940. Review of the mammal-bearing Tertiary of South America: *American Philosophical Society Proceedings*, 83: 649-709. Washington.
- Strahler, A.N., 1956. Quantitative Slope Analysis. *Bulletin of the Geological Society of America* 67: 571-596.
- Sylwan, C., Droeven, C., Iñigo, J., Mussel, F. y Padva, D. 2011. Cuenca del Golfo San Jorge. 8° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio Cuencas Argentinas: visión actual: 139-183. Mar del Plata.
- Tejedo, A., Pereyra, F., Anielli, C., Jones, M., 1999. Hoja de Peligrosidad Geológica 4566-III, Comodoro Rivadavia, Boletín n° 305. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, SEGEMAR, p. 34-36, Buenos Aires.
- Tolosano, J.A., 2021. Un espacio geográfico definido con antecedentes de protección y conservación. Fascículo 1- Colección Rocas Coloradas. Tolosano, J.A., Massera, C. (Eds.), EDUPA, p.07-14. Comodoro Rivadavia.
- Van Zuidam, R., 1986. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, 442 p. Smits Publishers.
- Vidal, P.A., Hirtz, N., 2017. Análisis del deslizamiento ocurrido en el faldeo oeste del cerro Vitteau. V Jornadas de la Ciencia de la Tierra Eduardo Musacchio, p. 40-42. Comodoro Rivadavia.
- Vidal, P.A., 2018. Reconocimiento geológico y caracterización del comportamiento geomecánico de unidades de suelos y rocas sedimentarias, en un entorno urbano y



periurbano de la ciudad de Comodoro Rivadavia. Barrios Divina Providencia y Sismográfica. (Tesis de grado inédita). Universidad Nacional de la Patagonia san Juan Bosco, Facultad de Ciencias naturales y de la salud. Comodoro Rivadavia, p. 42-45. Chubut.

Vizcaino, S., Kay, R.F., Bargo, M., 2012. Early Miocene Paleobiology in Patagonia: High Latitude Paleocommunities of the Santa Cruz Formation. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 370.

Woodburne, M.O., Goin, F.J., Raigemborn, M.S., Heizler, M., Gelfo, J.N., Oliveira, E.V., 2014. Revised timing of the South American early Paleogene land mammal ages: *Journal of South American Earth Sciences* 54: 109-119.

## 12) Anexos

I) Inventario de cambios en el paisaje sobre el ANPRC:



# TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



Código	Coordenadas	Ambiente	Procesos Geomorfológicos	Geoforma	Cambio	Unidad formacional	Mapa Geomorfológico	Dirección de escurrimiento (Cauces)	Ladera	Pendiente	NDVI	
1												
2	FL-AA1	45°29'48.28"S 67°19'13.09"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	NE	4,045	0,149
3	FL-AA2	45°34'48.70"S 67°19'59.66"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	S	S-SE	4,045	0,142
4	FL-AA3	45°27'10.52"S 67°19'51.14"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	N	5,174	0,140
5	FL-AA4	45°33'19.79"S 67°21'29.51"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico relacionada a la cárcava FL-C14	Fm. Chenque	Terraza estructural	E	N/A	9,794	0,159
6	FL-AA5	45°34'56.70"S 67°19'45.71"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico, denominado en el trabajo "secundario"	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	SE	S-SE	4,034	0,142
7	FL-AA6	45°34'47.83"S 67°20'4.68"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico gravoso	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	E	S-SE	4,750	0,123
8	FL-AA7	45°34'34.33"S 67°19'59.83"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico al pie del Pico Salamanca	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	SE	E	26,026	0,161
9	FL-AA8	45°34'45.43"S 67°20'20.21"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevo abanico ladera sur del Pico Salamanca	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	S	S	28,187	0,166
10	FL-AA9	45°28'51.21"S 67°20'8.86"O	Fluvial	Deposicionales	Abanico	Nuevos abanicos con sistema distributarios formados a partir de flujos de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	S	S	27,500	0,232
11	FL-C1	45°36'19.23"S 67°19'31.12"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion lateral y ensanchamiento de cauce (10m).	Gr. Río Chico	Aluvio y depósitos eólicos	SE	N/A	2,919	0,055
12	FL-C10	45°33'58.72"S 67°23'34.98"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión retrocedente, profundización y ensanchamiento de cauces.	Depósitos aluviales	Ladera	NE	N/A	6,505	0,376
13	FL-C11	45°33'28.35"S 67°23'22.25"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Profundización de cauce sobre mallín. Aumento de sinuosidad por tramos.	Depósitos aluviales	Mallín	NE	N/A	2,919	0,229
14	FL-C12	45°32'47.62"S 67°22'49.78"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición sobre fondo de valle, explayamiento	Fm. Chenque	Mallín	NE	N/A	3,619	0,293
15	FL-C13	45°33'40.58"S 67°21'51.64"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Profundización y ensanchamiento de cárcavas sobre mallines. Se observa erosión sobre caminos rurales.	Fm. Chenque	Terraza estructural	NE	N/A	11,528	0,198
16	FL-C14	45°33'18.93"S 67°21'38.83"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava con abanico	Fm. Chenque	Terraza estructural	E	N/A	9,794	0,159
17	FL-C15	45°29'56.10"S 67°19'31.59"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava que transporta material desde flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	E	N/A	4,574	0,201
18	FL-C16	45°28'25.36"S 67°23'54.11"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre fondo de valle.	Depósitos aluviales	Mallín	NE	N/A	2,561	0,326
19	FL-C17	45°28'19.78"S 67°19'48.68"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Reactivación, erosion retrocedente y profundización.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	NE	N/A	16,942	0,100
20	FL-C18	45°28'3.63"S 67°18'56.63"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre fondo de valle.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	NE	N/A	0,810	0,214
21	FL-C19	45°28'1.76"S 67°19'59.30"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcavas.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	NE	N/A	21,464	0,178
22	FL-C2	45°36'31.02"S 67°19'42.37"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion lateral y ensanchamiento de cauce (10m).	Gr. Río Chico	Aluvio y depósitos eólicos	SE	N/A	4,045	0,072
23	FL-C20	45°27'45.16"S 67°19'54.90"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nuevas cárcavas paralelas a la pendiente.	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	NE	N/A	18,778	0,202
24	FL-C21	45°27'14.49"S 67°21'11.55"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición sobre planicie de inundación. Cauce multicanalizado.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	NE	N/A	3,434	0,123
25	FL-C22	45°26'19.03"S 67°20'2.64"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Profundización, erosión retrocedente y lateral sobre mallín.	Gr. Río Chico	Badlands	NE	N/A	0,810	0,350
26	FL-C23	45°26'7.32"S 67°19'44.60"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce.	Gr. Río Chico	Badlands	NE	N/A	11,447	0,039
27	FL-C24	45°26'13.52"S 67°19'55.80"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion lateral de badlands.	Gr. Río Chico	Badlands	NE	N/A	6,890	0,193
28	FL-C25	45°24'43.52"S 67°24'36.64"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre mallín en zona de cabeceras.	Depósitos aluviales	Mallín	E	N/A	11,447	0,141
29	FL-C26	45°26'27.17"S 67°17'43.54"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nuevas cárcavas.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N	N/A	5,711	0,151
30	FL-C27	45°28'17.30"S 67°10'54.01"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral en meandro	Depósitos de remoción en masa	Aluvio	SE	N/A	3,337	0,050
31	FL-C28	45°26'4.59"S 67° 8'57.17"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral en meandro	Pedimentos	Aluvio	SE	N/A	4,045	0,046
32	FL-C29	45°24'30.80"S 67°12'5.25"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión barra lateral. Cauce escucurre por canal de chute.	Fm. Salamanca	Badlands	SE	N/A	2,919	0,037
33	FL-C3	45°35'23.58"S 67°19'25.54"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Reactivación y profundización de cárcava. Se observan dos paralelas.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	SE	N/A	4,355	0,088
34	FL-C30	45°20'47.07"S 67°14'6.05"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcava.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	S	N/A	2,919	0,121
35	FL-C31	45°18'1.35"S 67°15'16.31"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcava en zona de cabeceras	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	NE	N/A	22,059	0,150
36	FL-C32	45°25'0.91"S 67°16'48.00"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Rectificación por deslizamiento rotacional sobre cauce	Gr. Río Chico	Badlands	NE	N/A	5,711	0,037
37	FL-C33	45°24'9.13"S 67°20'16.09"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre planicie de inundación	Depósitos aluviales	Fondo de valle	E	N/A	4,714	0,087
38	FL-C34	45°21'17.80"S 67°18'1.76"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcavas.	Fm. Sarmiento	Ladera	SE	N/A	6,505	0,137
39	FL-C35	45°21'49.17"S 67°15'51.00"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	E	N/A	6,890	0,101
40	FL-C36	45°22'45.83"S 67°23'4.14"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización en cabeceras	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	SE	N/A	12,482	0,155
41	FL-C37	45°23'8.46"S 67°22'31.64"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización en cabeceras	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	E	N/A	0,000	0,177
42	FL-C38	45°22'14.30"S 67°22'5.21"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Reactivación de cauce, erosión lateral	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	SE	N/A	7,209	0,137
43	FL-C39	45°21'56.36"S 67°20'42.82"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Profundización y erosión retrocedente en cabeceras.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Nivel terrazado Pampa de Salama	SO	N/A	16,942	0,138
44	FL-C4	45°34'42.59"S 67°18'3.46"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Reactivación y profundización de varias cárcava paralelas.	Fm. Sarmiento	Badlands	E	N/A	11,528	0,068
45	FL-C40	45°22'15.06"S 67°21'8.54"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Profundización y erosión lateral. Camino rural erosionado.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	SO	N/A	5,419	0,152
46	FL-C41	45°20'30.24"S 67°20'12.70"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Reactivación, erosion retrocedente y profundización.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	SO	N/A	11,143	0,168



# TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



	Código	Coordenadas	Ambiente	Procesos Geomorfológicos	Geoforma	Cambio	Unidad formacional	Mapa Geomorfológico	Dirección de escurrimiento (Cauces)	Ladera	Pendiente	NDVI
1												
47	FL-C42	45°20'50.97"S 67°20'38.26"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización. Nuevas cárcavas	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Nivel terrazado Pampa de Salama	NE	N/A	5,174	0,145
48	FL-C43	45°19'27.59"S 67°17'53.90"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición sobre planicie de inundación. Sistema multicanalizado	Depósitos aluviales	Mallín	NE	N/A	4,125	0,143
49	FL-C44	45°18'56.99"S 67°19'16.50"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcavas en cabeceras.	Depósitos aluviales	Mallín	NE	N/A	4,355	0,124
50	FL-C45	45°19'8.55"S 67°16'45.35"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposito point bar.	Depósitos aluviales	Terraza fluvial	SE	N/A	1,811	0,152
51	FL-C46	45°19'33.10"S 67°12'29.18"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Reactivación, profundización y erosión retrocedente de cauce.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	SE	N/A	7,209	0,185
52	FL-C47	45°19'16.12"S 67°13'15.51"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral	Depósitos aluviales	Fondo de valle	SE	N/A	6,147	0,128
53	FL-C48	45°32'30.65"S 67°21'40.96"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre mallín. Profundización de cauces.	Fm. Chenque	Mallín	NE	N/A	2,291	0,285
54	FL-C49	45°30'33.11"S 67°13'9.38"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de meandro.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	SE	N/A	4,574	0,089
55	FL-C5	45°34'38.36"S 67°17'31.17"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión retrocedente de cárcava sobre acantilado.	Depósitos aluviales	Aluvio	SE	N/A	6,147	0,060
56	FL-C50	45°22'3.86"S 67°22'47.84"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente en cabeceras	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	E	N/A	8,549	0,120
57	FL-C51	45°21'49.75"S 67°21'23.55"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente en cabeceras	Rodados Patagónicos	Nivel terrazado Pampa de Salama	E	N/A	4,574	0,116
58	FL-C52	45°22'58.19"S 67°21'4.79"O	Fluvial	Deposicionales	Cárcava	Depósito sobre estancia. Cárcava nueva.	Depósitos aluviales	Mallín	SO	N/A	6,147	0,172
59	FL-C53	45°25'6.15"S 67°9'0.26"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce.	Depósitos aluviales	Aluvio	SE	N/A	3,238	0,106
60	FL-C54	45°33'57.99"S 67°16'57.96"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente de cárcavas sobre el acantilado	Pedimentos	Aluvio	SE	SE	2,291	0,041
61	FL-C55	45°35'53.50"S 67°18'58.15"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente de cárcavas sobre el acantilado	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	SE	SE	4,125	0,109
62	FL-C56	45°27'1.03"S 67°20'53.79"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce, camino rural erosionado.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	NE	N/A	3,434	0,123
63	FL-C57	45°22'7.76"S 67°21'3.99"O	Fluvial	Deposicionales	Cárcava	Deposición de sedimentos sobre fondo del valle.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	SO	N/A	5,419	0,152
64	FL-C58	45°19'10.00"S 67°16'28.21"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral y profundización de cauce.	Depósitos aluviales	Terraza fluvial	SE	N/A	1,811	0,152
65	FL-C59	45°26'23.92"S 67°20'6.95"O	Fluvial	Deposicionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre fondo del valle. Sistema multicanalizado	Gr.Río Chico	Fondo de valle	NE	N/A	0,810	0,350
66	FL-C6	45°33'57.42"S 67°18'45.87"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Reactivación, profundización y erosión retrocedente	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	E	N/A	12,750	0,133
67	FL-C60	45°34'54.04"S 67°19'54.32"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava que conecta dos abanicos aluviales.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	SE	N/A	3,478	0,184
68	FL-C61	45°34'53.63"S 67°19'47.81"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava denominada "secundaria" en el trabajo.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	S	S	3,012	0,157
69	FL-C62	45°34'44.56"S 67°20'22.97"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava que forma un abanico sobre ladera sur del Pico Salamanca	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	SE	S	5,754	0,156
70	FL-C63	45°34'33.55"S 67°20'5.35"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava que forma abanico sobre ladera este del Pico Salamanca (sobre laguna efímera).	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	E	E-SE	30,104	0,089
71	FL-C64	45°34'47.48"S 67°20'6.89"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nuevas cárcavas que forman abanico gravoso	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	E	N/A	4,845	0,142
72	FL-C65	45°34'44.27"S 67°19'56.65"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión sobre cañadón principal	Fm. Chenque	Deslizamientos rotacionales	SO	S	29,104	0,110
73	FL-C7	45°33'21.18"S 67°17'41.54"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral (40m). Aumento de sinuosidad	Depósitos aluviales	Aluvio	S	N/A	1,811	0,089
74	FL-C8	45°33'7.77"S 67°15'55.10"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión retrocedente y profundización de cárcavas sobre acantilados.	Pedimentos	Pedimentos	SE	N/A	4,574	0,093
75	FL-C9	45°31'52.96"S 67°21'46.67"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión de cauces sobre Bajo Palangana. Se observa profundización y ensanchamiento de cauces.	Gr.Río Chico	Badlands	SE	N/A	0,810	0,110
76	FL-De1	45°34'12.60"S 67°17'6.71"O	Poligénico	Deposicionales	Delta	Nuevo delta Bajo Palangana	Depósitos de playa	Playa	E-SE	N/A	2,561	0,006
77	FL-De2	45°32'28.76"S 67°14'47.19"O	Poligénico	Deposicionales	Delta	Nuevo delta Segundo Sanjón	Depósitos de playa	Playa	E-SE	N/A	11,635	0,017
78	FL-De3	45°25'45.88"S 67°8'36.66"O	Poligénico	Deposicionales	Delta	Nuevo delta Cañadón Pilar	Depósitos de playa	Playa	E-SE	N/A	6,505	-0,014
79	FL-De4	45°28'23.32"S 67°10'48.66"O	Poligénico	Deposicionales	Delta	Nuevo delta Bahía Tiburón	Depósitos de playa	Playa	E-SE	N/A	6,147	0,011
80	FL-M1	45°33'56.06"S 67°17'14.87"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Depósitos aluviales	Aluvio	E-SE	N/A	4,045	0,073
81	FL-M10	45°28'0.27"S 67°14'20.76"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Erosión lateral de cauce	Depósitos aluviales	Aluvio	E	N/A	5,419	0,052
82	FL-M11	45°33'41.14"S 67°17'38.05"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Depósitos aluviales	Aluvio	E-SE	N/A	0,000	0,053
83	FL-M12	45°19'18.97"S 67°15'42.35"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Depósitos aluviales	Fondo de valle	E	N/A	3,337	0,130
84	FL-M2	45°33'6.68"S 67°17'58.68"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Gr. Río Chico	Badlands	E-SE	N/A	3,238	0,056
85	FL-M3	45°30'41.20"S 67°13'15.85"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado y erosionado.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	NE	N/A	4,574	0,063
86	FL-M4	45°27'16.93"S 67°10'9.03"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	E	N/A	1,811	0,082
87	FL-M5	45°27'14.84"S 67°10'15.93"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	E	N/A	0,000	0,074
88	FL-M6	45°27'19.52"S 67°11'29.26"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	E	N/A	0,000	0,077



# TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



	Código	Coordenadas	Ambiente	Procesos Geomorfológicos	Geomorfa	Cambio	Unidad formacional	Mapa Geomorfológico	Dirección de escurrimiento (Cauces)	Ladera	Pendiente	NDVI
1												
89	FL-M7	45°33'53.21"S 67°17'16.93"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Depósitos aluviales	Aluvio	E-SE	N/A	1,811	0,056
90	FL-M8	45°22'56.65"S 67°12'58.57"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Depósitos aluviales	Aluvio	E-SE	N/A	11,310	0,093
91	FL-M9	45°32'17.82"S 67°16'16.32"O	Fluvial	Erosivos	Meandro	Meandro estrangulado	Gr. Río Chico	Badlands	E-SE	N/A	2,561	0,070
92	FL-R1	45°29'3.58"S 67°20'36.71"O	Fluvial	Erosivos	Rills	Nuevos rills sobre ladera	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	E-SE	E-SE	27,928	0,061
93	FL-R2	45°35'12.12"S 67°19'6.19"O	Fluvial	Erosivos	Rills	Nuevos rills sobre ladera	Depósitos de remoción en masa	Badlands	E-SE	E-SE	26,856	0,034
94	FL-R3	45°35'16.53"S 67°19'23.77"O	Fluvial	Erosivos	Rills	Nuevos rills sobre terraplén.	Material de relleno.	Deslizamientos rotacionales	E-SE	E-SE	14,069	0,075
95	FL-RP1	45°36'35.30"S 67°19'51.63"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión Ruta Prov.1.	Gr. Río Chico	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	1,811	0,069
96	FL-RP10	45°33'39.59"S 67°16'45.65"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión retrocedente de cauce. Contacta Ruta1	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	2,291	0,074
97	FL-RP11	45°31'57.14"S 67°16'19.28"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión Ruta Prov.1.	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	3,238	0,065
98	FL-RP12	45°30'35.16"S 67°14'41.83"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión por cauce Ruta Prov.1.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	0,810	0,034
99	FL-RP13	45°29'48.60"S 67°12'40.67"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión Ruta Prov.1.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	2,291	0,057
100	FL-RP14	45°18'27.31"S 67°18'32.71"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nuevo cárcava lateral de Ruta Prov. 1.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	ESE	N/A	7,209	0,140
101	FL-RP15	45°19'15.47"S 67°15'54.19"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión cárcava lateral a Ruta Prov.1.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	ESE	N/A	2,561	0,080
102	FL-RP16	45°33'24.99"S 67°16'33.15"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion retrocedente a Ruta Prov.1	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	0,000	0,065
103	FL-RP17	45°34'19.76"S 67°17'36.74"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion retrocedente a Ruta Prov.1	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	1,811	0,039
104	FL-RP18	45°32'32.99"S 67°16'32.69"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion lateral de Ruta Prov. 1.	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	4,045	0,073
105	FL-RP19	45°32'10.35"S 67°16'17.77"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava sobre Ruta Prov. 1	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	3,434	0,065
106	FL-RP2	45°36'13.31"S 67°19'31.26"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión Ruta Prov.1.	Gr. Río Chico	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	2,291	0,037
107	FL-RP20	45°31'47.07"S 67°16'26.39"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion retrocedente a Ruta Prov.1	Pedimentos	Pedimento	ESE	N/A	4,045	0,057
108	FL-RP21	45°31'35.66"S 67°16'23.28"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion retrocedente a Ruta Prov.1	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	2,291	0,048
109	FL-RP22	45°30'54.02"S 67°16'1.14"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion de paleo cauce sobre Ruta Prov.1	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	2,919	0,043
110	FL-RP23	45°30'52.48"S 67°15'27.75"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava que atraviesa la Ruta Prov. 1	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	4,045	0,038
111	FL-RP24	45°30'40.47"S 67°14'55.89"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion de paleo cauce sobre Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Badlands	ESE	N/A	0,810	0,053
112	FL-RP25	45°30'32.10"S 67°14'31.93"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion de paleo cauce sobre Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	1,811	0,049
113	FL-RP26	45°30'21.22"S 67°13'54.07"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion de cauce sobre Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Badlands	ESE	N/A	1,811	0,056
114	FL-RP27	45°30'18.90"S 67°13'44.87"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion de cauce sobre Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Badlands	ESE	N/A	4,045	0,054
115	FL-RP28	45°30'6.56"S 67°13'9.34"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion de paleo cauce sobre Ruta Prov.1	Depósitos aluviales	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	0,000	0,032
116	FL-RP29	45°29'39.16"S 67°12'13.74"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion retrocedente de cauce. Contacta Ruta1	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	0,000	0,058
117	FL-RP3	45°36'4.02"S 67°19'22.65"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión Ruta Prov.1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	8,207	0,063
118	FL-RP30	45°29'5.22"S 67°11'57.08"O	Fluvial	Depositacionales	Cárcava	Deposición de sedimentos sobre Ruta Prov. 1	Fm. Salamanca	Badlands	ESE	N/A	0,000	0,046
119	FL-RP31	45°28'55.01"S 67°12'1.21"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion, cauce atraviesa Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Badlands	ESE	N/A	0,000	0,054
120	FL-RP32	45°28'30.06"S 67°11'54.14"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion, cauce atraviesa Ruta Prov.1	Depósitos aluviales	Aluvio	ESE	N/A	1,146	0,028
121	FL-RP33	45°26'33.89"S 67°9'47.83"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosion, cauce atraviesa Ruta Prov.1	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	ESE	N/A	2,291	0,064
122	FL-RP34	45°25'56.28"S 67°9'44.73"O	Fluvial	Depositacionales	Cauce	Deposición de sedimentos sobre Ruta Prov. 1	Fm. Salamanca	Aluvio	ESE	N/A	3,238	0,041
123	FL-RP35	45°25'12.42"S 67°9'25.93"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce, erosiona porción completa de la ruta.	Pedimentos	Aluvio	ESE	N/A	3,337	0,054
124	FL-RP36	45°24'51.05"S 67°9'16.61"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce, erosiona porción completa de la ruta.	Pedimentos	Aluvio	ESE	N/A	2,561	0,054
125	FL-RP37	45°31'18.52"S 67°16'21.93"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión por acumulación de agua. Erosión por cárcavas	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	2,291	0,017
126	FL-RP38	45°35'14.85"S 67°19'27.52"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion lateral de varios km sobre Ruta Prov. 1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	17,631	0,040
127	FL-RP39	45°34'49.13"S 67°17'58.20"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosion lateral de varios m sobre Ruta Prov. 1.	Depósitos de remoción en masa	Badlands	ESE	N/A	16,090	0,049
128	FL-RP4	45°36'7.39"S 67°19'17.19"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión Ruta Prov.1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	9,794	0,072
129	FL-RP40	45°35'36.41"S 67°19'22.81"O	Fluvial	Depositacionales	Cárcava	Depósito de cárcava sobre ruta	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	6,936	0,094
130	FL-RP41	45°29'21.08"S 67°11'56.86"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión por acumulación de agua.	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	4,125	0,008
131	FL-RP42	45°25'31.49"S 67°9'41.60"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión lateral de cauce, erosiona porción completa de la ruta.	Pedimentos	Pedimento cubierto por dunas	ESE	N/A	4,917	0,044
132	FL-RP43	45°19'17.63"S 67°14'29.45"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión por cauce Ruta Prov.1.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	ESE	N/A	1,811	0,159
133	FL-RP44	45°19'19.75"S 67°13'34.89"O	Fluvial	Erosivos	Cauce	Erosión por cauce Ruta Prov.1.	Depósitos aluviales	Fondo de valle	ESE	N/A	2,429	0,111
134	FL-RP5	45°35'59.38"S 67°19'19.92"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava lateral de Ruta Prov. 1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	10,888	0,057



# TRABAJO FINAL – JUÁREZ LOURDES



1	Código	Coordenadas	Ambiente	Procesos Geomorfológicos	Geoforma	Cambio	Unidad formacional	Mapa Geomorfológico	Dirección de escurrimiento (Cauces)	Ladera	Pendiente	NDVI
135	FL-RP6	45°35'46.22"S 67°19'19.54"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nueva cárcava hacia Ruta Prov. 1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	6,505	0,075
136	FL-RP7	45°35'27.39"S 67°19'25.60"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Nuevo cárcava lateral de Ruta Prov. 1.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	ESE	N/A	6,455	0,063
137	FL-RP8	45°34'39.64"S 67°17'55.27"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión en Ruta Prov.1. Nueva cárcava sobre terrapién.	Gr. Río Chico	Badlands	ESE	N/A	11,143	0,022
138	FL-RP9	45°33'45.75"S 67°17'19.40"O	Fluvial	Erosivos	Cárcava	Erosión Ruta Prov.1.	Depósitos aluviales	Aluvio	ESE	N/A	2,429	0,048
139	MA-A1	45°30'4.84"S 67°12'20.88"O	Litoral	Erosivos	Acantilado	Erosión retrocedente de acantilado por el oleaje sobre Bahía Misteriosa.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	N/A	E-SE	8,399	0,060
140	MA-A2	45°29'51.87"S 67°12'8.31"O	Litoral	Erosivos	Acantilado	Erosión retrocedente de acantilado por el oleaje sobre Bahía Misteriosa.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	N/A	E-SE	10,447	0,022
141	MA-A3	45°28'44.99"S 67°11'12.53"O	Litoral	Erosivos	Acantilado	Erosión retrocedente de acantilado.	Fm. Salamanca	Aluvio y depósitos eólicos	N/A	E	5,174	0,047
142	RM-D1	45°35'26.42"S 67°18'19.86"O	Poligenético	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre la costa. Se reactiva en 2022	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S-SE	12,604	0,035
143	RM-D10	45°25'20.33"S 67°17'41.11"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	N-NO	10,685	0,024
144	RM-D11	45°29'0.82"S 67°20'31.02"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Bahía Tiburón. Cebecera	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S-SE	11,794	0,130
145	RM-D2	45°35'20.85"S 67°18'13.65"O	Poligenético	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre la costa. Se reactiva en 2022	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S-SE	15,119	0,030
146	RM-D3	45°35'11.77"S 67°17'59.56"O	Poligenético	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre la costa, sobre talud de acantilado por varios metros de extensión.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S-SE	23,273	0,027
147	RM-D4	45°26'12.12"S 67°19'20.25"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	N-NO	7,254	0,044
148	RM-D5	45°25'50.06"S 67°18'49.64"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	N-NO	9,632	0,037
149	RM-D6	45°24'52.16"S 67°11'12.17"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Depósitos aluviales	Aluvio	N/A	S	6,890	0,057
150	RM-D7	45°24'53.72"S 67°16'27.69"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	N-NO	2,429	0,039
151	RM-D8	45°25'10.57"S 67°16'53.16"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	N-NO	10,049	0,042
152	RM-D9	45°25'4.52"S 67°17'0.01"O	Fluvial	Remoción en Masa	Deslizamiento	Nuevo deslizamiento sobre borde de cauce fluvial, Cañadón Pilar	Gr. Río Chico	Badlands	N/A	S	12,383	0,032
153	RM-F1	45°34'14.09"S 67°22'43.54"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	E	33,617	0,300
154	RM-F10	45°21'50.29"S 67°17'39.98"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	23,717	0,226
155	RM-F11	45°29'58.35"S 67°20'40.62"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Presentan una extensión de hasta 2km.	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S	28,879	0,215
156	RM-F12	45°28'47.42"S 67°20'6.34"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	27,656	0,232
157	RM-F13	45°33'14.85"S 67°22'14.29"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	N	24,586	0,172
158	RM-F14	45°18'38.43"S 67°17'37.97"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	15,585	0,250
159	RM-F15	45°31'36.64"S 67°25'25.69"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	SE	29,687	0,275
160	RM-F16	45°30'2.60"S 67°22'35.75"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Depósitos de remoción en masa	Deslizamientos rotacionales	N/A	S	25,815	0,184
161	RM-F17	45°29'46.89"S 67°23'25.34"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Se observan varios alrededor.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	S	17,433	0,157
162	RM-F18	45°29'10.10"S 67°20'48.42"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Se observan varios alrededor.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	S	16,090	0,236
163	RM-F19	45°21'49.74"S 67°19'21.50"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Nivel terrazado Pampa de Salama	N/A	NO	17,433	0,157
164	RM-F2	45°34'3.39"S 67°22'57.03"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	N	17,349	0,180
165	RM-F20	45°22'10.93"S 67°18'21.71"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Se observan varios alrededor.	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	25,718	0,188
166	RM-F21	45°19'0.36"S 67°18'48.69"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	E	21,900	0,180
167	RM-F22	45°34'31.10"S 67°22'41.94"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Se observan varios alrededor.	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	S	27,026	0,159
168	RM-F23	45°21'25.29"S 67°17'34.03"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Flujo de tierra y bloques de hasta 700m de extensión.	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	13,245	0,205
169	RM-F3	45°34'40.36"S 67°20'17.03"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	S	31,187	0,166
170	RM-F4	45°34'21.85"S 67°20'12.35"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra. Pico Salamanca	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E	27,026	0,161
171	RM-F5	45°33'46.25"S 67°22'36.15"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	E	33,052	0,296
172	RM-F6	45°29'14.32"S 67°19'45.63"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	28,037	0,211
173	RM-F7	45°28'40.10"S 67°19'39.69"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Ladera	N/A	E-SE	34,216	0,210
174	RM-F8	45°26'50.67"S 67°21'45.96"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Chenque (cubierta)	Terraza estructural	N/A	E	21,107	0,179
175	RM-F9	45°21'29.16"S 67°17'43.01"O	Fluvial	Remoción en Masa	Flujo de tierra	Nuevo flujo de tierra	Fm. Santa Cruz (cubierta)	Ladera	N/A	E-NE	33,346	0,186



II) Clasificación de parámetros morfométricos:

Rangos de áreas (km <sup>2</sup> )	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Clasificación de tamaños de cuencas (tomado de Campos Aranda 1992).

LOBULACIÓN			
Índice de Circularidad de Miller (Ic)	$Ic = \left( \frac{4\pi A}{P^2} \right)$	<p>Ic = Índice de circularidad de Miller</p> <p>A = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)</p> <p>P = Perímetro de la cuenca (m)</p>	<p>0 – 0,25 = Oblonga</p> <p>0,25–0,50 = Ovalada</p> <p>0,5 – 0,75 = Oval</p> <p>0,75 – 1 = Circular</p>

Clasificación índice de Circularidad de Miller 1953 (Ic).

Kc	Clasificación
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-oblonga
1,5 a 1,75	oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Clasificación del índice de Compacidad de Gravelius (tomado de Gaspari *et al.*, 2012).

Clasificación de la red de drenaje	
Rangos (km/km <sup>2</sup> )	Clases
Delgadillo y Páez (2008)	
<1	Baja
1-2	Moderada
2-3	Alta
>3	Muy alta

Clasificación de la red de drenaje de las cuencas (tomado de Delgadillo y Páez 2008).



**Valores interpretativos del factor forma.**

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22-0.300	Alargada
0.300-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.475	Ni alargada ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente (HORTON, 1932)

Clasificación de factor de forma (tomado de [Horton, 1932](#)).