



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Trabajo Final de Licenciatura en Biología

**APORTES PARA EL ANÁLISIS DE ECOSISTEMAS FLUVIALES:
RELACIÓN ENTRE LOS PATRONES DE VEGETACIÓN Y
PROPIEDADES MORFOMÉTRICAS EN LA CUENCA DEL RÍO SECO
DE LA CIÉNAGA. PRECORDILLERA DE SAN JUAN**

Flavia Cristina de los Rios Benemerito

Asesor: Dr. Daniel Germán Flores

Co-Asesor: Dr. Edgardo Melián

Co-Asesor: Dra. María Alejandra Pittaluga

2023

Dedicado a mis padres, familia y todas las personas que me acompañaron y alentaron en este camino.

“Todo lo que ocurre en la vida tiene sentido. Es más, la filosofía de los practicantes de este budismo es tratar de encontrar y descubrir el sentido de todas las cosas. Nada entonces, resulta insignificante. Sea cual fuere el kharma de una persona, sin falta posee un hondo significado. Cambiar el mundo comienza por cambiar la propia forma de ver las cosas.

(DAISAKU IKEDA. 2017. La sabiduría de ser feliz y crear la paz. Vol. 2. Pag. 110).

RESUMEN

Los ambientes áridos son sistemas dinámicos debido, en parte, a la acción de procesos hidrológicos. Estos procesos, pueden darse en una cuenca de drenaje, que es una entidad bien definida topográfica e hidrológicamente y se considera como una unidad geomorfológica fundamental. La comprensión actual de los vínculos biológicos en los ecosistemas fluviales se hereda de una larga línea de trabajos conceptuales y empíricos en ecología de ríos y ciencia fluvial. En este trabajo final, se investiga la relación entre geomorfomas fluviales y patrones de vegetación mediante el uso de modelos digitales de elevación (MDE) y trabajo de campo. El objetivo general de este trabajo es determinar cómo los patrones de vegetación son afectados por la geomorfometría y características superficiales del terreno en una cuenca erosiva de precordillera como es el río Seco de la Ciénaga. En una primera instancia, se realizó la identificación y clasificación de las subcuencas mediante el uso y la interpretación de imágenes proporcionadas por Google Earth Pro, para luego procesar los MDE utilizando SAGA GIS. Posteriormente, se aplicó el Orden de Strahler para seleccionar las subcuencas a estudiar. Una vez seleccionadas las subcuencas, se delimitaron las diferentes unidades geomorfológicas fluviales como terrazas, barras y cauces. Se seleccionaron diferentes propiedades del terreno como la pendiente, el índice de rugosidad del terreno y el índice de humedad topográfica. En campo, se evaluaron las características superficiales de las unidades geomorfológicas como la cobertura de fragmentos de rocas, sedimento fino y mantillo. Asimismo, se evaluaron los patrones de vegetación mediante el método Point Quadrat modificado. Posteriormente, se exploraron los patrones de la comunidad mediante análisis de la varianza (Test de Welch's). Nuestros resultados mostraron cuatro grandes subcuencas de categoría 6: 1) subcuenca del río Ancho; 2) subcuenca del río de los Pájaros Bobos; 3) subcuenca del río de los Papagallos y, 4) la subcuenca del arroyo Alegre. En general, en este trabajo se registraron 81 especies distribuidas en 28 familias. A nivel de subcuencas, no se observan diferencias en los parámetros geomorfológicos, la riqueza y diversidad de especies vegetales. Por otro lado, entre dos subcuencas se observaron diferencias significativas en la cobertura vegetal (subcuenca de los Papagallos, y subcuenca del arroyo Alegre). En cuanto a la relación entre los parámetros geomorfológicos, superficiales y de la vegetación, el índice de rugosidad del terreno puede ser influyente sobre la diversidad de la vegetación y la riqueza, mientras que la pendiente podría

hacerlo sobre la cantidad de cobertura vegetal. Las propiedades morfométricas de las subcuencas y de las unidades geomorfológicas fluviales no sólo exponen los cambios espaciales en el desarrollo de las comunidades vegetales, sino que también muestran las implicaciones directas de los cambios geomorfológicos sobre dichas comunidades. En particular, existe la necesidad de integrar una vista geomorfológica para el análisis de la vegetación en cuencas y subcuencas de zonas áridas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1. 1. Heterogeneidad en ambientes áridos	1
1. 2. Importancia de las cuencas	1
1. 3. Geomorfología fluvial	2
1. 4. Vegetación ribereña.....	3
1. 5. Justificación	4
1. OBJETIVOS	4
2. 1. Objetivo general.....	4
2. 2. Objetivos específicos.....	5
3. ÁREA DE ESTUDIO	5
3. 1. Ubicación.....	5
3. 2. Geomorfología	6
3. 2. 1. Unidades geomorfológicas en el área de estudio.....	7
3. 2. 2. Clasificación de las unidades geomorfológicas fluviales	9
3. 3. Clima	11
3. 4. Fitogeografía	12
3. 5. Geología	13
3. 6. Hidrología	15
3. 7. Hidrología de la cuenca del río Seco de la Ciénaga.....	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4. 1. Trabajo de gabinete precampo.....	17
4. 1. 1. Identificación, delimitación y clasificación de las subcuencas	17
4. 1. 2. Determinación de los órdenes de ríos de las cuencas	19
4. 1. 3. Análisis de las características morfométricas de la cuenca y subcuencas	19
4. 1. 4. Clasificación de las unidades geomorfológicas fluviales	21

4. 1. 5. Selección de los parámetros superficiales de las unidades	21
4. 2. Trabajo de campo	22
4. 2. 1. Cuantificación de los parámetros superficiales y de la vegetación	23
4. 3. Trabajo gabinete poscampo	24
4. 3. 1. Análisis Estadístico	24
4. 3. 2. Elaboración de mapas	26
5. RESULTADOS	26
5. 1. Cuenca del río Seco de la Ciénaga	26
5. 1. 1. Parámetros físicos y morfometría	26
5. 1. 2. Órdenes de ríos y análisis de las subcuencas del río Seco de la Ciénaga	27
5. 1. 3. Parámetros físicos y de forma de las subcuencas	29
5. 1. 4. Características generales de la vegetación del río Seco de la Ciénaga.	30
5. 3. Propiedades superficiales asociadas a las geoformas por subcuenca	32
5. 4. Características de las comunidades de vegetación asociadas a las geoformas por subcuenca	34
5. 5. Subcuencas que forman la cuenca del río Seco de la Ciénaga	38
5. 5. 1. Caracterización de la topografía de cada subcuenca	38
5. 5. 2. Parámetros superficiales de las distintas subcuencas	40
5. 5. 3. Cobertura vegetal, diversidad y riqueza de especies vegetales en las subcuencas	41
5. 6. Propiedades de las geoformas fluviales (barras, cauces, terrazas) de las subcuencas	43
5. 7. Mapas de las subcuencas	44
6. DISCUSIÓN	49
6. CONCLUSIÓN	53
7. BIBLIOGRAFÍA	55
8. APÉNDICE	66

1. INTRODUCCIÓN

1. 1. Heterogeneidad en ambientes áridos

En regiones áridas y semiáridas, la heterogeneidad de los factores ambientales constituye una de las principales características. A escala de paisaje o de detalle, las comunidades de plantas están distribuidas de acuerdo con diferencias climáticas, edáficas y topográficas entre los distintos sitios (Bisigato *et al.*, 2009). Marston (2010), señala que la relación entre las variables de la vegetación y la geomorfología es dinámica; mientras que factores como las diferencias topográficas, hidrológicas, litológicas y el escurrimiento fluvial son responsables de la heterogeneidad de la vegetación a escala regional (Morello, 1958; Reynolds y Wu, 1999).

Las investigaciones realizadas por Matteuchi y Colma (1982), y Flores *et al.* (2019), indican que las comunidades de plantas son el resultado de la acción conjunta e integrada de los factores ambientales actuando como indicadoras de las características ecológicas del área.

1. 2. Importancia de las cuencas

Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, que dispone de una salida simple donde todo el caudal efluente es descargado (Harbaugh, 2000). Por otro lado, una cuenca fluvial o de drenaje comprende toda el área que le proporciona la escorrentía superficial (Gregory y Walling, 1973). La cuenca de drenaje es una entidad bien definida topográfica e hidrológicamente y se considera como una unidad geomorfológica fundamental (Chorley, 1969). A su vez, una cuenca puede estar dividida en subcuencas, las cuales poseen las mismas características de las cuencas, pero son de superficie menor y generalmente desembocan en un río de orden superior.

En general la importancia de las cuencas radica en las funciones que cumplen. Entre ellas podemos mencionar la ambiental, como sumideros de CO₂, contribuyendo a la formación de bancos de germoplasma, y regulando la recarga hídrica (Aldaz *et al.*, 2021). Otra función es la ecológica, proveyendo hábitat para la flora y fauna, además de poseer influencia sobre la calidad física y química del agua; conservando la

2023

biodiversidad y manteniendo la diversidad de los suelos. La función hidrológica se identifica por drenar el agua de la precipitación, recargar las fuentes de agua subterráneas, y recargar las fuentes de agua superficiales. Por último, la función socioeconómica se destaca por suministrar recursos naturales renovables y no renovables, proveer espacio para el desarrollo social, como así también espacio para el desarrollo cultural (Aldaz *et al.*, 2021).

En las cuencas de zonas áridas, las interacciones entre las precipitaciones, la variabilidad del flujo de agua y los procesos geomorfológicos exponen sitios con diferente disponibilidad de humedad sobre las diferentes geoformas. Además, estos sitios pueden estar sometidos a grandes cambios morfológicos a corto plazo debido a la intensidad de los procesos geomorfológicos vinculados a la época de mayores precipitaciones (Esper y Perucca, 2014).

Algunos estudios realizados sobre la relación entre la vegetación y la geomorfología de zonas áridas, consideran que la abundancia y diversidad de especies de vegetación están influenciadas por regímenes hídricos a corto plazo (Flores *et al.*, 2019; Ocaña *et al.*, 2022). Estos autores, además, mencionan que las geoformas con mayor actividad hidrológica tienen la mayor diversidad de plantas. Esto se debería al transporte y depósito del sedimento, que contiene el banco de semillas, hacia zonas topográficamente más bajas donde se encuentran más barreras de contención.

1. 3. Geomorfología fluvial

Desde un punto de vista biológico, un ecosistema fluvial es un área de una cuenca que incluye la superficie de los cauces fluviales, los procesos hidrogeomorfológicos dominantes y cuyo límite llega hasta donde la estructura de la comunidad de la vegetación está influenciada por dichos procesos (Hupp y Osterkamp, 1988).

Los sedimentos transportados por los ríos se depositan en las márgenes formando y modificando geoformas fluviales típicas como terrazas, barras de cauce, abanicos aluviales, entre otros. Además, pueden contribuir en la formación de suelos fértiles mediante la adición de sedimentos, humedad y nutrientes (Goudie, 2004). Esta alta disponibilidad de nutrientes y agua confiere una mayor productividad primaria potencial a las zonas fluviales en comparación con las áreas terrestres adyacentes, pero la proximidad al río también implica un alto riesgo de perturbación por inundaciones, aluviones y crecidas extraordinarias. La confluencia de alta

2023

productividad y perturbaciones periódicas contribuye a la alta biodiversidad que caracteriza a los bosques de ribera bien conservados, y explica su capacidad para proporcionar múltiples servicios (Vidal-Abarca Gutierrez y Alonso, 2013).

Diversos estudios se han llevado a cabo sobre la geomorfología fluvial y aluvial en diferentes cuencas y a diferentes escalas (regional, semidetalle y detalle) en donde se hace hincapié en el diseño de la red de drenaje, caracterización de canales efímeros que inciden o diseccionan la superficie. Estos estudios, además, tienen en cuenta la configuración espacial y sucesión de eventos hídricos y neotectónicos de zonas áridas en distintas partes del planeta como Túnez (Coque y Jauzein 1967), Argentina (Suvires 2014, Flores *et al.*, 2019), Estados Unidos (Wondzell *et al.*, 1996, Frankel y Dolan, 2007), México (Ramírez *et al.*, 2004), Emiratos Árabes Unidos (El-Keblawy *et al.*, 2015) y Chile (Walk *et al.*, 2019).

Diversos estudios geomorfológicos que se han realizado sobre ambientes aluviales y fluviales han determinado que la geomorfología fluvial es dinámica y, además, son evidencia de la acción de procesos hídricos, tectónicos y climáticos de una región (Gutiérrez Elorza, 2008). En el desierto del Monte, las bajas precipitaciones provocan un escaso desarrollo de la vegetación, que varía de una escala regional a una escala local y depende de factores como la geomorfología y las propiedades edáficas (Bisigato *et al.*, 2009).

1. 4. Vegetación ribereña

La vegetación ribereña es muy dinámica debido a las complejas interacciones entre los factores naturales y humanos (Petts y Amoros, 1996; Naiman *et al.*, 2005; Sabo *et al.*, 2005). Los ecosistemas fluviales se encuentran entre los más perturbados por el hombre en todo el mundo (Allan y Flecker, 1993; Nilsson *et al.*, 1994). Por otro lado, la dinámica del flujo es de suma importancia para la vegetación ribereña en las regiones áridas porque tiene efectos en los procesos como la recarga del nivel freático, la humectación del suelo de la llanura aluvial y la germinación y el establecimiento de muchas especies (p. ej., Friedman *et al.*, 1995; Bagstad *et al.*, 2005; Stromberg *et al.*, 2005).

Los primeros trabajos que relacionaban la ecología con los procesos fluviales eran principalmente de naturaleza descriptiva. Estos estudios consistían en la clasificación de las comunidades de vegetación ribereña y su asociación con formas de relieve

2023

fluviales particulares, o incluso simplemente ubicaciones verticales particulares. Estos estudios fueron generalmente específicos de zonas ribereñas y taxones de vegetación asociados a ríos. El desarrollo de la geomorfología como una ciencia más cuantitativa desde mediados del siglo pasado (por ejemplo, Leopold y Maddock, 1953; Leopold *et al.*, 1964) sentó las bases para una mayor generalidad y un enfoque de proceso biogeomórfico común para el estudio de ríos y zonas ribereñas (Osterkamp y Hupp, 2010).

La comprensión actual de los vínculos físicos/biológicos en los ecosistemas fluviales se hereda de una larga línea de trabajos conceptuales y empíricos en ecología de ríos y ciencia fluvial. Los problemas sobre la biogeografía y la escala en los estudios de ecología ribereña datan de trabajos tempranos que relacionan los accidentes geográficos con las comunidades de vegetación.

Durante casi un siglo, los investigadores han reconocido y descrito asociaciones entre los accidentes geográficos y la distribución de las comunidades de vegetación en los ríos y los sistemas de llanuras aluviales. Más recientemente, se han evaluado los procesos específicos que impulsan estas asociaciones de vegetación con formas de relieve.

1. 5. Justificación

Los ambientes áridos están fuertemente influenciados por los procesos hidrológicos, pero a escala regional existen pocos estudios sobre cómo son influenciadas las comunidades vegetales por los factores abióticos. Por lo tanto, este trabajo pretende ser un aporte al conocimiento de la relación que existe entre los patrones de la vegetación que se encuentran dentro de los cauces del río y la dinámica de los flujos hídricos.

1. OBJETIVOS

2. 1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es determinar cómo los patrones de vegetación son afectados por la geomorfometría y los rasgos superficiales del terreno en una cuenca de Precordillera en San Juan. Este estudio contribuye al análisis de un ecosistema

2023

fluvial que incluye las propiedades geomorfológicas como variables fundamentales para explicar los patrones de vegetación.

2. 2. Objetivos específicos

Objetivo 1: Identificar, delimitar y clasificar las subcuencas más importantes a escala regional (1:150.000) del río Seco de la Ciénaga.

Objetivo 2: Analizar las características morfométricas de las subcuencas.

Objetivo 3: Clasificar las unidades geomorfológicas fluviales a escala de detalle (1:15.000) de cada subcuenca.

Objetivo 4: Evaluar las propiedades superficiales asociadas a geoformas fluviales dentro de cada subcuenca.

Objetivo 5: Evaluar las características de las comunidades de vegetación asociadas a las geoformas fluviales dentro de cada subcuenca.

Objetivo 6: Evaluar la existencia de variaciones en las características geomorfológicas, superficiales y de vegetación entre las subcuencas.

Objetivo 7: Proveer productos cartográficos finales conteniendo información morfométrica y geomorfológica de las subcuencas a escala semidetallada (1:75.000).

3. ÁREA DE ESTUDIO

3. 1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada a unos 30 km al sur-oeste de la ciudad de San Juan, en el departamento Zonda. La cuenca que abarca el río Seco de la Ciénaga, comprende un sector elongado y deprimido geográficamente al sur a los 31°52'34.06"S y 68°48'51.37"O siendo este la zona de altura del cauce; y al norte a los 31°33'53.35"S y 68°42'40.74"O la zona baja. Esta área pertenece a la provincia Geológica de Precordillera, entre Central y Oriental (Fig. 1).

2023



Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio. Cuenca del río Seco de la Ciénaga (polígono delimitado con negro), Zonda, provincia de San Juan.

3. 2. Geomorfología

En la provincia de San Juan, cerca de un 79% de su superficie está ocupada por cordones montañosos, los que forman de oeste a este, las estribaciones de Cordillera Principal, Cordillera Frontal, Precordillera y Sierras Pampeanas. Estos sistemas serranos se encuentran separados entre sí por depresiones tectónicas longitudinales (valles) rellenas con potentes sedimentos de edad cuaternaria (Gardini, 1993). El valle de Zonda, donde se encuentra ubicada el área de estudio, es una depresión tectónica que está limitada por los cordones de la Precordillera Central al oeste y la Precordillera

2023

Oriental al este (Ortiz y Zambrano, 1981). El río San Juan atraviesa dicha depresión en su parte media alcanzando el nivel de base donde se encuentra el embalse de Ullúm (Flores *et al.*, 2015).

En la porción central de la depresión de Zonda se encuentran relieves aluviales y fluviales de gran importancia hidrológica y gran extensión que, según Flores *et al.* (2015), se clasifican como: i) abanico aluvial del río San Juan: forma de relieve correspondiente a un mega abanico paraglacial del Pleistoceno medio-tardío, compuesto con granulometrías gruesas desde la zona de ápice en las proximidades del cerro Zonda y Blanco hasta limos y arcillas en la zona distal (cercañas Sierra de Marquesado) (Suvires, 2014) ii) Relictos de paleoplanicie lacustre: relieve correspondiente a afloramientos de depósitos lacustres-palustres que se encuentran ubicados en los bordes de la depresión de Zonda (Suvires y Gamboa, 2011). Actualmente el sistema fluvial está representado por la planicie aluvial y cauce del río San Juan, planicie aluvial y cauce del río Ancho y la planicie aluvial y cauce del río Seco de la Ciénaga (Ocaña, 2014).

3. 2. 1. Unidades geomorfológicas en el área de estudio

De Paula, (2010), menciona que, en el área de estudio se pueden determinar 3 unidades geomorfológicas a escala regional (Fig. 2):

1) Unidad morfoestructural montañosa: correspondiente a los relieves elevados prominentes, de rumbo predominante norte-sur y a las lomadas de alturas inferiores, caracterizadas por ser relieves más redondeados. En esta unidad se puede distinguir el relieve montañoso constituido por los relieves más elevados y prominentes, que sobresalen por sobre las áreas circundantes conformados por el relieve planizado con inflexiones en algunos sectores. Y, por otra parte, el relieve de lomadas: representado por aquellas unidades positivas, pero menos sobresalientes que el relieve montañoso. Ambos relieves generalmente tienen un rumbo meridional.

2) Unidad morfoestructural de transición: establecen las conexiones geomorfológicas entre los cordones montañosos y las zonas deprimidas, posee leves pendientes. Corresponde al piedemonte: terreno de pendiente suave situado al pie de los cordones montañosos del área y formado por materiales procedentes de la erosión de los mismos.

2023

El término piedemonte es usado para indicar el punto donde nace una montaña, así como a la llanura formada al pie de un macizo montañoso por los conos de aluviones. El piedemonte también puede definir la zona donde comienza la ocupación del suelo y el asentamiento de una población humana.

3) Unidad morfoestructural deprimida: llamada también ambiente planizado, se corresponde con las depresiones intermontanas, que conforman pampas y barreales de tamaños variables. Situadas entre montañas y por el centro de la cual suele discurrir un río. El valle es muy estrecho en el interior de las cordilleras y mucho más ancho en la desembocadura del río que constituye el nivel de base local (en este caso el río Seco de Zonda). Estas planicies deprimidas son planicies aluviales modernas constituidas por terrazas de baja altura y en algunos casos clastos en superficie con barniz del desierto que conforman el pavimento desértico característico de los ambientes áridos. En general, constituyen depósitos de poco espesor ubicados principalmente sobre los piedemontes cordilleranos.

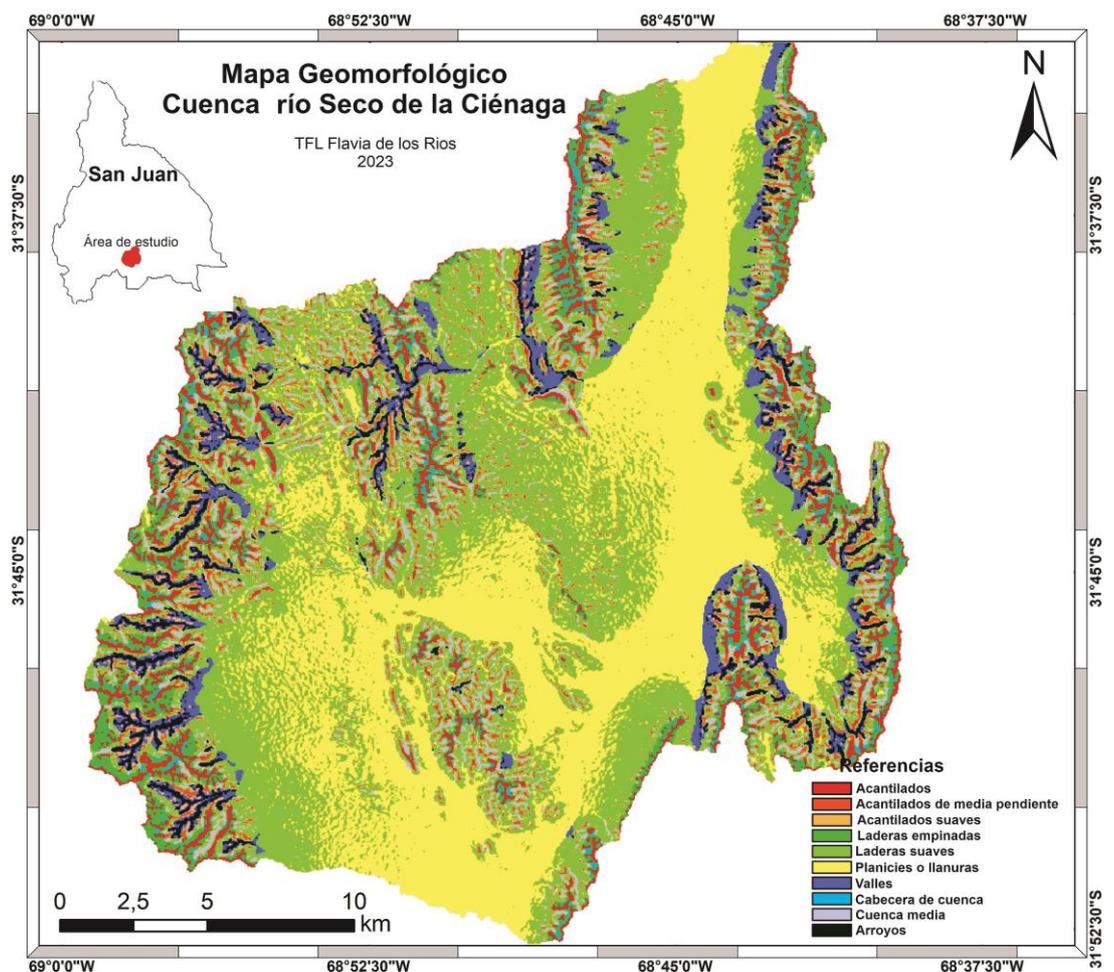


Figura 2. Mapa geomorfológico de la cuenca del río Seco de la Ciénaga, Zonda, provincia de San Juan.

2023

Las llanuras aluviales recientes y actuales están formadas a partir de los sedimentos preexistentes. Constituidas por la sedimentación de los cursos actuales temporarios y permanentes. En el área de estudio se destaca la llanura aluvial del río Seco de la Ciénaga, colector principal de la región, el cual desemboca en el embalse de Ullúm aportando así al caudal del río San Juan. La corriente de los ríos produce procesos como la erosión y la acumulación, y gracias a estas acciones se forman las terrazas fluviales, las cuales poseen altura definida por la diferencia vertical entre una parte de la superficie no alterada por acumulaciones posteriores o por erosión. Las terrazas son accidentes geográficos escalonados limitados por taludes abruptos, ascendentes por un lado y descendentes por el otro.

3. 2. 2. Clasificación de las unidades geomorfológicas fluviales

La geomorfología fluvial estudia las relaciones entre procesos físicos de flujo en canales de lecho móvil, la mecánica del transporte de sedimentos forzado por el flujo y la forma de los canales aluviales creados por el transporte de sedimentos (Richards, 1987). Los ríos son cuerpos de agua que fluyen a un canal, esencialmente agentes de erosión y transporte de agua y sedimentos. En los períodos secos o en las zonas áridas y semiáridas, no discurre agua por los canales la mayor parte del año, solo durante las tormentas (Gutiérrez Elorza, 2008).

Para este trabajo dentro de las geoformas fluviales, se escogieron las terrazas, cauces y barras fluviales, debido a que son las geoformas más comunes y fácilmente observables en el campo y en las imágenes satelitales (Fig. 3).

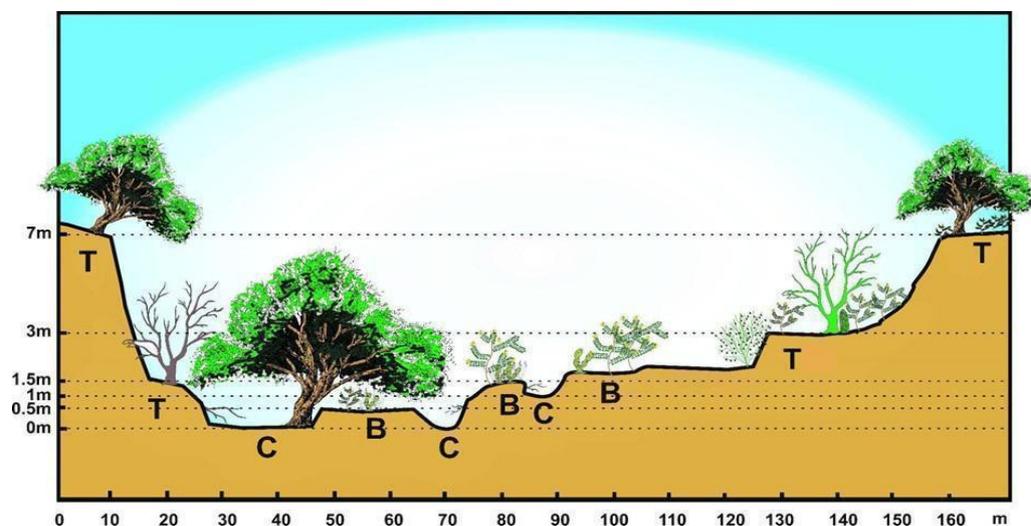


Figura 3. Perfil topográfico típico de los ríos de las subcuencas de la zona de estudio.
(T: terraza, B: barra, C: cauce).

2023

Terrazas: son antiguos niveles de llanura de inundación que han quedado abandonados durante la evolución. A su vez siguen siendo parte de la llanura de inundación que están por encima del nivel máximo de las aguas de un río, como resultado de la incisión del mismo (Leopold *et al.*, 1964). La terraza fluvial es una superficie plana formada por un rellano y un escarpe y suele aplicarse el término de terraza a ambas morfologías. También este término se utiliza para denominar al depósito aluvial o relleno aluvial, para diferenciarlo de las características topográficas (Gutiérrez Elorza, 2008) (Fig. 4).



Figura 4. Terraza fluvial. Der. Río de los Papagallos. Fotografía tomada hacia el noreste. Izq. Río Seco de la Ciénega. Zonda, provincia de San Juan (Foto: Flavia de los Rios).

Barras fluviales: son depósitos de sedimentos que se forman en la llanura de inundación en los ríos entrelazados. Por lo general son paralelos a los cauces del río, y poseen menor altura que las terrazas (Fig. 5).



Figura 5. Barra fluvial. Subcuenca del río Ancho. Zonda, provincia de San Juan (Foto: Flavia de los Rios).

2023

Cauces: es la unidad geomorfológica por la cual circula el agua permanente o temporalmente. Es el sitio más activo en lo que se refiere a erosión hidrológica por el arrastre de los sedimentos (Fig. 6).



Figura 6. Cauce activo. Subcuenca del río de los Pájaros Bobos. Der. Fotografía tomada hacia el este. Izq. Fotografía tomada hacia el oeste. Zonda, provincia de San Juan (Foto: Flavia de los Rios).

3. 3. Clima

Según la tipificación mesoscálica del clima de San Juan realizada por (Koeppen, 1923), el clima del área, pertenece al tipo BWwka. En donde, (BW) corresponde a clima seco de desierto con vegetación xerófila o sin vegetación y (w) concentración estival de las precipitaciones. El término (k) hace referencia a temperatura media anual menor de 18°C y (a): temperatura del mes más cálido mayor que 22°C .

En esta provincia existe gran radiación solar y transparencia atmosférica, además de una notable amplitud térmica diaria y estacional. Las precipitaciones son pluviales y estivales de tipo torrencial, de corta duración, elevada intensidad y reducida área de cobertura. Estas lluvias se desarrollan con mayor frecuencia, considerándose los meses de enero, febrero y marzo como la estación húmeda, presentando una media anual de 100 mm. Durante el resto del año, las lluvias son escasas en forma de lloviznas, abarcando grandes áreas. La evapotranspiración potencial supera ampliamente los valores de precipitación y se han estimado en 1600 mm/año. Los vientos tienen un predominio neto del sur y sureste. También está presente el viento característico de la región, caliente y seco, de dirección oeste-este, denominado Zonda, que sopla tanto en invierno como en verano.

2023

3. 4. Fitogeografía

Dentro de la provincia de San Juan, el área de estudio se ubica en la provincia fitogeográfica del Monte (Fig. 7). En la zona llana central las precipitaciones registran un promedio anual de 100 mm, con una humedad relativa por debajo del 50%. Por lo que la vegetación es xerófila y está representada por arbustos de los géneros *Larrea*, *Atriplex*, y en el estrato arbóreo dominan los géneros *Neltuma* y *Bulnesia*. En esta región plana, corren los escurrimientos de ríos en los cuales existen comunidades vegetales con coberturas entre 50 y 70%.

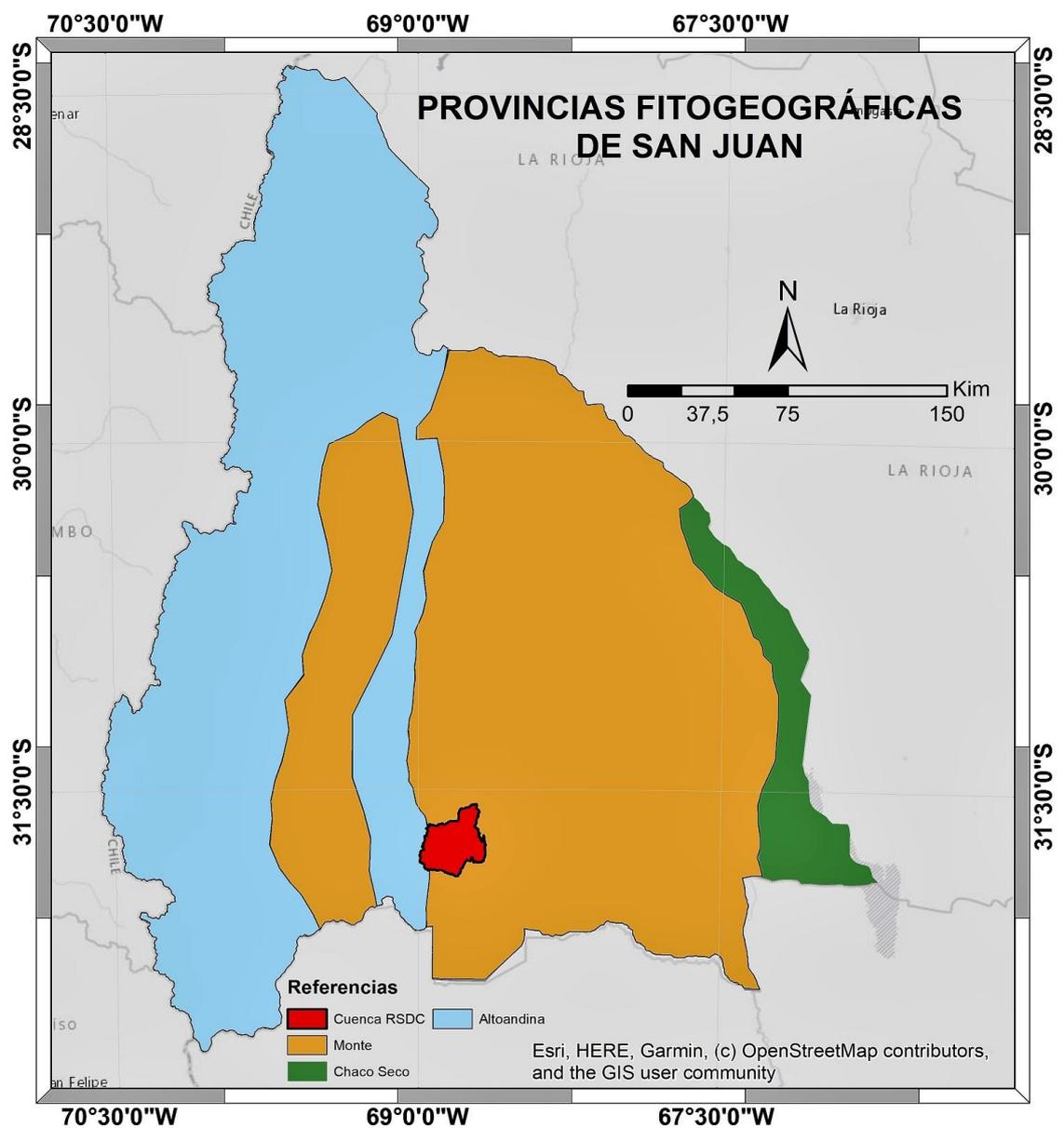


Figura 7. Mapa de las provincias Fitogeográficas de San Juan (celeste: altoandina; marrón: monte; verde: chaco seco; polígono rojo: el área de estudio Río Seco de la Ciénaga (RSDC), perteneciente a la provincia fitogeográfica del monte).

3. 5. Geología

La zona de estudio está comprendida dentro de la denominada Provincia Geológica de Precordillera (Bodenbender, 1902), esta se encuentra comprendida entre los paralelos 27° S y 32° S y los meridianos 67° W y 69° W. Geográficamente, se extiende de norte a sur por casi 500 km, desde la laguna Brava, en la provincia de La Rioja hasta el sur del río Mendoza, en la provincia del mismo nombre, donde se hunde por debajo de la bajada pedemontana andina. Al oeste limita con la Cordillera Frontal, separada por los valles de río Blanco, Rodeo-Iglesia, Calingasta-Barreal, Leoncito-Yalguaraz y Uspallata. Al este, circunscribe con los valles de Bermejo y Tulúm, que la separan de los terrenos precámbricos de las Sierras Pampeanas Occidentales en la provincia de San Juan.

La Provincia Geológica Precordillera es una faja plegada y corrida ubicada al este de la cordillera de los Andes, constituida por rocas sedimentarias paleozoicas afectadas por la subducción subhorizontal de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana. Esto determinó la migración del frente orogénico, la ausencia de volcanismo, la intensa sismicidad de intraplaca y la actividad tectónica durante el Cuaternario, ubicada principalmente en el frente orogénico (Ramos, 1997).

La provincia geológica de Precordillera se divide en Occidental, Central y Oriental a partir de sus características litológicas, edad y estilo de deformación, siguiendo la división propuesta por Heim (1952), Baldis y Chebli (1969) y Ortiz y Zambrano (1981), entre otros autores, la cuenca en estudio se encuentra entre la Central y Oriental. La Precordillera Occidental está dominada por sobrecorrimientos de vergencia oriental cuyos planos de despegue se emplazan principalmente en terrenos ordovícicos, clásticos, de ambiente marino profundo. Los terrenos del Paleozoico Inferior de este ámbito se hallan muy deformados y poseen metamorfismo de bajo grado, que no está presente en los dos restantes de más al este. En la Precordillera Central, los sobrecorrimientos poseen igual vergencia dominante, es decir oriental, pero los planos de despegue exponen terrenos del Cámbrico, aunque el común denominador en la base estratigráfica de las escamas tectónicas afloradas es la plataforma calcárea del Ordovícico Inferior. La deformación del Paleozoico Inferior es también fuerte para algunas unidades, y los estratos del Paleozoico Superior, el Mesozoico Alto y el Cenozoico se hallan relativamente más representados que en la anterior a escala de afloramientos. El ámbito de Precordillera Oriental se diferencia de los dos restantes

2023

por la vergencia de la deformación, que es dominante hacia el oeste y por la variedad litológica que expone en sentido norte-sur; mientras que al sur de San Juan y norte de Mendoza los corrimientos exponen terrenos del Cámbrico, en su extremo norte dominan los estratos del Terciario, deformados en amplios sinclinatorios y anticlinorios (Fig. 8).

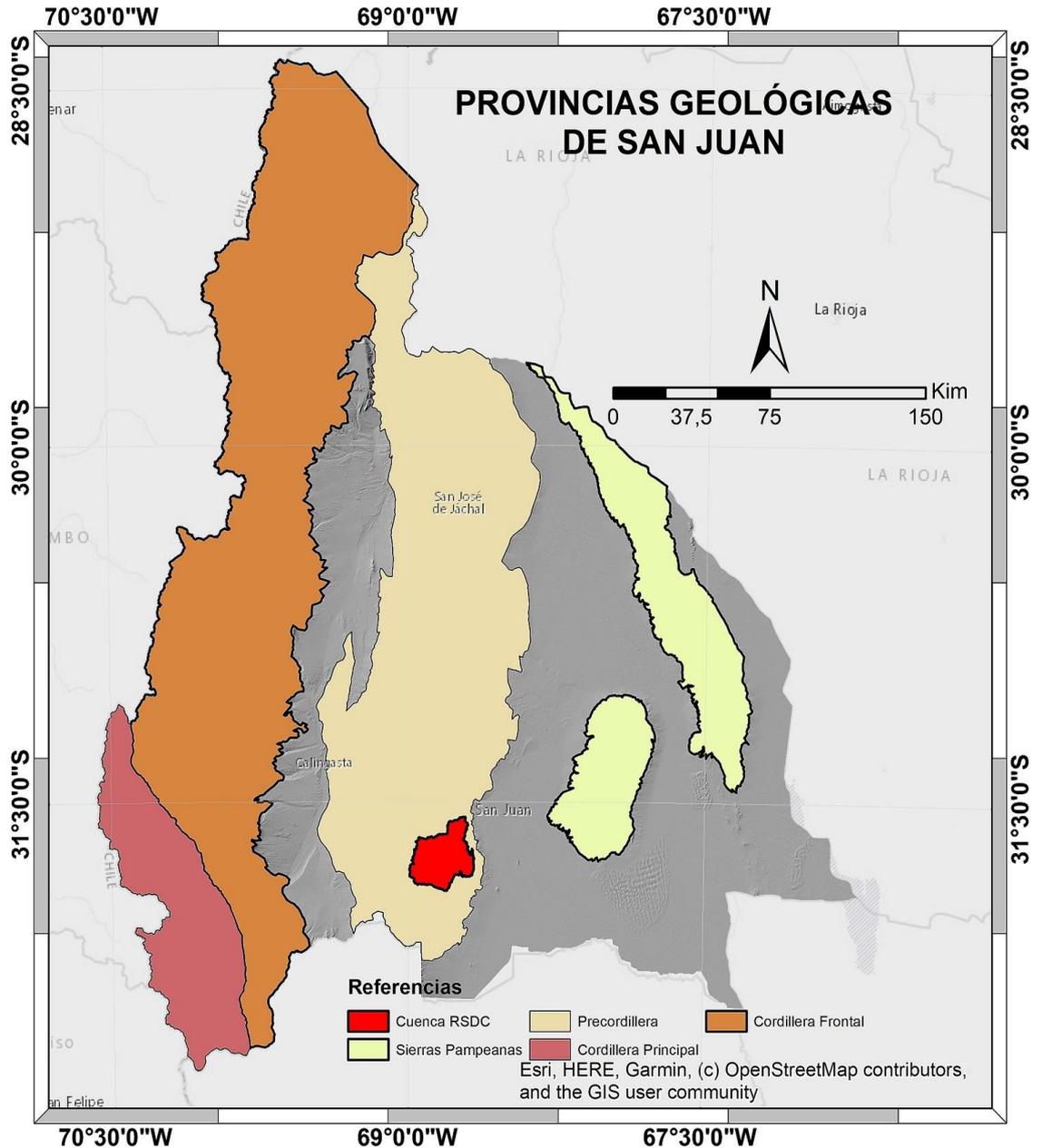


Figura 8. Mapa de las provincias Geológicas de San Juan. Polígono rojo: RSDC (Río Seco de la Ciénaga), perteneciente a la provincia geológica precordillera.

3. 6. Hidrología

Los ríos de la provincia de San Juan en general se caracterizan por recibir aporte hídrico del deshielo. Al final de la primavera y durante el transcurso del verano su caudal aumenta notoriamente como consecuencia del derretimiento, no sólo de las nieves, sino también de los pequeños glaciares. En invierno el escaso caudal que poseen es consecuencia de un mínimo derretimiento.

Los principales ríos de la provincia son el Jáchal y el San Juan. El primero trae agua de deshielo desde La Rioja y avanza entre la Cordillera Principal y la Precordillera con el nombre de río Blanco y luego finaliza fusionándose con el arroyo Iglesia. El río San Juan es el de mayor caudal de toda la Cuenca del Desaguadero a la cual pertenece y desarrolla una importante red de tributarios que recorren la provincia. La cuenca del río Seco de la Ciénaga forma parte de la cuenca del río San Juan (Fig. 9).

Las características geológicas y climáticas de la región controlan la formación y el mantenimiento de la red de drenaje. El sistema hidrológico superficial está caracterizado por ser una red fluvial tipo dendrítica, de carácter temporal en general y con un fuerte control estructural. En el sector norte de la misma, los afluentes confluyen en el río Ancho y en el sector sur convergen en el río Seco de la Ciénaga, distinguiéndose estos por ser los dos ríos más importantes. Ambos pertenecen al sistema hidrológico desaguadero-colorado.

El río Ancho y el río Seco de la Ciénaga drenan desde el oeste hacia el este, posteriormente se direccionan hacia el noroeste, aportando caudales extraordinarios al valle de zonda, para desembocar finalmente en el estero de Zonda. Los mismos son de carácter permanente y temporario respectivamente. Hacia el sur y fuera del área de estudio, el principal curso fluvial lo constituye el río de La Flecha, el cual es de carácter temporario en casi todo su recorrido.

Debido a las escasas lluvias que predominan en esta región, que suman un total de aproximadamente 100 mm anuales, la posibilidad de obtener aguas superficiales permanentes está concentrada en el derretimiento parcial de los hielos acumulados sobre los sectores montañosos durante la época invernal, siendo en algunos sectores permanentes.

Las aguas efímeras están relacionadas con los pequeños valles provenientes de los sectores de acumulación nival, asociados con los fenómenos meteorológicos (lluvias y agua nieve) las que se acumulan en pozones o quebradas (De Paula, 2010).

2023

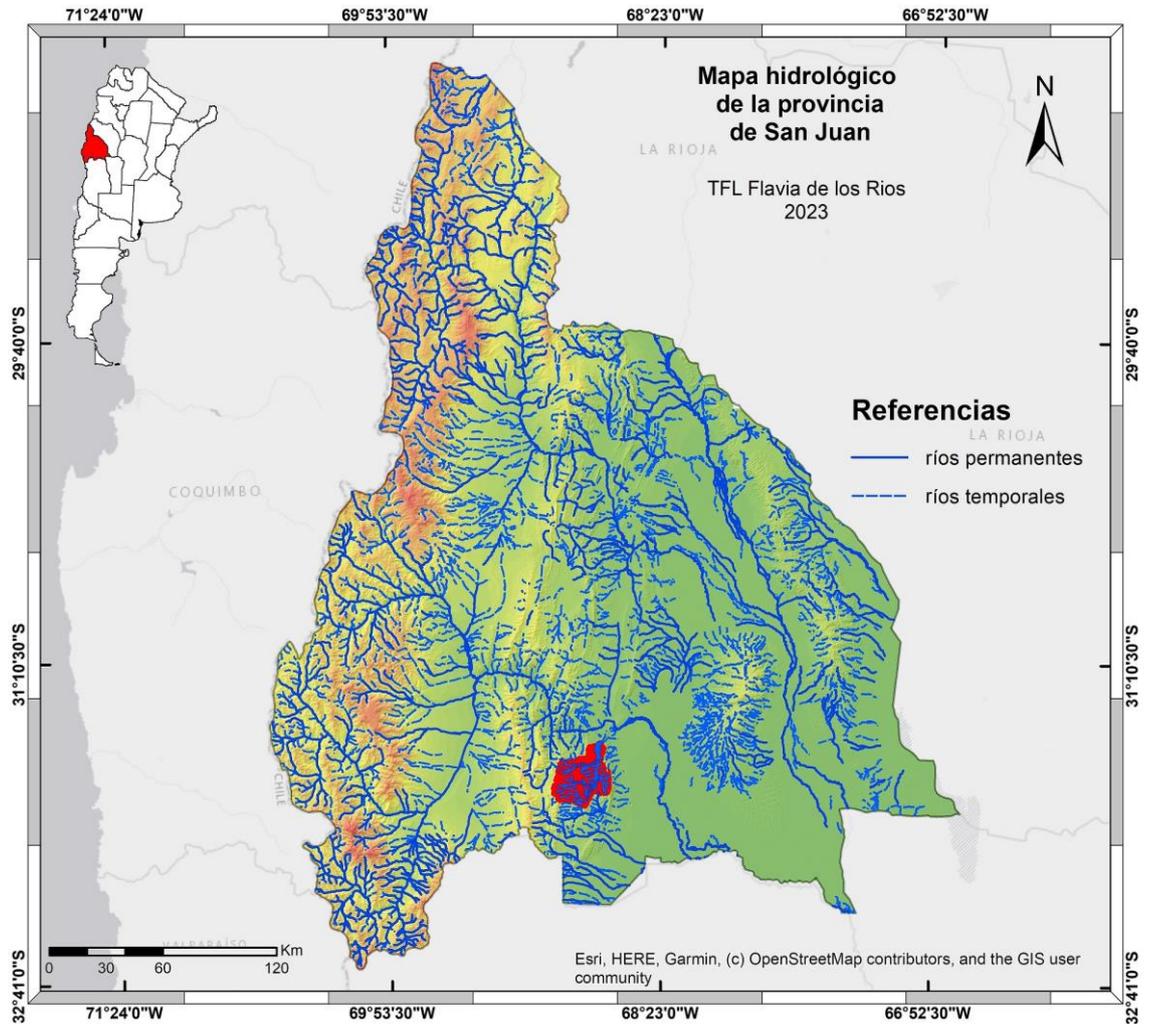


Figura 9. Mapa hidrológico de la provincia de San Juan. Cuenca del río Seco de la Ciénaga (polígono rojo).

3. 7. Hidrología de la cuenca del río Seco de la Ciénaga

Las características geológicas y climáticas de la región, controlan la formación y el mantenimiento de la red de drenaje. El sistema hidrológico superficial está caracterizado por una red fluvial con un diseño subdendrítico, de carácter temporal y con un fuerte control estructural litológico y en aquellos sectores afectados por falla (Lara *et al.*, 2017). Los principales cursos de agua que se encuentran en la zona de estudio son el río Ancho, de los Papagallos, de los Pájaros Bobos, el arroyo Alegre y el río Seco de la Ciénaga, que forman parte de la cuenca del río San Juan. El río de los Papagallos, es de carácter temporario, drena de oeste a este al llegar al norte del Cerro Bayo, se une con el río de los Pájaros Bobos, formando el río Seco de la Ciénaga. El río de los Pájaros Bobos, de carácter temporario, drena de suroeste a noreste y se encuentra rodeando al cerro Córdoba. Otro tributario del río Seco de la

Ciénaga, ubicado en la región norte de la cuenca de estudio, es el río Ancho, ubicado al sur del cerro Zonda o sierras Azules, cuya dirección es oeste – este. El río es de carácter permanente en sus cabeceras para infiltrar aguas abajo en el resto de su recorrido hasta el río Seco de la Ciénaga. El río Seco de la Ciénaga se ubica en el valle que se forma entre el cerro Zonda y la sierra Chica de Zonda, es de carácter temporario, drena desde el suroeste hacia el noroeste y aporta sus caudales extraordinarios al valle de Zonda, finalmente para desembocar en el estero de Zonda. En el sector oeste del área de trabajo se ubican afluentes menores, entre los que se destacan el arroyo Maradona, de rumbo NNE – SE. Estos arroyos confluyen en el río de los Papagallos conjuntamente con el arroyo Guanacos, este último de dirección O – SO. El arroyo Blanco, ubicado más al sur, de rumbo O – NO desemboca en el río de los Pájaros Bobos. El límite sur de la cuenca lo constituye la divisoria de agua con la cuenca del río de la Flecha, de dirección O-E y temporario en casi todo su recorrido (Lara, 2015).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4. 1. Trabajo de gabinete precampo

4. 1. 1. Identificación, delimitación y clasificación de las subcuencas

Teniendo en cuenta que la topografía es un componente ecológico importante que afecta la distribución de la vegetación (Beasom *et al.*, 1983), la metodología propuesta consistió en la combinación de diferentes técnicas para la obtención de identificación, delimitación y clasificación de las subcuencas. Para la identificación de las subcuencas se obtuvieron Modelos Digitales de Elevación (MDE) en formato Raster de 5 m de resolución de píxel del programa MDE-Ar del Instituto Geográfico Nacional de Argentina llevado a cabo entre los años 2011 y 2016. Se realizó el preprocesamiento de estos MDE mediante el método propuesto por Planchon y Darboux (2002).

Para la obtención de datos geomorfométricos de las unidades geomorfológicas donde se realizaron los muestreos de campo, se realizó un análisis digital del terreno. Si bien existen una gran variedad de estudios e índices morfométricos, producto del interés y de la información sobre el terreno que aportan (Horton, 1945; Miller, 1957), en este

trabajo, se seleccionaron aquellos que pueden tener efectos sobre el comportamiento de los patrones de la vegetación, estos son: el índice de humedad topográfica (TWI), índice de rugosidad topográfica (TRI), pendiente, y orientación de laderas.

El TWI ha sido muy utilizado por ecólogos en estudios de la vegetación debido a que permite identificar los potenciales lugares de acumulación de agua donde se concentraría la humedad, un ejemplo para esta zona de trabajo es lo realizado por Flores *et al* (2021). La disponibilidad de agua es una variable importante en la predicción de los tipos de vegetación de un lugar (Dobrowski *et al.*, 2008), en la composición de la vegetación (Kopecky Čížková, 2010) y en la construcción de modelos de distribución de especies (Parolo *et al.*, 2008; Evans y Cushman, 2009). Por lo tanto, este índice es una estimación relativa de la humedad del suelo en un sitio dado.

Si bien la influencia de las características de la superficie terrestre se puede describir en una variedad de escalas espaciales, la rugosidad de la superficie tiene efectos sobre los accidentes geográficos que ayudan a comprender las condiciones que controlan los patrones de ecosistemas (Swanson *et al.*, 1988; Bailey, 1996), patrones de escorrentía superficial (Robinson, 1996; Head *et al.*, 1999), los procesos geomorfológicos (Rogers y Zuber, 1997) y la relación con los patrones de la vegetación (Flores *et al.*, 2019) entre otros. En este trabajo, se utilizó el índice de rugosidad topográfica debido a que, en las zonas áridas como la propuesta, este índice puede ser útil para entender procesos de escorrentía e infiltración a los cuales la vegetación puede responder de manera diferenciada (Gisbert y Martí, 2010).

La pendiente es un parámetro muy importante para comprender el comportamiento de la riqueza y la diversidad de la vegetación (Chang y Tsai, 1991). Además, tiene una marcada influencia en el establecimiento y composición de las comunidades de plantas (Bochet y García-Fayos, 2004). Esta propiedad del relieve ejerce un control significativo en la velocidad y distribución del agua de las precipitaciones y de la humedad del suelo. Asimismo, está estrechamente ligado a procesos geomorfológicos dinámicos como la intensidad y frecuencia de flujo de escombros, la escorrentía superficial, erosión hídrica y acumulación de sedimentos (Gutiérrez Elorza, 2008).

La orientación de ladera es una variable importante para el análisis de las características de las geoformas que se complementa con la pendiente (Evans, 1972). Además, es una característica geomorfométrica significativa en el estudio del relieve

2023

(Walsh y Butler, 1989) ya que es un indicador indirecto de las variaciones de la temperatura y humedad del suelo, además de estar involucrado en procesos edafogénicos que, afectan las comunidades de la vegetación (Kirby *et al.*, 1990). En zonas áridas como la de este trabajo, las laderas que se orientan hacia el sur tienen una cobertura significativamente mayor a las laderas orientadas hacia el norte (Scaglia *et al.*, 2021), mientras que, no existen registros sobre las laderas que se orientan al este o al oeste.

4. 1. 2. Determinación de los órdenes de ríos de las cuencas

La clasificación de los ríos es un método que asigna un orden numérico a los vínculos en una red de ríos, permitiendo identificar y clasificar los tipos de ríos basado en la cantidad de afluentes. Se utilizó una metodología que categoriza la red de drenaje teniendo en cuenta los cauces y su origen. Este método fue propuesto por Strahler (1957) y le asigna un orden de 1 a todos los vínculos sin afluentes (primer orden). La clasificación de los ríos aumenta cuando los ríos del mismo orden interceptan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden. Por ejemplo, la intersección de un vínculo de primer orden y segundo orden no creará un vínculo de tercer orden, pero mantendrá el orden del vínculo con el orden más alto. El método de Strahler es el método de clasificación de ríos más conocido. Sin embargo, debido a que este método sólo aumenta el orden en las intersecciones del mismo orden, no tiene en cuenta todos los vínculos y puede ser susceptible a la adición o remoción de vínculos. Se utilizó el software ArcGis 10.2.2 para clasificación de ríos.

4. 1. 3. Análisis de las características morfométricas de la cuenca y subcuencas

4. 1. 3. 1. Parámetros físicos de la cuenca y subcuencas

Dentro de los parámetros físicos principales tomamos en cuenta el área de drenaje de la cuenca (A_c), el cual es la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica, se denomina punto de concentración o punto de cierre de la cuenca. El perímetro de la cuenca (P),

2023

es la longitud de la línea divisoria de la cuenca. Longitud de la cuenca (L_a) es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal. Ancho promedio de una cuenca (AP) es la relación entre el área de drenaje de una cuenca y la longitud de la misma (Tabla I, apéndice).

4. 1. 3. 2. Parámetros de forma de la cuenca y subcuenca

Los factores geológicos, son los encargados de moldear la fisiología de una región y particularmente la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Como parámetros de forma se evaluaron:

- **Índice de compacidad o Índice de Gravelius (K_c)**

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. Este valor adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores K_c nunca serán inferiores a 1 (Tabla II, apéndice).

- **Razón de elongación (R_e)**

Esta variable, relaciona el diámetro del círculo asociado con la longitud de la cuenca (Tabla II, apéndice).

- **Factor de forma (K_f)**

Índice propuesto por Magette (1976), es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que factor de forma tiende hacia valores extremos grandes o pequeños (Tabla II, apéndice).

- **Índice de asimetría (I_{AS})**

El I_{AS} es la relación del área de las vertientes, mayor (A_{mayor}) y menor (A_{menor}), las cuales son separadas por el cauce principal. Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, por lo tanto, si se tiene un índice mucho mayor a 1 se observará sobre la cuenca que el río principal estará recargado a una de las vertientes, lo cual implica una heterogeneidad en la distribución de la red de drenaje, aumentando la descarga hídrica de la cuenca a esta vertiente. Esto incrementa los

2023

niveles de erodabilidad a causa de los altos eventos de escorrentía superficial obtenidos (Tabla II, apéndice).

4. 1. 3. 3. Características del sistema de drenaje

Dentro de las características del sistema de drenaje se evaluaron:

- **Longitud del cauce (L)**

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo (Tabla III, apéndice).

- **Cota de nacimiento**

Es la cota más elevada de la corriente principal (Tabla III, apéndice).

- **Pendiente media del cauce (Pm)**

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, menos cota mínima) y la longitud del mismo (Tabla III, apéndice).

- **Coefficiente de torrencialidad (Ct)**

Este parámetro resulta de la relación entre el número de cauces de agua de orden uno y el área de la cuenca. A mayor número de cauces (1) y menor área, la torrencialidad de la cuenca será mayor (Romero Díaz *et al.*, 1987). Esto significa que el agua recorre muy poco para dirigirse a los cauces y la velocidad de descarga es mayor (Tabla III, apéndice).

4. 1. 4. Clasificación de las unidades geomorfológicas fluviales

Una vez delimitadas las subcuencas, se procedió a identificar el ambiente fluvial de cada una. De esta forma, y mediante los mapas realizados previos se clasificaron las geoformas fluviales como terrazas, cauces y barras. Además, se utilizó la clasificación propuesta por Gutierrez Elorza (2008), en donde se especifica la morfología y procesos dominantes en cada geoforma fluvial. Posteriormente se seleccionaron puntos de muestreo mediante imagen satelital teniendo en cuenta la geoforma fluvial.

4. 1. 5. Selección de los parámetros superficiales de las unidades

La cobertura de roca superficial se consideró un parámetro importante, debido a su estrecha relación con los procesos hidrológicos superficiales, como el flujo de agua, la tasa de infiltración, la erosión superficial y la escorrentía (Musick, 1975; Wood *et al.*,

2023

2005; Hlaváčiková *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016). Debido a esto, se determinó la cobertura de fragmentos de roca como variable para explicar las propiedades de las comunidades vegetales. Además, se tuvo en cuenta el sedimento fino (tamaño de partícula < 2 mm, FAO, 1990) presente entre fragmentos de roca, para brindarnos información sobre la dinámica del agua superficial (velocidad de flujo, distribución espacial), procesos eólicos (asociados al desarrollo de pavimentos y barnices desérticos) y control de la vegetación en la escorrentía (reducción de la velocidad del flujo y, en consecuencia, acumulación de sedimentos finos). Se evaluó además la cobertura de mantillo debido a que está estrechamente relacionada con la cobertura de la vegetación. Como afirma Adams (1966), provoca efecto tanto en la conservación y dinámica de la humedad del suelo como en la intensidad de las condiciones de los procesos hidrológicos superficiales en el parche.

4. 2. Trabajo de campo

Los muestreos de campo se realizaron durante la época de verano y otoño de 2022 (4 campañas). En estas campañas se registraron los datos correspondientes a las variables cobertura de roca, sedimento y especies vegetales.

Mediante el análisis de las imágenes de Google Earth Pro, se ubicaron al azar en cada subcuenca los puntos de toma de datos en barras, cauces y terrazas. En cada unidad geomorfológica, se realizó 1 punto de toma de datos. En total se relevaron 65 sitios distribuidos en las diferentes subcuencas (17 en cauce, 24 en barras, y 24 en terrazas) (Tabla 1). En el caso del arroyo Alegre no se logró identificar cauces definidos.

Tabla 1. Cantidad de sitios muestreados por subcuenca.

GEOFORMAS FLUVIALES	CAUCE	BARRA	TERRAZA	Total por subcuenca
ARROYO ALEGRE	0	10	2	12
RÍO DE LOS PÁJAROS BOBOS	2	4	4	10
RÍO DE LOS PAPAGALLOS	5	5	8	18
RÍO ANCHO	3	3	2	8
RÍO SECO DE LA CIÉNAGA	7	2	8	17
Total por geoforma fluvial	17	24	24	65

2023

4. 2. 1. Cuantificación de los parámetros superficiales y de la vegetación

Una vez localizado el punto en el campo, se procedió al registro de la riqueza, y cobertura de la vegetación por especie, empleando el método de Point Quadrat modificado (Passera *et al.*, 1983). Este método consiste en tensar una cinta métrica en línea recta de 50 m de longitud y, cada 0,50 m, con una varilla de 150 cm de largo, y 10 mm de diámetro en posición vertical, se registraron los toques de las especies y de roca, sedimento, mantillo, que tengan contacto con la varilla. (Fig. 10). Además, para registrar aquellas especies que no fueron vistas en la transecta principal, se agregaron aquellas que se encontraban a medio metro para cada lado de la transecta principal y se les asignó un valor de cobertura de 0,1% independientemente de la cantidad de individuos observados y del tamaño de los mismos.

La identificación de las especies, en todos los casos, se llevó a cabo a través del Catálogo de Plantas Vasculares de Argentina (Zuloaga & Morrone, 1999). La nomenclatura de las especies y su hábito de crecimiento se basó en la Flora del Conosur; Catálogo de Plantas Vasculares (IBODA, 2014) y Flora de San Juan, Kiesling (1994, 2003, 2009, 2013).



Figura 10. Método utilizado para contabilizar la cobertura de las especies, roca, sedimento fino y mantillo. El Método utilizado fue Point Quadrat modificado (Passera *et al.*, 1983) (Foto: Flavia de los Rios).

2023

Además, se clasificaron las plantas registradas teniendo en cuenta el hábito de crecimiento. Esta característica se refiere a la forma general de la planta, lo cual abarca una serie de componentes como la duración de la hoja (estacional, perenne), el patrón de ramificación, el desarrollo, la textura (si alguna de sus partes está endurecida, leñosa). Para la clasificación de las especies según el hábito de vida, se consultó el Catálogo de Plantas Vasculares de Argentina (Zuloaga & Morrone, 1999), el Catálogo de Plantas Vasculares (IBODA, 2014) y Flora de San Juan, Kiesling (1994, 2003, 2009, 2013). Las categorías seleccionadas fueron: árbol, arbusto, subarbusto, suculenta, hierba anual y hierba perenne.

4. 3. Trabajo gabinete poscampo

4. 3. 1. Análisis Estadístico

4. 3. 1. 1. Análisis de la cobertura de roca, sedimento, mantillo y vegetación de las unidades geomorfológicas fluviales de las subcuencas

Las coberturas de las distintas variables se analizaron para, posteriormente, establecer los porcentajes registrados en el muestreo.

La cobertura relativa de las variables, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Cr = Ni \times 100/Nt$$

Donde:

Cr: Cobertura relativa

Ni: Número de registros de la cada variable (i.e. vegetación, roca, sedimento, mantillo)

Nt: Número total de registros de cada variable a lo largo de la transecta.

El criterio utilizado para definir las especies de plantas dominantes correspondió a la mayor cobertura.

4. 3. 1. 2. Determinación de la riqueza y diversidad de la vegetación

Riqueza: número de especies presentes en un determinado espacio y período de tiempo. La riqueza de especies vegetales está relacionada con la productividad y resiliencia de los ecosistemas, por lo tanto, su evaluación es fundamental para entender el comportamiento de los patrones de la vegetación (Moreno, 2000).

2023

Diversidad de Shannon - Wiener: Para determinar la diversidad de la vegetación en cada transecta se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Este índice expresa la probabilidad de seleccionar las especies de una población, en la proporción en la que existen (Shannon y Weaver, 1949). Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum p_i \times \ln p_i$$

Donde:

H: valor de la Diversidad de Shannon – Wiener.

p_i: abundancia relativa de individuos de cada especie, el cual se obtiene como el número de individuos de la especie i / número de individuos total de todas las especies.

ln: logaritmo natural en base 10.

4. 3. 1. 3. Análisis de variables

Para evaluar diferencias en los valores presentados por los distintos parámetros de vegetación, superficiales y geomorfológicos, entre las diferentes geoformas fluviales y como así también, entre las diferentes subcuencas, se utilizó el test de Welch's (McDonald, 2009). Este tipo de análisis es apropiado debido a que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza en los datos. Cuando el análisis registró diferencias significativas, se utilizó el test a posteriori para comparaciones múltiples de Games-Howell.

Para el cálculo de la diversidad por unidad geomorfológica en cada subcuenca, se sumó la diversidad de cada unidad, una vez obtenido este valor, se procedió a calcular el promedio. Todos los análisis estadísticos, como también los gráficos derivados de ellos, fueron realizados mediante el programa estadístico de uso libre R (R Development Core Team, 2018).

4. 3. 2. Elaboración de mapas

Se elaboraron mapas a escala preliminar a escala regional (1:200.000) con el fin de analizar completamente el área de estudio y la zona de influencia. Además de tener en cuenta procesos a nivel regionales como fallas cuaternarias y fallas precuaternarias que hayan afectado la red de drenaje. Luego a escala detallada (1:5.000), se delimitaron las barras en donde se observan vegetación. Posteriormente, los mapas se elaboraron a una escala de semidetalle (1:75.000) para que la impresión de los mismos pudiese adaptarse al formato A3.

En las primeras etapas del trabajo (mapas preliminares) se confeccionaron mapas de unidades geomorfológicas, mapas hidrológicos y de cuencas mediante las herramientas de digitalización proporcionadas por el software de uso libre Google Earth Pro®. Seguidamente se trabajó con Global Mapper 10 para transformar la extensión de los archivos. Asimismo, para trabajar en coordenadas métricas, se hizo la reproyección a las capas digitalizadas con Google Earth Pro, desde el Sistema de Referencia de Coordenadas hacia la proyección UTM, datum WGS84 y zona 19S. El procesamiento y análisis de imágenes satelitales y MDE, se ejecutó mediante SAGA GIS v2.3.2. Por último, las capas ráster y vectoriales obtenidas, se trabajaron con el software ArcGIS v10.8 (Conrad *et al.*, 2015).

5. RESULTADOS

5. 1. Cuenca del río Seco de la Ciénaga

5. 1. 1. Parámetros físicos y morfometría

La cuenca río Seco de la Ciénaga, posee un área total de 660 km², y un perímetro de 151 km. Posee una longitud de 35,27 km y de ancho 30,31 km. La misma muestra una forma oval (compacidad: 3,47), la elongación de la cuenca es de 1,27, lo cual nos indica que es una cuenca redondeada. El valor del factor de forma es muy bajo (0,000081), esto representa que esta cuenca es alargada. Dicha característica nos dice que la cuenca no es propensa a sufrir crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en gran parte del área. Por otro lado, el valor de

2023

asimetría de la cuenca (11,71), nos indica que existe heterogeneidad en la distribución de la red de drenaje.

Dentro de las características de la red de drenaje de la cuenca, la longitud del cauce actual es de 22,90 km. Su cota de nacimiento es de 1505 m s.n.m., con una pendiente media del cauce de 1,80. Por último, el coeficiente de torrencialidad de 14,61, el cual nos indica que el agua recorre muy poco para llegar al cauce y su velocidad es alta (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físicos, de forma y características de la red de drenaje de la cuenca del río Seco de la Ciénaga.

CUENCA RÍO SECO DE LA CIÉNAGA		
PARÁMETROS FÍSICOS	ÁREA (km ²)	660
	PERÍMETRO (km)	151
	LONGITUD (km)	35,27
	ANCHO (km)	30,31
PARÁMETROS DE FORMA	COMPACIDAD (adimensional)	3,47
	ELONGACIÓN (adimensional)	1,27
	FACTOR DE FORMA (adimensional)	0,000081
	ASIMETRÍA (adimensional)	11,71
CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE	LONGITUD DEL CAUCE (km)	22,90
	COTA DE NACIMIENTO (m s.n.m.)	1505
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (%)	1,80
	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (Ct)	14,61

5. 1. 2. Órdenes de ríos y análisis de las subcuencas del río Seco de la Ciénaga

La cuenca del río Seco de la Ciénaga es un sistema compuesto por diversos tipos de ríos, los que se ramifican en diversos sitios de la cuenca hidrográfica. La jerarquía que se define a la cuenca, está relacionada con el cauce de mayor jerarquía. Por lo tanto, la cuenca del río Seco de la Ciénaga es de Orden 7. Por otro lado, los ríos de primer orden son los que no tienen afluentes y son los más numerosos de la cuenca, llegando a una cantidad de 17.496 ríos. En su forma original el sistema consiste en una cuenca que se prolonga hacia la cuenca del río San Juan en el límite entre los departamentos Zonda y Rivadavia (Quebrada de Zonda), de manera que el canal principal (río Seco

2023

de la Ciénaga) se extiende por 22,9 km continuamente desde su nacimiento hasta la desembocadura (Fig.11).

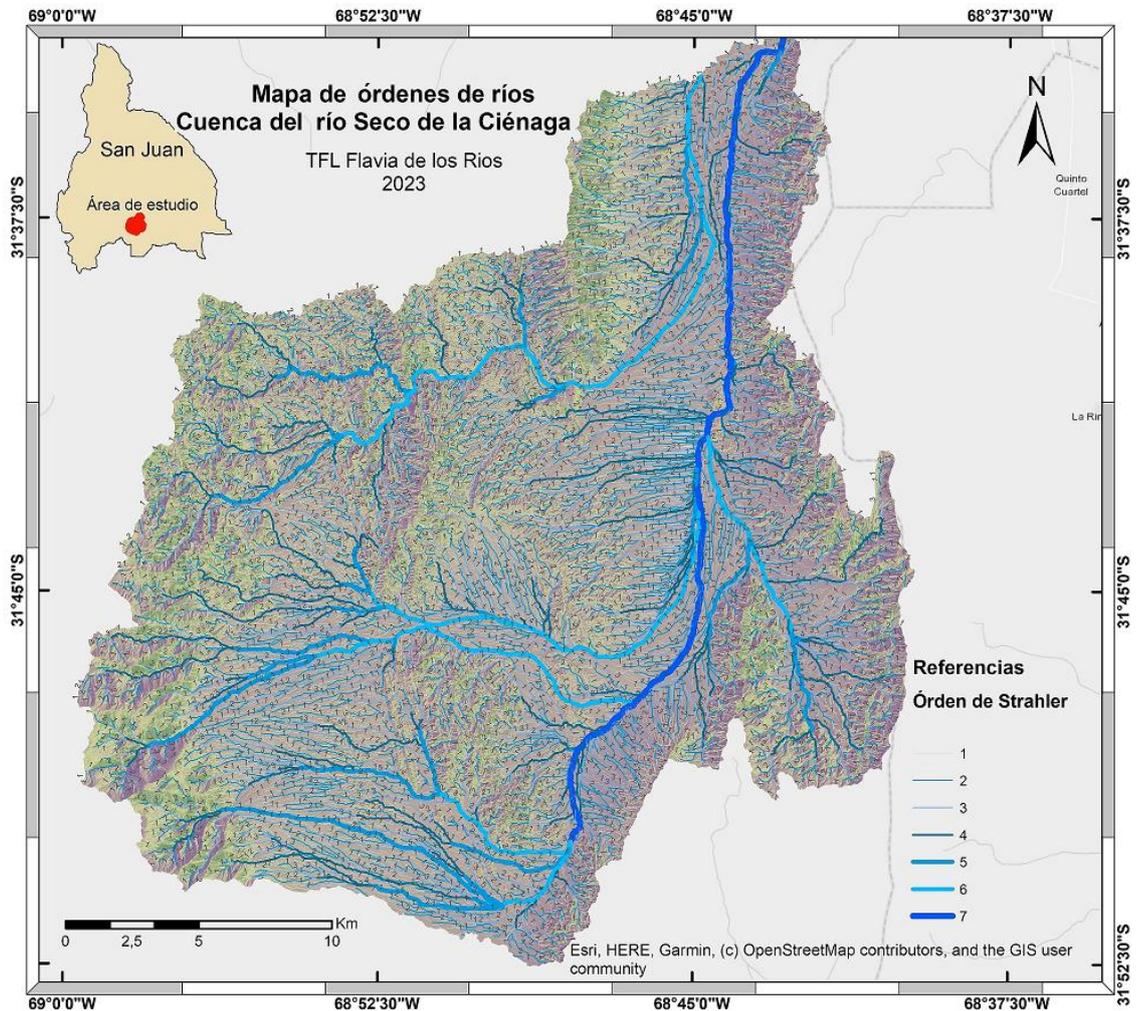


Figura 11. Mapa de órdenes de ríos dentro de la cuenca del río Seco de la Ciénaga. Zonda, provincia de San Juan.

Como resultado del análisis hidrológico de los órdenes de ríos, el orden de Strahler, se seleccionaron las subcuencas de orden 6, a saber: 1: subcuenca del río Ancho, 2: subcuenca del río de los Papagallos, 3: subcuenca del río de los Pájaros Bobos, y 4: subcuenca del arroyo Alegre (Fig. 12).

2023

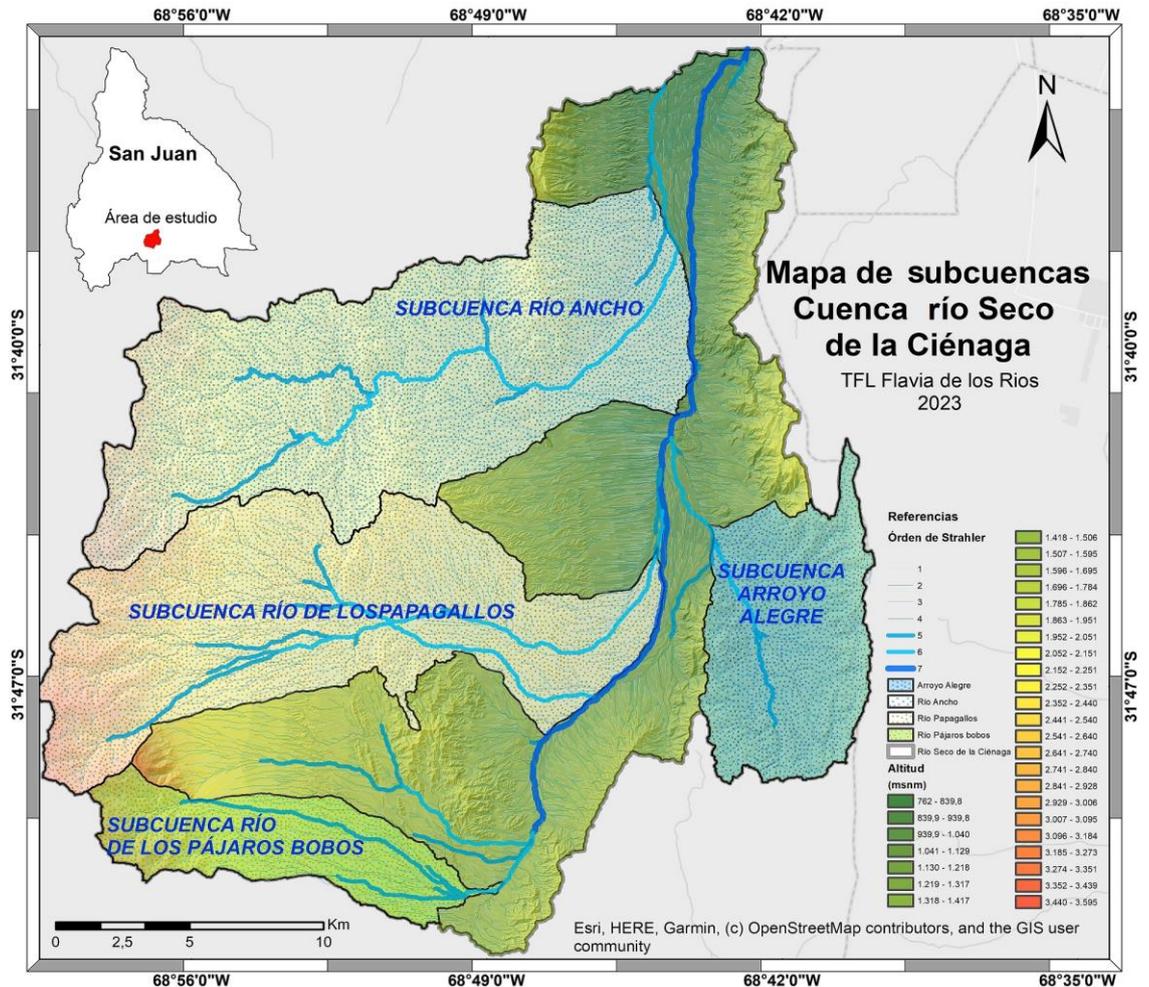


Figura 12. Mapa de subcuencas que conforman la cuenca del río Seco de la Ciénaga. Zonda, provincia de San Juan.

5. 1. 3. Parámetros físicos y de forma de las subcuencas

Para la caracterización de las subcuencas se determinaron los parámetros físicos, de forma y las características de la red de drenaje. Esto nos permite conocer cómo se comporta la subcuenca dentro de la dinámica de la cuenca del río Seco de la Ciénaga. La subcuenca del río Ancho posee la mayor área, perímetro y longitud (Tabla 3). Mientras que el río de los Papagallos posee el ancho más grande (10,10 km).

En cuanto a los factores de forma, el río de los Papagallos posee el índice de compacidad y de forma más altos, por lo tanto, esta subcuenca es la más alargada y está sujeta a crecientes y a un menor tiempo de concentración del sistema hidrológico. Por otro lado, la subcuenca del arroyo Alegre presenta la mayor asimetría, como consecuencia de esto su red de drenaje es heterogénea y un sector presenta más probabilidades de eventos de crecidas.

2023

Con respecto a las características de la red de drenaje, el río Ancho y el río de los Papagallos son los más largos y son similares en su altura de nacimiento. Por otra parte, el río de los Pájaros Bobos nace en alturas superiores a los 3.300 m s.n.m. y tiene una pendiente de 10,7 %. Este río, además posee el coeficiente de torrencialidad más elevado, lo que significa que el flujo de agua que circula por los cauces son más intensos y caudalosos.

Tabla 3. Parámetros físicos, parámetros de forma y características de la red de drenaje por subcuenca.

		SUBCUENCAS			
		RÍO ANCHO	RÍO DE LOS PAPAGALLOS	RÍO DE LOS PÁJAROS BOBOS	ARROYO ALEGRE
PARÁMETROS FÍSICOS	ÁREA (km ²)	172	141	42,1	58,8
	PERÍMETRO (km)	81,2	81,9	41,2	42,3
	LONGITUD (km)	24	14,14	15,7	10,10
	ANCHO (km)	9,71	10,1	3,78	6,02
PARÁMETROS DE FORMA	ÍNDICE DE COMPACIDAD	2,54	3,47	1,81	1,83
	ELONGACIÓN	0,54	1,08	0,44	0,93
	FACTOR DE FORMA	0,29	3,30	0,17	0,58
	ASIMETRÍA (%)	55,52	9,09	61,76	74,32
CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE	LONGITUD DEL CAUCE (km)	27,4	26,9	16,6	9,3
	COTA DE NACIMIENTO (m s.n.m.)	3147	3135	3362	1164
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (%)	7,5	7,4	10,7	5,5
	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	14,05	6,11	28,31	3,71

5. 1. 4. Características generales de la vegetación del río Seco de la Ciénaga

En total se registraron 81 especies vegetales en el relevamiento de campo. Las mismas se encuentran distribuidas en 28 familias. Las familias con mayor número de especies son las Fabaceas y las Poaceas, con 15 especies cada una (Fig. 13).

2023

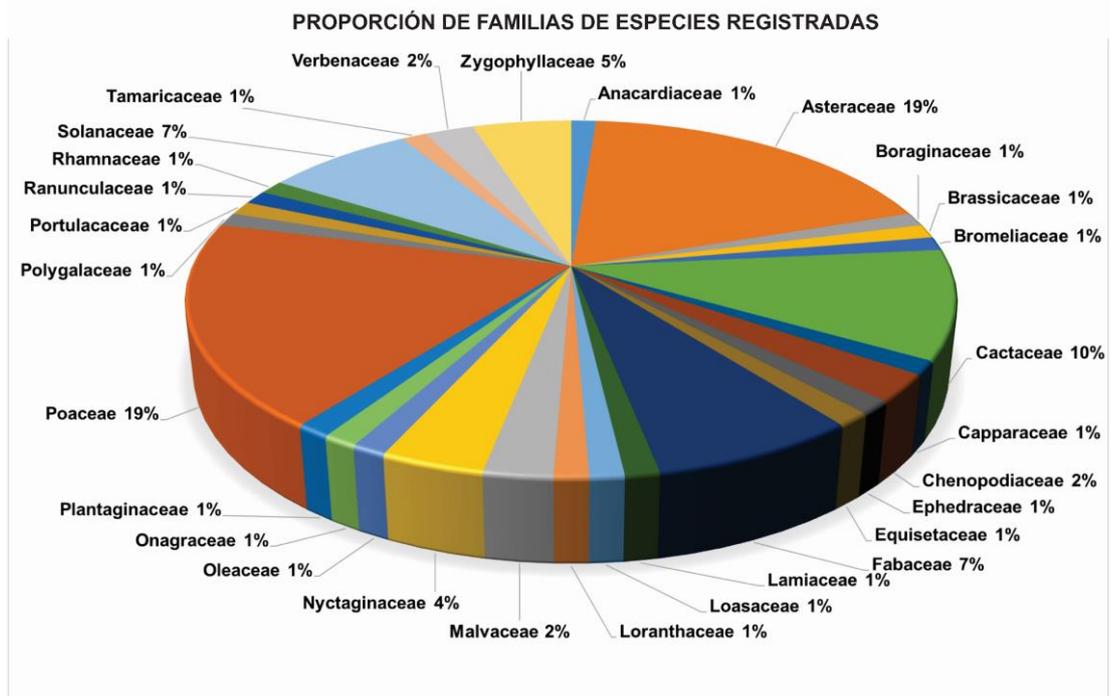


Figura 13. Proporción de especies por familia, registradas en las distintas subcuencas.

En el área de estudio, más específicamente, la cuenca del río Seco de la Ciénaga, el hábito arbustivo es el más abundante, ya que cerca del 40% de las especies registradas pertenecen a este hábito. Además, las hierbas tienen una fuerte presencia en la cuenca con valores cercanos al 25% y, en menor medida, las suculentas, subarbustos y los árboles con valores que rondan el 10% cada uno (Fig. 14).

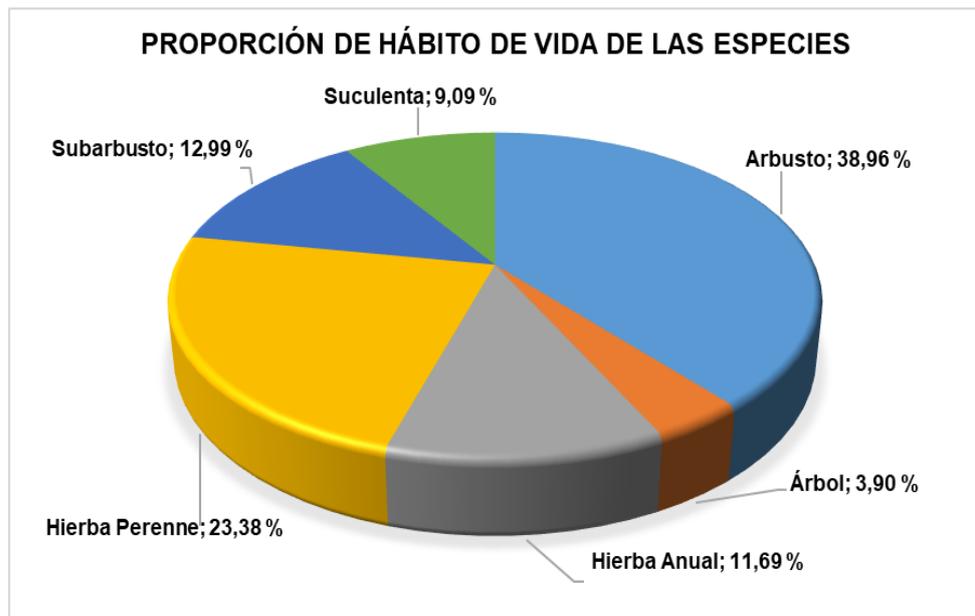


Figura 14. Proporción de especies por hábito, registradas en las distintas subcuencas.

2023

En la tabla IV (apéndice), se presenta el listado de especies de plantas junto con su hábito de vida, el status (clasificación o jerarquización de una especie teniendo en cuenta su distribución geográfica) registradas durante el trabajo de campo en las diferentes subcuencas del río Seco de la Ciénaga.

5. 3. Propiedades superficiales asociadas a las geoformas por subcuenca

Subcuenca del río Ancho

No se observaron diferencias entre los parámetros superficiales: cobertura de rocas ($p=0,13$; $f=4,4$); cobertura de sedimentos ($p=0,24$; $f=2,49$) y cobertura de mantillo ($p=0,76$; $f=0,30$) (Fig. 15 a, b y c, respectivamente).

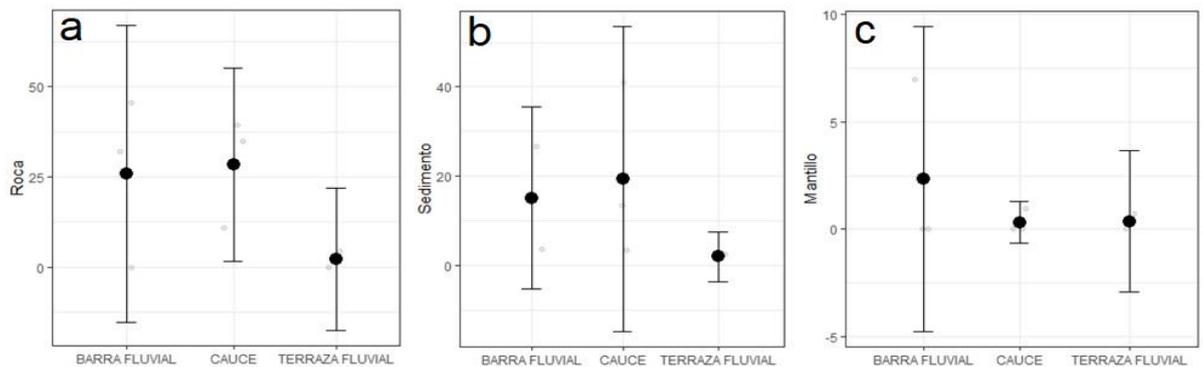


Figura 15. Análisis de las propiedades superficiales de las geoformas fluviales de la subcuenca del río Ancho (a: roca (%), b: sedimento (%), c: mantillo (%)). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar.

Subcuenca del río de los Papagallos

Los resultados para el análisis estadístico de las variables superficiales muestran diferencias significativas para la variable cobertura de roca ($p=0,007$; $f=10,84$) (Fig. 16 a), siendo mayor en el cauce. Las demás variables no presentaron diferencias significativas (cobertura de sedimentos $p=0,31$; $f=1,38$ Fig. 16 b y cobertura de mantillo $p=0,16$; $f=2,54$ Fig. 16 c).

2023

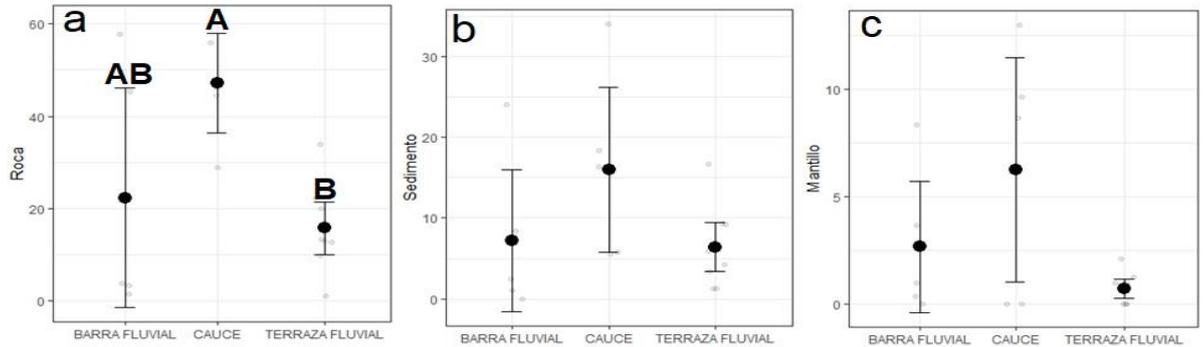


Figura 16. Análisis de las propiedades superficiales de las geofomas fluviales de la subcuenca del río de los Papagallos (a: roca (%), b: sedimento (%), c: mantillo (%)). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

Subcuenca río de los Pájaros Bobos

Los resultados para el análisis estadístico de las variables superficiales (cobertura de rocas, sedimentos finos y mantillo) no muestran diferencias significativas entre unidades geomorfológicas fluviales del río de los Pájaros Bobos: cobertura de rocas $p=0,53$; $f=0,87$ (Fig. 17 a); cobertura de sedimentos $p=0,76$; $f=0,29$ (Fig. 17 b) y cobertura de mantillo $p=0,24$; $f=3,02$ (Fig. 17 c).

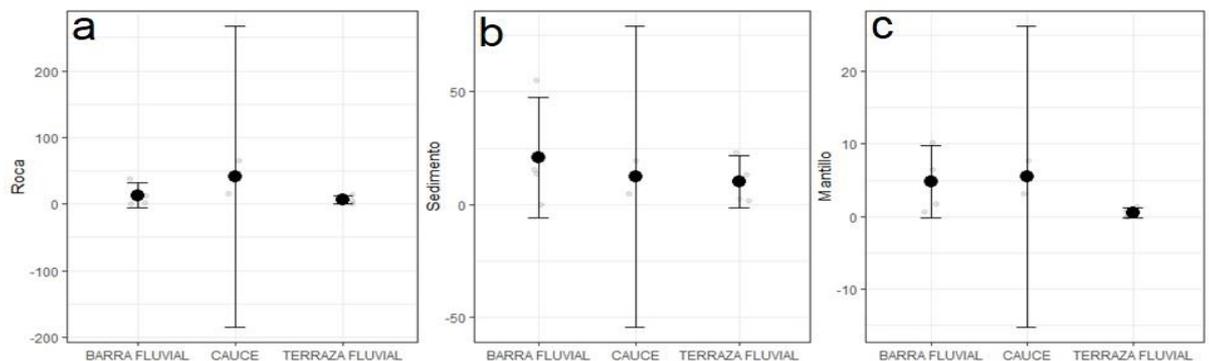


Figura 17. Análisis de las propiedades superficiales de las geofomas fluviales de la subcuenca del río de los Pájaros Bobos (a: roca (%), b: sedimento (%), c: mantillo (%)). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

2023

Subcuenca arroyo Alegre

La cobertura de roca fue mayor en barras que en terrazas ($p=0,017$; $t=2,86$ Fig. 18 a). Los resultados para el análisis estadístico de las variables superficiales cobertura de sedimentos ($p=0,45$; $t=0,83$) y cobertura de mantillo ($p=0,10$; $t=2,12$), no muestran diferencias significativas entre unidades geomorfológicas fluviales registradas en la subcuenca del arroyo Alegre (Fig. 18 b y c).

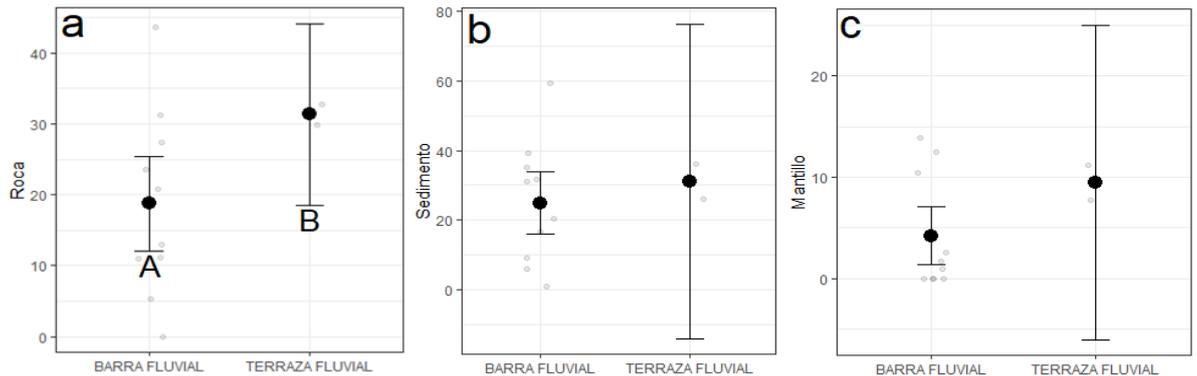


Figura 18. Análisis de las propiedades superficiales de las geofomas fluviales de la subcuenca del arroyo Alegre (a: roca (%), b: sedimento (%), c: mantillo (%)). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

5. 4. Características de las comunidades de vegetación asociadas a las geofomas por subcuenca

Subcuenca del río Ancho

Los porcentajes promedios de la cobertura de vegetación en las distintas unidades fluviales fueron: barras 68,2%, cauces 60,1%, y en terrazas 96,7%. Se observa que en las barras fluviales la especie *Hualiana colletioides* es la especie dominante con una cobertura superior al 29%. Mientras que, en las terrazas fluviales, las especies dominantes son *Schinus fasciculata* y *Neltuma chilensis* con 37,4% y 26,2% respectivamente. En los cauces del río Ancho, las especies dominantes son *H. colletioides* (19,6%) y *B. retamoides* (18,1%).

No se encontraron diferencias significativas entre las unidades geomorfológicas fluviales del río Ancho para la cobertura de plantas ($p=0,17$; $f=3,62$; Fig. 19 a);

2023

diversidad ($p=0,77$; $f=0,28$; Fig. 19 b) ni riqueza ($p=0,46$; $f=1,00$; Fig. 19 c). Respecto a la riqueza de especies, las barras fluviales presentaron un promedio de 9 especies, mientras los cauces 7, seguido por las terrazas con 5 especies.

La diversidad de especies fue mayor para las barras fluviales (1,92), seguido por las terrazas fluviales (1,7) y por último los cauces (1,37).

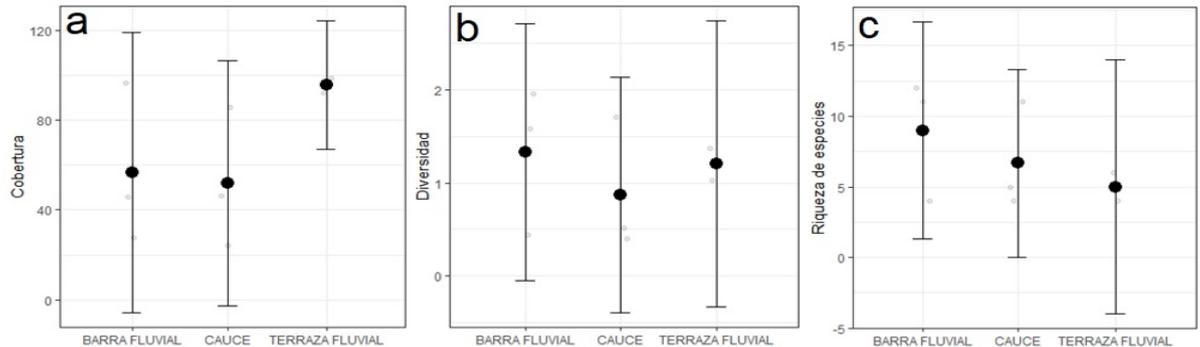


Figura 19. Análisis de las características de las comunidades de vegetación dentro de las geoformas fluviales de la subcuenca del río Ancho (a: cobertura de la vegetación (%), b: diversidad (índice de Sahnnon), c: riqueza de especies). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

Subcuenca del río de los Papagallos

La cobertura vegetal muestra diferencias significativas entre unidades geomorfológicas fluviales cauce y terrazas ($p=0,0009$; $f=21,22$) (Fig. 20 a). Por otro lado, la vegetación no presenta diferencia significativa en diversidad ($p=0,51$; $f=0,72$), ni en la riqueza de especies ($p=0,14$; $f=2,53$) (Fig. 20 b y c).

En el análisis de datos podemos observar que en las barras y terrazas fluviales la especie *L. divaricata* es la especie dominante con una cobertura superior al 35% y 17,7% respectivamente. Mientras que, en los cauces fluviales, la especie dominante es *Senecio subulatus* con 11,9%.

Respecto a la riqueza de especies el mayor número se encontró en una barra (14 especies). Las barras fluviales presentaron un promedio de 8,6 especies, las terrazas 9,6 y el cauce 6,2 especies.

La diversidad de Shannon para las diferentes geoformas mostraron el mayor valor en terrazas (1,86).

2023

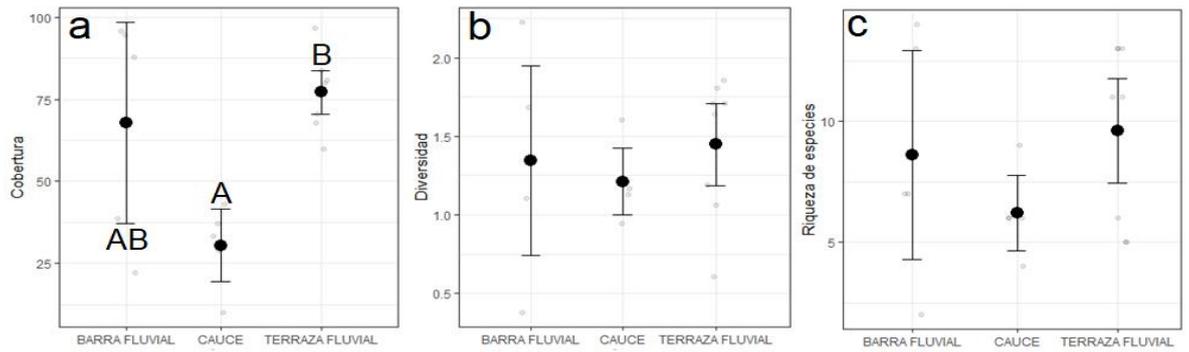


Figura 20. Análisis de las características de las comunidades de vegetación dentro de las geoformas fluviales de la subcuenca del río de los Papagallos (a: cobertura de la vegetación (%), b: diversidad (índice de Sahnnon), c: riqueza de especies). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

Subcuenca del río de los Pájaros Bobos

La vegetación no muestra diferencias significativas entre unidades geomorfológicas fluviales del río de los Pájaros Bobos: cobertura de plantas ($p=0,33$; $f=1,72$) (Fig. 21 a); diversidad ($p=0,23$; $f= 2,96$) (Fig. 21 b) y riqueza ($p=0,41$; $f=1,32$) (Fig. 21 c).

Sin embargo, en el relevamiento de campo, se observa que la especie *L. divaricata* es la más abundante en todas las geoformas con una cobertura del 33,9% en barras, 22,9% en terrazas, y de un 9,6% en cauces.

Los valores más altos de cobertura vegetal se encontraron en barras y terrazas con un promedio del 96%. Sin embargo, en promedio la cobertura en cauces es de un 43,5%.

Respecto a la riqueza de especies, las barras fluviales presentaron un promedio de 9,2 especies, las terrazas 12,2 y el cauce 7,5 especies.

La diversidad de Shannon mostró el mayor valor en un cauce (1,96).

2023

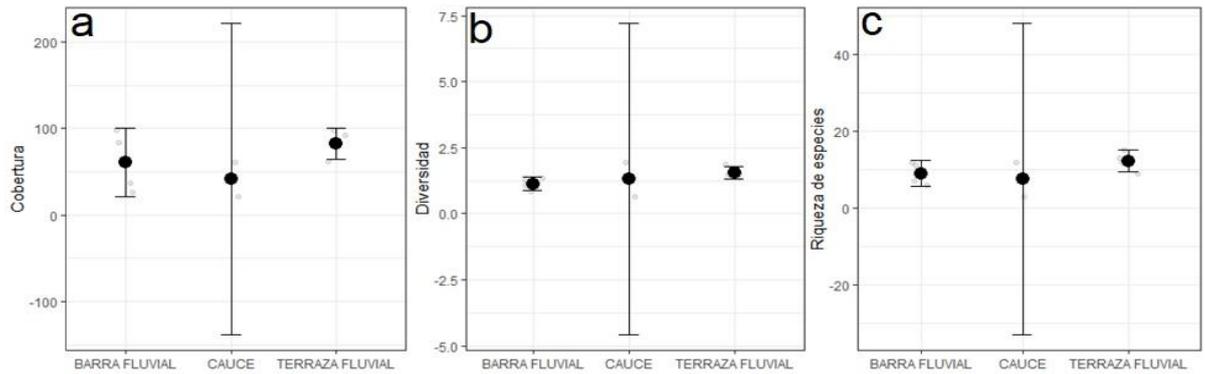


Figura 21. Análisis de las características de las comunidades de vegetación dentro de las geoformas fluviales de la subcuenca del río de los Pájaros Bobos (a: cobertura de la vegetación (%), b: diversidad (índice de Sahnnon), c: riqueza de especies). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar.

Subcuenca del arroyo Alegre

Se encontró diferencias en la cobertura de vegetación entre las terrazas y las barras ($p=0,04$; $t=-2,38$, Fig. 22 a). La diversidad de la vegetación no muestra diferencias significativas entre las geoformas ($p=0,75$; $t=0,36$, Fig. 22 b), así como tampoco la riqueza de especies ($p=0,08$; $t=-1,97$ Fig. 22 c).

En el análisis de los datos de campo, se observó que la cobertura de las especies muestra valores muy diferentes entre las barras (58,8%) y entre las terrazas (27,8%). En cuanto a la dominancia de especies muestra que, tanto en barras como en terrazas fluviales, la especie más abundante es la *L. cuneifolia* con 33,1% y 15,7% respectivamente.

Respecto a la riqueza de especies, las barras fluviales presentaron un valor máximo de 13 especies, pero en promedio se registraron 8 especies. Por otro lado, en terrazas el promedio fue de 5,5 especies.

La diversidad de vegetación fue mayor en la barra fluvial (1,77) comparado con la terraza (1,3).

2023

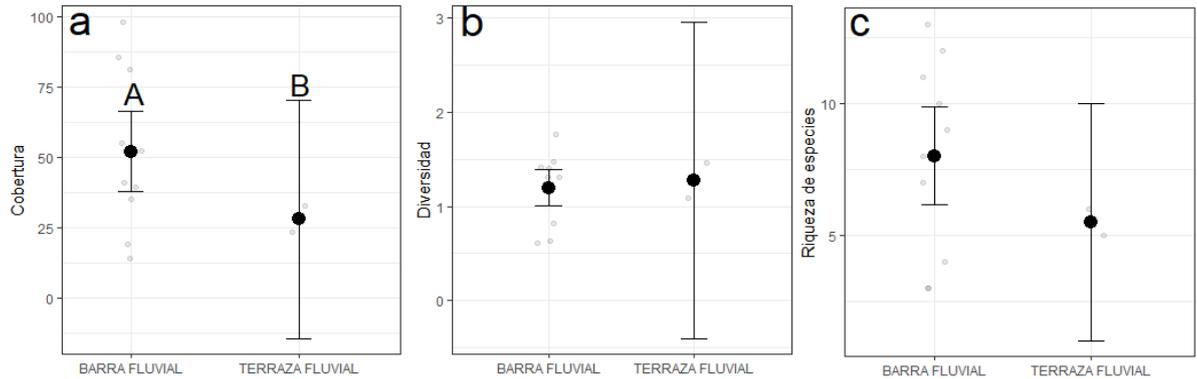


Figura 22. Análisis de las características de las comunidades de vegetación dentro de las geoformas fluviales de la subcuenca del arroyo Alegre (a: cobertura de la vegetación (%), b: diversidad (índice de Sahnnon), c: riqueza de especies). Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

5. 5. Subcuencas que forman la cuenca del río Seco de la Ciénaga

5. 5. 1. Caracterización de la topografía de cada subcuenca

Morfometría

- a) Índice de humedad topográfica:** los valores del índice topográfico de humedad indican que las zonas más húmedas de las subcuencas y de la cuenca del río Seco de la Ciénaga, corresponden a los cauces actuales y activos. En el caso de las subcuencas, las zonas más húmedas están limitadas al afloramiento rocoso de la Precordillera Central y Oriental, sin embargo, la cuenca del río Seco de la Ciénaga, nace en la parte baja del valle cuyo cauce es ancho superando los 1000 m en algunos casos. A pesar de estas diferencias topográficas, no existen diferencias significativas en cuanto a los valores de TWI entre las subcuencas y el río Seco de la Ciénaga ($p=0,17$; $f=1,76$) (Fig. 23 a).
- b) Índice de rugosidad del terreno:** los valores más elevados de este parámetro están vinculados o asociados a las zonas con alta pendiente como el ambiente fluvial que circula entre las serranías que componen las subcuencas. Los valores más altos se encontraron en el río Ancho (2,77), por otro lado, la llanura de inundación del río de los Pájaros Bobos, presenta los valores más bajos de rugosidad (0,08). Sin embargo, la rugosidad muestra diferencia significativa ($p=$

2023

0,01; $f=3,86$) (Fig. 23 b). Entre la cuenca del río Seco de la Ciénaga y la subcuenca de los Pájaros Bobos.

c) Pendiente: no se registraron diferencias significativas en los valores de pendientes entre las subcuencas y el río Seco ($p=0,11$; $f=2,12$), (Fig. 23 c).

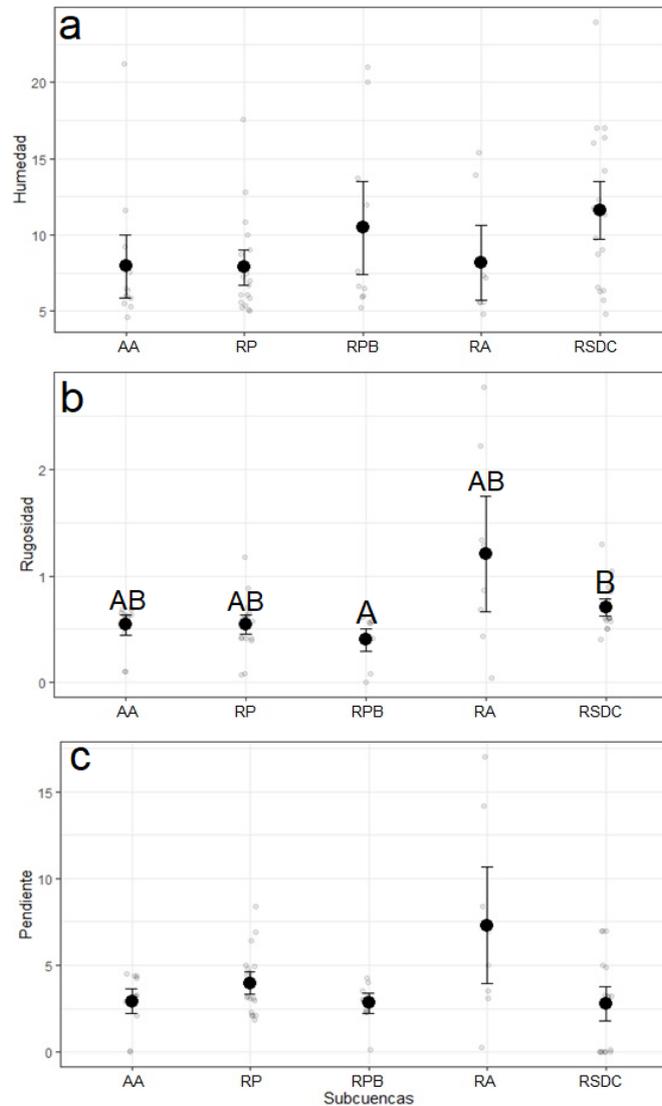


Figura 23. Variación de los parámetros topográficos entre las subcuencas y de la cuenca del río Seco de la Ciénaga (a: índice de humedad topográfica, b: índice de rugosidad, c: pendiente). Pie de gráficos: AA: subcuenca arroyo Alegre; RP: subcuenca río de los Papagallos; RPB: subcuenca del río de los Pájaros Bobos; RSDC: cuenca del río Seco de la Ciénaga. Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

2023

5. 5. 2. Parámetros superficiales de las distintas subcuencas

a) **Cobertura de rocas superficiales:** no existen diferencias significativas en cuanto a la cobertura de rocas en la superficie entre las unidades geomorfológicas fluviales de las subcuencas y del río Seco de la Ciénaga ($p=0,57$; $f=0,74$) (Fig. 24 a). Sin embargo, los valores de cobertura pueden superar el 62% en las unidades y, en otros casos, llegar al 1%.

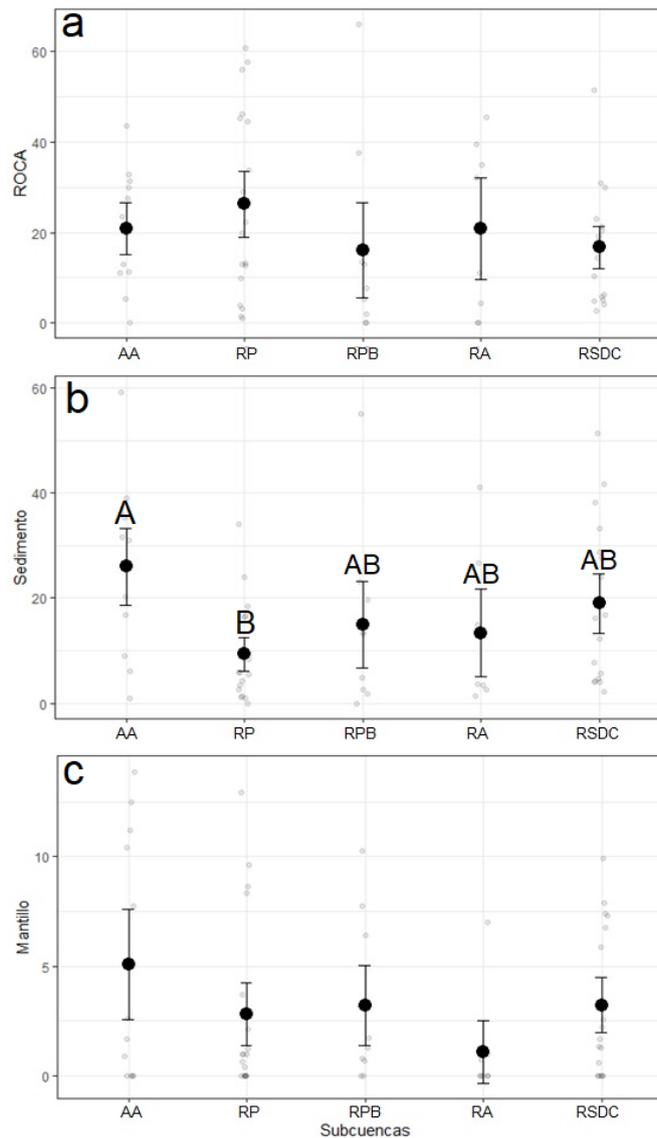


Figura 24. Variación de los parámetros superficiales entre las subcuencas y de la cuenca del río Seco de la Ciénaga (a: roca (%), b: sedimento (%), c: mantillo (%)). Pie de gráficos: AA: subcuenca arroyo Alegre; RP: subcuenca río de los Papagallos; RPB: subcuenca del río de los Pájaros Bobos; RSDC: cuenca del río Seco de la Ciénaga. Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

- b) Cobertura de sedimentos finos superficiales:** los sedimentos finos que se encuentran entre los fragmentos de rocas superficiales brindan una excelente información en cuanto a procesos erosivos e hidrológicos. En este estudio, si se presenta diferencia significativa ($p=0,04$; $f=2,97$) (Fig. 24 b). Esta se da entre las unidades geomorfológicas de las subcuencas del arroyo Alegre y las del río de los Papagallos. La cobertura de sedimentos finos es mayor en las unidades geomorfológicas fluviales del arroyo Alegre que las demás subcuencas. Las unidades del río Seco de la Ciénaga, presentan valores altos, pero a pesar de ser un río de mayor categoría que los demás, no presenta diferencias significativas con las subcuencas.
- c) Cobertura de mantillo:** Los valores de este parámetro superficial, en general, siempre obtuvieron valores muy bajos comparados con los parámetros superficiales descritos arriba. Los valores medios de esta variable en ningún caso superan el 4% (Fig. 24 c). La cobertura de mantillo no muestra diferencias significativas entre las subcuencas y el río Seco de la Ciénaga ($p=0,24$; $f=1,46$).

5. 5. 3. Cobertura vegetal, diversidad y riqueza de especies vegetales en las subcuencas

- a) Cobertura de vegetación:** los valores para esta variable superan el 81% para todas las cuencas y el río Seco de la Ciénaga. No se encontraron diferencias significativas para la cobertura de la vegetación entre las unidades geomorfológicas ($p=0,62$; $f=0,67$) (Fig. 25 a). *Larrea divaricata* es la especie con mayor cobertura registrada en todas las transectas en este estudio, con valores máximos que superan los 40%, mientras que *Baccharis retamoides* y *Larrea cuneifolia* tiene coberturas máximas entre 10 y 32% respectivamente. *Zuccagnia punctata* tiene coberturas altas (>46%) pero solamente en una subcuenca (río de los Pájaros Bobos).
- b) Diversidad:** se encontraron diferencias significativas en la diversidad entre las subcuencas ($p=0,006$; $f=4,68$). Específicamente, entre la cuenca del río Seco de la Ciénaga y la subcuenca del arroyo Alegre ($p=0,03$; $f=4,67$); la subcuenca del río de los Papagallos ($p=0,03$; $f=0,02$) y el río de los Pájaros Bobos ($p=0,01$, $f=0,08$). Cabe destacar que la cuenca del río Seco de la Ciénaga, es la que

2023

menor diversidad posee, mientras que el río de los Papagallos presenta la mayor diversidad (Fig. 25 b).

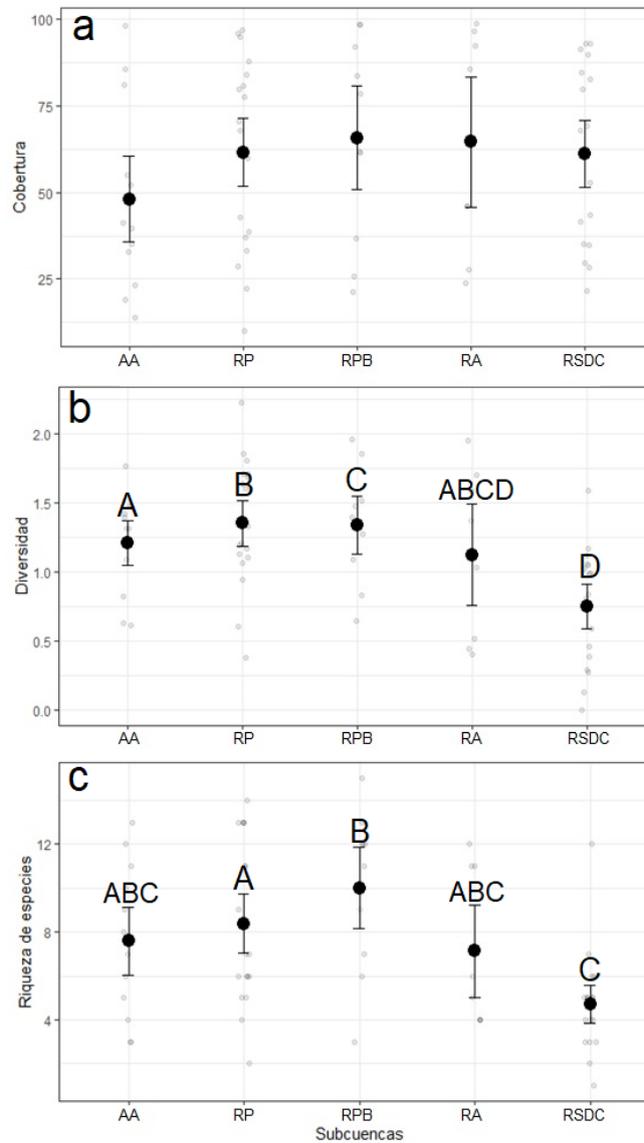


Figura 25. Variación de las características biológicas entre las subcuencas y de la cuenca del río Seco de la Ciénaga (a: cobertura vegetal (%), b: diversidad (índice de Shannon), c: riqueza de especies). Pie de gráficos: AA: subcuenca arroyo Alegre; RP: subcuenca río de los Papagallos; RPB: subcuenca del río de los Pájaros Bobos; RSDC: cuenca del río Seco de la Ciénaga. Los puntos representan el valor medio de la variable, y las barras hacen referencia al error estándar. (Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa).

c) Riqueza de especies: la riqueza total es de 81 especies. En un análisis más detallado, el río Seco de la Ciénaga tiene una riqueza de 27 especies, el arroyo Alegre 22 mientras el resto de las subcuencas poseen valores más elevados:

59 especies en el río de los Papagallos, 42 en el río de los Pájaros Bobos y en el río Ancho se registraron 32 especies.

Por otra parte, la riqueza de especies entre las subcuencas muestra diferencias significativas ($p=0,002$; $f=5,57$). Estas diferencias fueron entre el río Seco de la Ciénaga y el río de los Pájaros Bobos ($p=0,009$; $f=1,22$), y entre el río Seco y el río de los Papagallos ($p=0,02$; $f=0,6$) (Fig. 25 c).

5. 6. Propiedades de las geoformas fluviales (barras, cauces, terrazas) de las subcuencas

El análisis geomorfológico a escala detallada (escala 1:15.000) permitió identificar y clasificar las geoformas fluviales como: terrazas, cauces y barras. Cabe aclarar que, en la subcuenca del arroyo Alegre no se tomó muestras en los cauces, debido a que a nivel de terreno no tenían el tamaño adecuado para realizar la toma de datos. En la tabla 4, se muestran los resultados obtenidos para las diferentes geoformas fluviales de cada una de las subcuencas, como así también parámetros superficiales y variables biológicas.

Tabla 4. Parámetros superficiales y variables biológicas de las diferentes unidades geomorfológicas de las subcuencas y de la cuenca del río Seco de la Ciénaga.

SUBCUENCA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	Parámetros superficiales			variables biológicas		
		Porcentaje (%)				Promedio	
		Roca	Sedimento	Mantillo	Cobertura	Riqueza	Diversidad
ARROYO ALEGRE	BARRA	18,7	25,0	4,2	52,1	8	1,2
	TERRAZA	31,3	31,2	9,5	28,0	6	1,3
RÍO DE LOS PÁJAROS BOBOS	CAUCE	40,9	12,3	5,5	61,1	9	1,1
	BARRA	13,1	21,0	4,8	41,4	8	1,3
	TERRAZA	6,6	10,2	0,5	82,7	12	1,6
RÍO DE LOS PAPAGALLOS	CAUCE	47,3	16,0	6,3	30,4	6	1,2
	BARRA	22,3	7,2	2,7	77,1	10	1,4
	TERRAZA	15,7	6,4	0,7	67,8	9	1,3
RÍO ANCHO	CAUCE	28,5	19,3	0,3	56,7	9	1,3
	BARRA	25,8	15,1	2,3	95,5	5	1,2
	TERRAZA	2,2	1,9	0,4	51,9	7	0,9
RÍO DE LA CIÉNAGA	CAUCE	17,5	23,6	1,6	71,9	6	0,9
	BARRA	37,3	22,2	8,9	57,3	4	0,7
	TERRAZA	10,8	14,2	3,2	31,6	3	0,4

2023

En los parámetros superficiales podemos observar que la mayor cobertura de roca se presenta en los cauces de los ríos de los Papagallos (47,3%) y el de los Pájaros Bobos (40,9%). En el caso de la cobertura de sedimento, los valores más altos se encontraron en el arroyo Alegre, en ambas unidades geomorfológicas (terrazza 31,2% y barra 25%). Los resultados de los porcentajes promedio para la cobertura de mantillo se mantienen bajos en general, los valores más elevados se registraron en la terraza del arroyo Alegre y en la barra del río Seco de la Ciénaga.

Por otro lado, las variables biológicas como la cobertura vegetal mostraron los mayores valores para la barra del río Ancho (95,5%) y la terraza del río de los Pájaros Bobos. Para la variable riqueza el mayor valor se registró en terrazas del río de los Pájaros Bobos (en promedio 12 especies), coincide también con el mayor el mayor valor presente en diversidad (1,6), seguido por la barra del río de los Papagallos (10 especies) al cual le corresponde un valor de 1,4 en diversidad.

En la tabla 5, se pueden observar los porcentajes más altos de coberturas por especies por unidad geomorfológica. La especie con mayor cobertura es *L. divaricata*, seguida por *B. retamoides*.

Tabla 5. Porcentaje de cobertura de las especies más abundantes por unidad geomorfológica.

Especie	Hábito	COBERTURA (%)		
		TERRAZA	BARRA	CAUCE
<i>Larrea divaricata</i>	Arbusto	22,38	24,46	41,31
<i>Larrea cuneifolia</i>	Arbusto	0	19,38	0
<i>Baccharis retamoides</i>	Subarbusto	18,02	6,17	16,12
<i>Aphyllocladus sanmartinianus</i>	Arbusto	0	0	12,42
<i>Hualania colletioides</i>	Arbusto	0	5,38	5,58
<i>Senecio subulatus</i>	Arbusto	0	0	5,51
<i>Bulnesia retama</i>	Arbusto	9,97	8,42	0
<i>Schinus fasciculata</i>	Arbusto	9,13	0	0
<i>Neltuma chilensis</i>	Árbol	5,51	5,71	0
<i>Zuccagnia punctata</i>	Arbusto	5,08	5,21	0

5. 7. Mapas de las subcuencas

Los mapas de las subcuencas muestran: orientación de laderas, rugosidad del terreno, pendiente y humedad topográfica. También se observa la ubicación de los puntos de muestreo (Fig. 26, 27, 28 y 29).

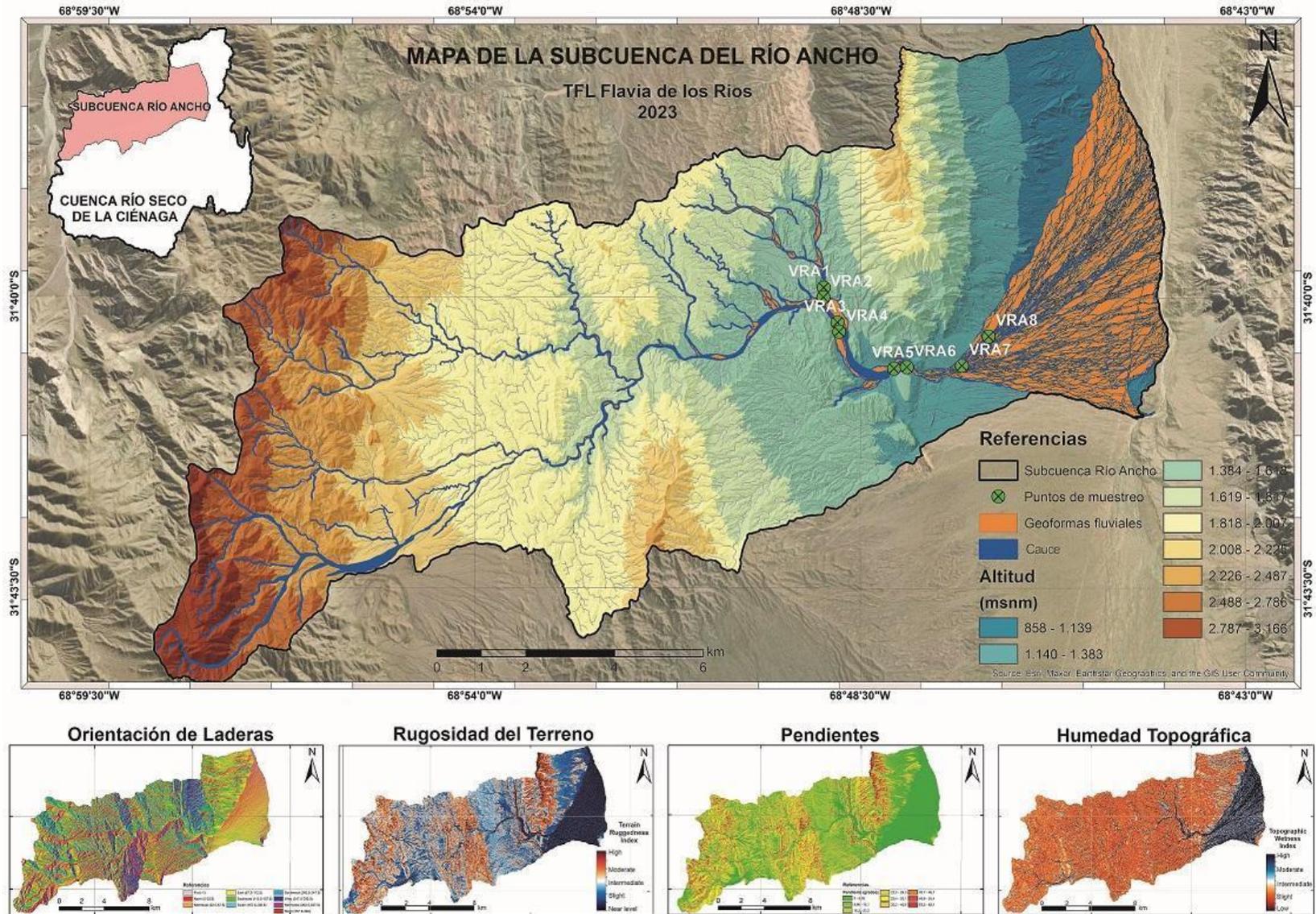


Figura 26. Mapa de la subcuenca del río Ancho.

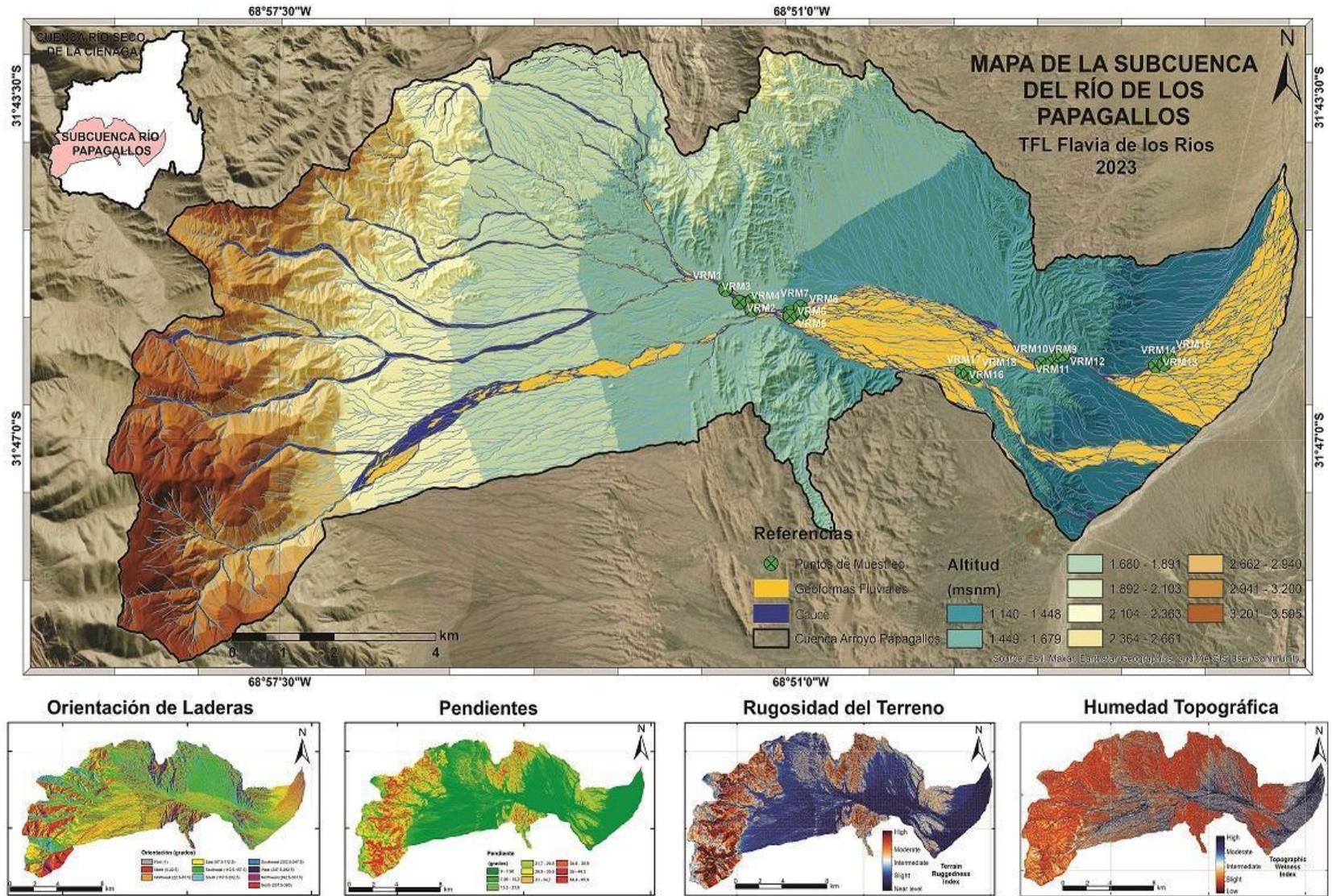


Figura 27. Mapa de la subcuenca del río de los Papagallos.

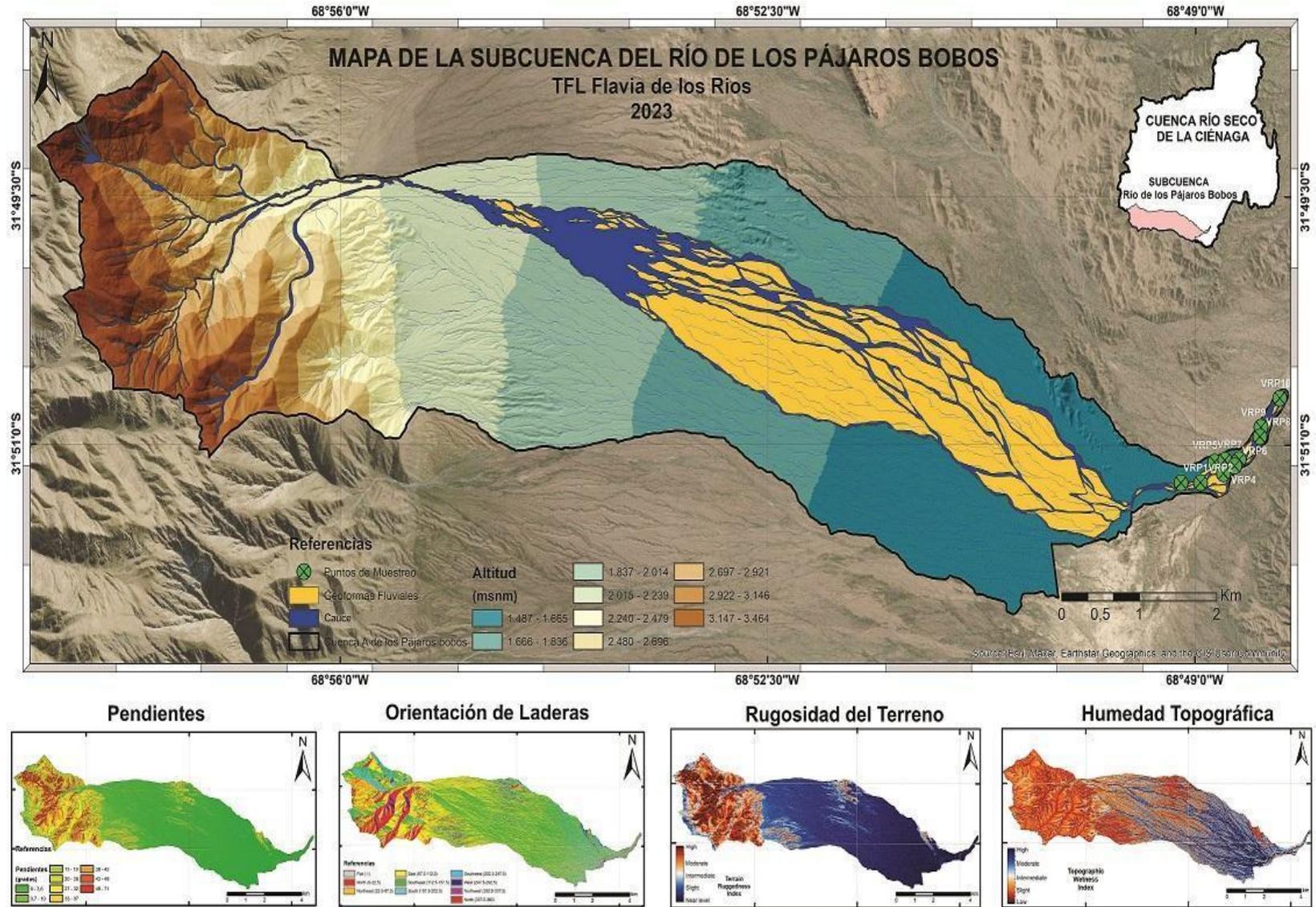


Figura 28. Mapa de la subcuenca del río de los Pájaros Bobos.

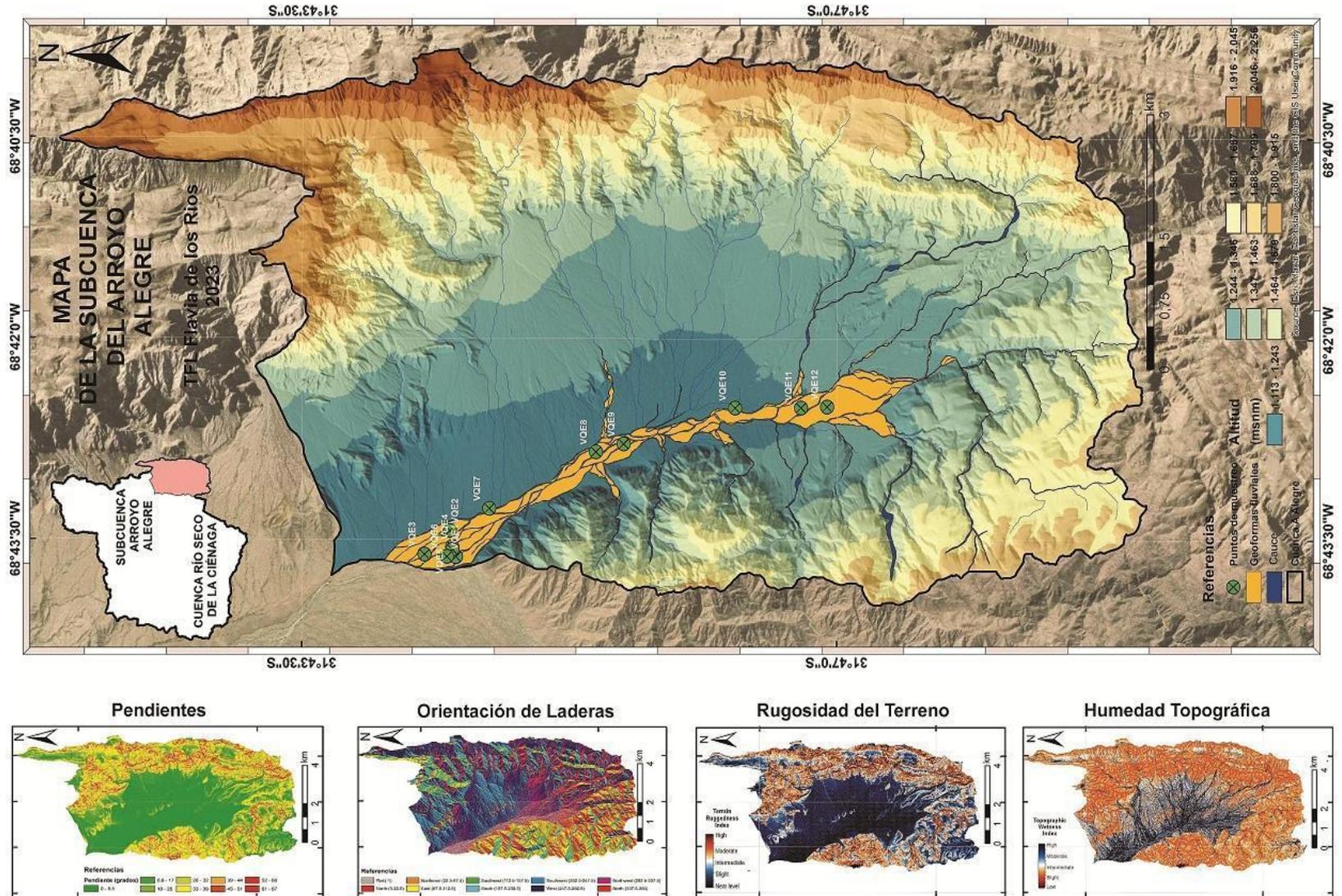


Figura 29. Mapa de la subcuenca del arroyo Alegre.

6. DISCUSIÓN

Numerosos artículos han descrito el patrón de vegetación en diversas áreas de la provincia fitogeográfica del Monte a diferentes escalas y luego lo han relacionado con diferentes factores como condiciones geomorfológicas, geológicas, hidrológicas y climatológicas, entre otras (Morello, 1958; Bisigato y Bertiller, 1997; Ares *et al.*, 2003; Rossi y Villagra, 2003).

Los resultados obtenidos en este trabajo, muestran que las propiedades como el índice de rugosidad del terreno, el índice de humedad, y pendiente; y las características superficiales de los depósitos afectan distintas características de las comunidades de la vegetación. Esta afirmación se basa en que, a escala regional, la cobertura de la vegetación no parece estar controlada por la forma de la cuenca y la morfometría, pero si la diversidad y la riqueza de especies. Estos resultados pueden comprenderse teniendo en cuenta lo expresado por Crawley y Harral (2001) y Gillson (2004), donde mencionan que la vegetación es heterogénea en una amplia gama de escalas espaciales que varían en una región. Los factores abióticos, como las diferencias en la topografía, la hidrología, la geología y las precipitaciones, son en gran parte responsables de la heterogeneidad a escala regional y de paisaje (Bisigato *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos no muestran diferencias en la cobertura de la vegetación entre las subcuencas. La cobertura es una medida del crecimiento de las plantas, que está asociada a la disponibilidad de agua en el ambiente (humedad) (Hupp y Osterkamp, 1996) y esta variable, a su vez, está íntimamente relacionada con la pendiente (Dent *et al.*, 2001; Wroblicky *et al.*, 1998). Asimismo, no se detectaron diferencias significativas entre los índices de humedad y la pendiente, por tanto, en las subcuencas, los patrones de la cobertura de vegetación riparia podrían estar estrechamente relacionados con los patrones de disponibilidad de agua y la variación de la pendiente.

Burnett y colaboradores (1998), mencionan que la riqueza y diversidad de especies de árboles y arbustos es mayor en sitios con alta heterogeneidad geomorfológica. Además, demuestran que existe una asociación íntima entre diversidad biótica y las propiedades del terreno. Nuestros resultados muestran diferencias en el índice de

2023

rugosidad del terreno en las subcuencas en donde, también, observamos que la riqueza y diversidad son diferentes. Con lo cual, estas variables podrían estar relacionadas.

La cuenca del río Seco de la Ciénaga presenta la pendiente más baja, sin embargo, posee menos diversidad y riqueza de especies. Esto puede deberse a la frecuencia de aluviones y arrastres de sedimentos que se producen con los pulsos de lluvia y, como resultado, impediría el establecimiento y crecimiento de algunas especies. Cooke *et al.* (1998) mencionan que los accidentes geográficos hidrológicamente activos se caracterizan por superficies rugosas con clastos mal clasificados combinados con pendientes pronunciadas, lo que aumenta el potencial de deposición y retención de sedimentos. Sin embargo, Flores y colaboradores (2019) afirman que los sitios con baja pendiente son sitios propicios para el establecimiento y desarrollo de especies cactáceas y herbáceas que podrían explicar los valores altos de riqueza. Este patrón que relaciona la baja pendiente con altos valores de diversidad y riqueza no se observó en el presente estudio, esto podría deberse a que, el trabajo antes mencionado, se realizó en cuencas de piedemonte y sus características morfométricas son diferentes a la de esta cuenca ubicada en un valle fluvial intermontano.

Hupp y Rinaldi (2007), realizaron un estudio en ecosistemas fluviales del norte de Italia, encontraron que la riqueza de especies aumenta desde el lecho del canal hasta la terraza. Además, afirman que la riqueza de especies es mayor en los tipos de canales con mayor heterogeneidad geomórfica. Nuestros resultados no muestran diferencias significativas en la riqueza de especies entre las geoformas fluviales. Esto podría deberse a que las especies del desierto del Monte poseen una amplia distribución independientemente del ambiente (fluviales, aluviales, eólicos) a escala regional (Cabrera, 1994; Bisigato *et al.*, 2009; Flores *et al.*, 2021). Sin embargo, se detectaron diferencias significativas en la cobertura vegetal entre barras, terrazas y cauces de las subcuencas del arroyo Alegre y río de los Papagallos. Estas diferencias en la cobertura podrían ser el resultado de la disponibilidad de agua superficial en las subcuencas a escala local. Durante el trabajo de campo, se observó que en el arroyo Alegre y el río de los Papagallos, circulaba agua por el cauce principal, aunque de bajo caudal y con poco poder erosivo (seguramente debido a que no había llovido en

2023

esos días), esta humedad podría estar favoreciendo un aumento de la cobertura de la vegetación en estas subcuencas.

Las barras fluviales son geoformas muy dinámicas debido a que están expuestas a una constante modificación de su superficie y forma por los eventos fluviales que, en nuestro caso, son temporales y vinculados a las precipitaciones estivales. Esta dinámica se debe a, según Van der Meij *et al.* (2018), que los procesos geomórficos erosivos cambian la morfología de la superficie al remover, redistribuir y depositar sedimentos. Estos cambios crean indirectamente “nuevos” sitios para el establecimiento de especies herbáceas y cactáceas anuales aumentando la riqueza y diversidad del sitio. Nuestros resultados indican que las barras fluviales tienen la cobertura más alta de mantillo y están dominadas por especies arbustivas de la familia Zigophyllaceae, mientras que el estrato herbáceo, de suculentas y el arbóreo poseen coberturas bajas. Estos resultados coinciden con lo expresado por Corenblit *et al.* (2020) donde mencionan que estas unidades geomorfológicas, de baja elevación e inestables, son colonizadas por pastos pioneros, arbustos y plántulas de árboles pioneros.

Las terrazas fluviales, son geoformas más estables que las barras y, en algunos casos, los eventos hidrológicos asociados a precipitaciones, no llegan a ser significativos como para modificar su forma. Hupp y Rinaldi (2007) mencionan que las llanuras aluviales originales de la mayoría de los ríos se han visto afectadas por procesos de degradación, que hidrológicamente los convierten en terrazas. El rasgo más característico de las terrazas, es su tendencia a sustentar plantas que se encuentran en llanuras aluviales. Por lo tanto, las terrazas especialmente bajas pueden sustentar algunas especies de llanuras aluviales. Nuestros resultados indican que las especies dominantes en las terrazas pertenecen al estrato arbustivo (*L. divaricata* y *B. retamoides*), ambas especies presentes en toda la llanura aluvial de los ríos principales de las subcuencas.

En los cauces fluviales solo se encuentra el 28% de las especies relevadas en este estudio, por otro lado, estas unidades geomorfológicas poseen la cobertura de roca y sedimentos más elevada. Esto puede explicarse, según lo expresado por Corenblit *et al.* (2007) donde mencionan que los principales parámetros hidrogeomórficos que controlan la sucesión de la vegetación en canales fluviales, son los regímenes de flujo

2023

y transporte de sedimentos, la erosión y deposición de sedimentos, la textura de los sedimentos y la topografía. Esto puede traer como consecuencia efectos como la modificación del hábitat y/o la destrucción parcial o total de la vegetación adulta. Todo esto depende del gradiente de perturbación hidrogeomórfica que controla la frecuencia, la amplitud y el momento de las inundaciones y los procesos fluviales asociados (Fig. 30).



Figura 30. Río Seco de la Ciénaga, Zonda. Geomorfología fluvial. T: terraza, B: barra, C: cauce (Foto: Flavia de los Rios).

Relación entre los parámetros morfométricos, las características superficiales y las propiedades de la comunidad de la vegetación.

El ambiente fluvial (canales, llanuras aluviales, riberas) siempre ha sido un foco clave para la investigación biológica - geomorfológica (disciplina llamada Biogeomorfología) y, recientemente se han publicado varias revisiones que resumen el progreso en estas áreas (Thomas *et al.*, 2014; Atkinson *et al.*, 2018). El estado del arte muestra un crecimiento de la investigación a diferentes escalas y un enfoque cada vez mayor en los vínculos entre escalas (Viles, 2020). En este trabajo, se observó que la dinámica ecológica de las comunidades de la vegetación en las subcuencas y del río Seco de la Ciénaga están sujetas a la disponibilidad de agua ya que esta varía de una

2023

subcuenca a otra y está asociada a los eventos hídricos de la región. Bornette y colaboradores (2008) mencionan que estos cambios pueden ser espaciales (tanto en distancias cortas como en la formación de unidades geomorfológicas), como temporales (erosión y creación de barras fluviales, migración de canales activos). Como consecuencia, las adaptaciones de la historia de vida de las plantas al ciclo “humedad-sequía” muestra marcadas diferencias en función de la distancia respecto al canal activo (donde circulan los mayores caudales) y a la elevación topográfica sobre dichos canales, lo que permitirá a las plantas, el poder acceder a la humedad del canal. En la figura 31, se resumen las relaciones observadas en este trabajo.

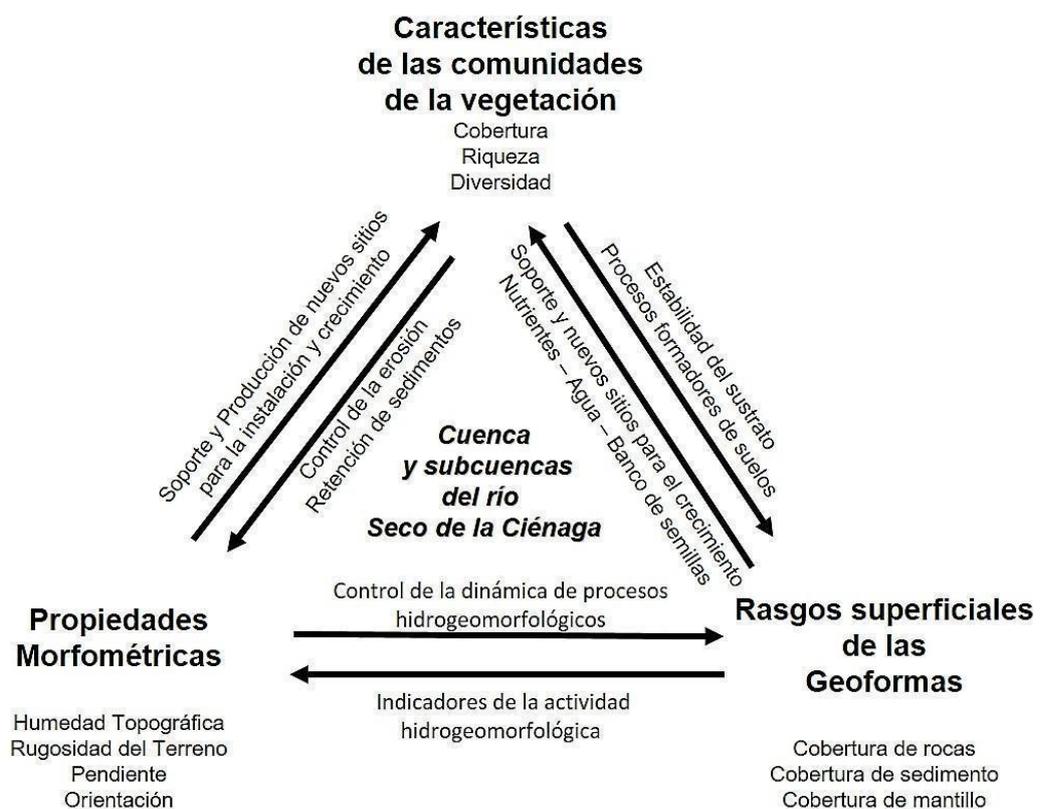


Figura 31. Esquema que resume las relaciones entre las propiedades morfométricas, los rasgos superficiales y las características de las comunidades de la vegetación en la zona de trabajo.

6. CONCLUSIÓN

Los índices utilizados en el diseño de mapeo, fueron útiles a escala regional, pero a escala detallada no siempre lo observado en los mapas coincidió con lo registrado en

2023

el campo. Particularmente, esto se observó en la subcuenca del arroyo Alegre, donde el análisis preliminar permitió identificar cauces, los cuales resultaron ser muy pequeños, además de estar cubiertos de sedimento y vegetación, con lo cual se hizo difícil la delimitación de esta geoforma. A pesar de que se utilizaron imágenes raster de 5 m x 5 m, no resultaron ser representativas a la hora de los análisis estadísticos. Por esto se recomienda corroborar los datos obtenidos de manera digital mediante visitas a la zona de estudio. Además, se podrían utilizar raster de diferentes resoluciones para poder comparar los resultados obtenidos.

La cobertura de la vegetación es similar en todas las subcuencas estudiadas, esto puede deberse a que todas las subcuencas han sufrido los mismos procesos evolutivos geomorfológicos e hidrológicos, y actualmente están bajo la misma influencia hidrogeodinámica regional. El conocimiento sobre el comportamiento de las comunidades vegetales dentro de los cauces, podría seguir siendo una fuente de futuros estudios. Estos podrían ser útiles en el momento de la toma de decisiones sobre los manejos que se realicen en estas zonas, como caminos, canales de agua para cultivos, etc.

La riqueza y la diversidad de especies a escala de geoformas fluviales, pueden estar controladas por los rasgos superficiales como la cobertura de rocas y de sedimentos finos, debido a que la dinámica hídrica y sedimentológica, contribuyen a la creación de sitios para el establecimiento y desarrollo de las diferentes especies. Desde el punto de vista ecológico, una vez establecidas las plantas, comienzan a actuar los procesos de sucesión que son los responsables de regular la dinámica de las comunidades de la vegetación.

En la cuenca y subcuencas del río Seco de la Ciénaga, existe una estrecha relación entre las propiedades geomorfológicas, los rasgos superficiales de las geoformas y las características de las comunidades de la vegetación. La dinámica de la vegetación está estrechamente vinculada con la dinámica hídrica de la región que, a su vez, puede estar controlada por las propiedades del relieve como la pendiente. Esto, visto a grandes rasgos, determina que la vegetación es sensible a los procesos erosivos regionales y locales. Sería necesario respaldar esto, con otros estudios en los cuales los puntos de muestreo tuvieran mayor diferencia en las propiedades de relieve.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, J. E. (1966). Influence of mulches on runoff, erosion, and soil moisture depletion. *Soil Science Society of America Journal*, 30(1), 110-114.
- ALDAZ, J. M. C., VÁSCONEZ, N. X. L., COLCHA, D. F. C., ESPINOZA, V. M., & CUTIUPALA, G. M. A. (2021). Caracterización florística en zonas con alto potencial de recarga hídrica del páramo de ichubamba yasepan. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(9), 605-624.
- ALLAN, J. D., FLECKER, A. S. (1993). Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43(1), 32-43.
- ARES J, DEL VALLE H, BISIGATO A. (2003). Detection of process- related changes in plant patterns at extended spatial scales during early dryland desertification. *Global Change Biology*, 9(11), 1643-1659.
- ATKINSON, C.L., ALLEN, D.C., DAVIS, L., NICKERSON, Z.L. (2018). Incorporating ecogeomorphic feedbacks to better understand resiliency in streams: a review and directions forward. *Geomorphology* 305, 123–140. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.07.016>.
- BAILEY, R. G. (1996). *Ecosystem geography*. Springer-Verlag, New York, with separate maps of the oceans and continents at 1: 80,000,000.
- BAGSTAD, K. J., STROMBERG, J. C., LITE, S. J. (2005). Response of herbaceous riparian plants to rain and flooding on the San Pedro River, Arizona, USA. *Wetlands*, 25(1), 210-223.
- BALDIS, B. A., Y CHEBLI, G. (1969). Estructura profunda del área central de la Precordillera sanjuanina. *Jornadas Geológicas Argentinas*, 1(4), 47-65.
- BEASOM, S. L., WIGGERS, E. P., Y GIARDINO, J. R. (1983). A technique for assessing land surface ruggedness. *The Journal of Wildlife Management*, 47(4), 1163-1166.
- BISIGATO A, VILLAGRA P, ARES J ET AL. (2009). Vegetation heterogeneity in Monte Desert ecosystems: A multi-scale approach linking patterns and processes. *Journal of arid environments* 73 (2), 182-191.
- BISIGATO, A. J., Y BERTILLER, M. B. (1997). Grazing effects on patchy dryland vegetation in northern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 36(4), 639-653.

- BOCHET E, GARCÍA- FAYOS P. (2004). Factors controlling vegetation establishment and water erosion on motorway slopes in Valencia, Spain. *Restoration ecology*, 12(2), 166-174.
- BODENBENDER, G. (1902). Contribución al conocimiento de la Precordillera y de las Sierras Centrales de la República Argentina. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 18: 203-264.
- BORNETTE, G., TABACCHI, E., HUPP, C., PUIJALON, S., & ROSTAN, J. C. (2008). A model of plant strategies in fluvial hydrosystems.
- BURNETT, M. R., AUGUST, P. V., BROWN, J. H., KILLINGBECK, K. T. (1998). The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity I. A patch-scale perspective. *Conservation Biology*, 12(2), 363-370.
- CHANG, K. T., & TSAI, B. W. (1991). The effect of DEM resolution on slope and aspect mapping. *Cartography and geographic information systems*, 18(1), 69-77.
- CHORLEY, R. J. (1969). The elevation of the Lower Greensand ridge, south-east England. *Geological Magazine*, 106(3), 231-248.
- CORENBLIT, D., TABACCHI, E., STEIGER, J., & GURNELL, A. M. (2007). Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews*, 84(1-2), 56-86.
- CORENBLIT, D., VAUTIER, F., GONZÁLEZ, E., & STEIGER, J. (2020). Formation and dynamics of vegetated fluvial landforms follow the biogeomorphological succession model in a channelized river. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(9), 2020-2035.
- CONRAD O, BECHTEL B, BOCK M. *et al.* (2015). System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development* 8 (7), 1991-2007. <https://doi:10.5194/gmdd-8-2271-2015>
- COQUE, R., & JAUZEIN, A. (1967). The geomorphology and Quaternary geology of Tunisia. In *Guidebook to the Geology and History of Tunisia* (Vol. 3, pp. 227-257). Petroleum Exploration Society of Libya Tripoli.
- COOK, P. G., HATTON, T. J., PIDSLEY, D., HERCZEG, A. L., HELD, A., O'GRADY, A., & EAMUS, D. J. J. O. H. (1998). Water balance of a tropical woodland ecosystem, Northern Australia: a combination of micro-

meteorological, soil physical and groundwater chemical approaches. *Journal of Hydrology*, 210(1-4), 161-177.

- CRAWLEY, M. J., HARRAL, J. E. (2001). Scale dependence in plant biodiversity. *Science*, 291(5505), 864-868.
- DE PAULA FIORE, E. (2010). Análisis geomorfológico y evaluación del peligro de avenidas en la quebrada del río de la Ciénaga, departamento Zonda, provincia de San Juan. Inédito. Tesis de Licenciatura en Ciencias Geológicas. UNSJ Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales.
- DENT, C. L., GRIMM, N. B., FISHER, S. G. (2001). Multiscale effects of surface–subsurface exchange on stream water nutrient concentrations. *Journal of the North American benthological society*, 20(2), 162-181.
- DOBROWSKI SZ, SAFFORD HD, CHENG YB ET AL. (2008). Mapping mountain vegetation using species distribution modeling, image- based texture analysis, and object- based classification. *Applied Vegetation Science*, 11(4), 499-508.
- EL-KEBLAWY, A., ABDELFATTAH, M. A., & KHEDR, A. H. A. (2015). Relationships between landforms, soil characteristics and dominant xerophytes in the hyper-arid northern United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 117, 28-36.
- ESPER ANGILLIERI, M. Y., & PERUCCA, L. P. (2014). Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(2), 235-245.
- EVANS IS. (1972). General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. *Spatial analysis in geomorphology*, 17-90.
- EVANS JS, CUSHMAN A. (2009). Gradient modeling of conifer species using random forests. *Landscape ecology*, 24(5), 673-683.
- FLORES, D. 2008. Caracterización biológica del valle de Zonda. En: *Zonda, un oasis para Soñar*. Manzinni y Quiroga Ed. San Juan. 88pp.
- FLORES DG, SUVIRES G, DALMASSO A. (2015). Distribución de la vegetación nativa en ambientes geomorfológicos cuaternarios del Monte Árido Central de Argentina. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(1), 72-79.

- FLORES D, OCAÑA E, RODRÍGUEZ A. (2019). Relationships between landform properties and vegetation patterns in the Cerro Zonda Mt., Central Precordillera of San Juan. Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 96, 102359.
- FLORES, D., OCAÑA, R. E., & RODRÍGUEZ, A. I. (2021). Contribution of Landform Analysis to the Study of Vegetation in Arid Zones (Cerro Zonda, San Juan, Argentina). In *Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina: Proceedings of the Seventh Argentine Geomorphology and Quaternary Studies Congress* (pp. 120-153). Springer International Publishing.
- FRANKEL, K. L., & DOLAN, J. F. (2007). Characterizing arid region alluvial fan surface roughness with airborne laser swath mapping digital topographic data. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 112(F2).
- FRIEDMAN, J. M., SCOTT, M. L., & LEWIS, W. M. (1995). Restoration of riparian forest using irrigation, artificial disturbance, and natural seedfall. *Environmental Management*, 19, 547-557.
- GASPARI, F. J., RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M., SENISTERRA, G. E., DELGADO, M. I., & BESTEIRO, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. Series: Libros de Cátedra.
- GARDINI, C. E. (1993). La Estructura íntima del Basamento de la sierra de El Gigante. In San Luis: Mendoza, 12 Congreso Geológico Argentino and 2 Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Vol. 3, pp. 1-10).
- GILLSON, L. (2004). Evidence of hierarchical patch dynamics in an East African savanna? *Landscape Ecology*, 19, 883-894.
- GISBERT, F. J. G., & MARTÍ, I. C. (2010). Rugosidad del terreno: Una característica del paisaje poco estudiada. *Documentos de trabajo (Fundación BBVA)*, (10), 1.
- GONZÁLEZ BONORINO, G. (1991). Evolución comparada del margen atlántico de Norteamérica y de la Precordillera de Cuyo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 46(1), 10-19.
- GOUDIE, A. (Ed.). (2004). *Encyclopedia of geomorphology* (Vol. 2). Psychology Press.
- GRAVELIUS H. (1914). *Flusskunde*. Goschen Verlagshandlung, Berlin, 179 pp.
- GREGORY, K. J., & WALLING, D. E. (1973). *Drainage basin form and process*.

- GUTIÉRREZ ELORZA, M. (2008). Geomorfología. Pag. 275-369.
- HARBAUGH, A. W., BANTA, E. R., HILL, M. C., & MCDONALD, M. G. (2000). Modflow-2000, the u. S. Geological survey modular ground-water model-user guide to modularization concepts and the ground-water flow process.
- HEAD, J. W., HIESINGER, H., IVANOV, M. A., KRESLAVSKY, M. A., PRATT, S., THOMSON, B. J. (1999). Possible ancient oceans on Mars: evidence from Mars Orbiter Laser Altimeter data. *Science*, 286(5447), 2134-2137.
- HEIM, A. (1952). Estudios tectónicos en la Precordillera de San Juan. Los ríos San Juan, Jáchal y Huaco. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 7(1), 11-70.
- HLAVÁČIKOVÁ, H., NOVÁK, V., HOLKO, L. (2015). On the role of rock fragments and initial soil water content in the potential subsurface runoff formation. *J. Hydrol. Hydromech*, 63(1), 71-81.
- HORTON, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- HUPP, C. R., & RINALDI, M. (2007). Riparian vegetation patterns in relation to fluvial landforms and channel evolution along selected rivers of Tuscany (Central Italy). *Annals of the Association of American Geographers*, 97(1), 12-30.
- HUPP, C. R., OSTERKAMP, W. R. (1996). Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, 14(4), 277-295.
- IBODA. (2014). Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. Página web: <http://www2.darwin.edu.ar>.
- KIESLING, R. (Dir.). (1994). Flora de San Juan. Pteridófitas, Gimnospermas. Dicotiledóneas Dialipétalas (Salicáceas-Leguminosas). Vol. I: 1-348. Ed. Vazquez Mazzini, Buenos Aires.
- KIESLING, R. (Dir.). (2003). Flora de San Juan República Argentina. Dicotiledóneas dialipétalas (Oxalidáceas a Umbelíferas). Vol II: 1-257. Ed. Estudio Sigma S.R.L. Buenos Aires.
- KIESLING, R. (Dir.). (2009). Flora De San Juan. República Argentina. Monocotiledóneas. Vol. IV: 1-436. Ed. Fundación Universidad Nacional de San Juan.

- KIESLING, R. (Dir.) (2013). Flora De San Juan. República Argentina. Asteraceae (=Compositae). Vol. III: 1-344. Ed. Zeta. Mendoza.
- KIRKBY, M. J., ATKINSON, K., LOCKWOOD, J. O. H. N. (1990). Aspect, vegetation cover and erosion on semi-arid hillslopes (pp. 25-39). John Wiley and Sons Ltd.
- KOPECKÝ M, ČÍŽKOVÁ Š. (2010). Using topographic wetness index in vegetation ecology: does the algorithm matter? *Applied Vegetation Science*, 13(4), 450-459.
- KOPPEN, W.P. (1923). *Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter.
- LARA GABRIELA (2015) Tesis Doctoral en Geología. Análisis de la actividad tectónica cuaternaria en la depresión maradona-bachongo (31° 35'-31° 52' LS), entre la precordillera oriental y central, provincia de San Juan. Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- LARA, G., KLINGER, F. L., PERUCCA, L., ROJO, G., VARGAS, N., & LEIVA, F. (2017). Multiple geophysical methods examining neotectonic blind structures in the Maradona valley, Central Precordillera (Argentina). *Tectonophysics*, 712, 634-642.
- LEOPOLD, L. B., Y MADDOCK, T. (1953). The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications (Vol. 252). US Government Printing Office.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. Y MILLER, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman, San Francisco
- MAGETTE, W. L., SHANHOLTZ, V. O., & CARR, J. C. (1976). Estimating selected parameters for the Kentucky watershed model from watershed characteristics. *Water Resources Research*, 12(3), 472-476.
- MARSTON, R. A. (2010). Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops. *Geomorphology*, 116(3-4), 206-217.
- MATTEUCCI, S. D., & COLMA, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación (Vol. 22). Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.

- MCDONALD, J. H. (2009). Handbook of biological statistics (Vol. 2, pp. 6-59). Baltimore, MD: sparky house publishing.
- MILLER, I.A. (1957). Burrows of the Sacarnemo Valley pocket gopher in flood-irrigated alfalfa fields. *Hi/gardia* 26 (8): 431-452.
- MORELLO JH. (1958). La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana*. N° 2. Tucumán Argentina. Fundación Miguel Lillo, pp. 155 1958.
- MORELLO, J. H., PROTOMASTRO, J., SANCHOLUZ, L., BLANCO, C. (1973). Estudio macroecológico de los Llanos de La Rioja. APN, Administración de Parques Nacionales, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía.
- MORENO, C. E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis SEA.
- MUSICK, H.B. (1975). Barrenness of desert pavement in Yuma County, Arizona. *J. Ariz.*
- NAIMAN, R. J., BECHTOLD, J. S., DRAKE, D. C., LATTERELL, J. J., O'KEEFE, T. C., Y BALIAN, E. V. (2005). Origins, patterns, and importance of heterogeneity in riparian systems. *Ecosystem function in heterogeneous landscapes*, 279-309.
- NILSSON, C., EKBLAD, A., DYNESIUS, M., BACKE, S., GARDFJELL, M., CARLBERG, B., Y JANSSON, R. (1994). A comparison of species richness and traits of riparian plants between a main river channel and its tributaries. *Journal of Ecology*, 281-295.
- OCAÑA, R., SUVIRES, G. Y PITTALUGA, M. (2014). Cartografía geomorfológica digital de la depresión tectónica Matagusanos-Zonda-Acequión. San Juan. Argentina. XIX Congreso Geológico Argentino. S3-8. Córdoba.
- OCAÑA, R. E., FLORES, D. G., FERNÁNDEZ, Y. A. R., Y ANGILLIERI, M. Y. E. (2022). V horizon development and factors associated in different geomorphological units of an arid-region alluvial fan. Pre-Andes of San Juan, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 118, 103980.
- ORTIZ, A., ZAMBRANO, J. J. (1981). La provincia geológica Precordillera oriental: VIII Congreso Geológico Argentino, v. 3.

- OSTERKAMP, W. R., HUPP, C. R. (2010). Fluvial processes and vegetation—glimpses of the past, the present, and perhaps the future. *Geomorphology*, 116(3-4), 274-285.
- PAROLO G, ROSSI G, FERRARINI A. (2008). Toward improved species niche modelling: *Arnica montana* in the Alps as a case study. *Journal of Applied Ecology*, 45(5), 1410-1418.
- PASSERA, C. B., DALMASSO, A. D., & BORSETTO, O. (1983). Método de “point quadrat modificado”. Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino, IADIZA, Mendoza.
- PETTS, G., AMOROS, C. (EDS.). (1996). *Fluvial hydrosystems*. Springer Science Business Media.
- PIKE, R. J., & WILSON, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), 1079-1084.
- PLANCHON, O., Y DARBOUX, F. (2002). A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, 46(2-3), 159-176.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>.
- RAMÍREZ, J. O., MAILLOL, J. M., BANDY, W., BANUET, A. V., GUTIÉRREZ, C. M., SÁNCHEZ, J. M., & CRUZ, G. C. (2004). Late Quaternary evolution of alluvial fans in the Playa, El Fresnal region, northern Chihuahua desert, Mexico: Palaeoclimatic implications. *Geofísica Internacional*, 43(3), 445-466.
- RAMOS, V., CRISTALLINI, E. Y PÉREZ, D. (2002). The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Science*. 15: 59-78.
- REYNOLDS, J. F., & WU, J. (1999). Do landscape structural and functional units exist. Integrating hydrology, ecosystem dynamics, and biogeochemistry in complex landscapes, 273-296.
- RICHARDS, K. (1987). Fluvial geomorphology. *Progress in physical geography*, 11(3), 432-457.

- ROBINSON P.J. (1996). The Influence of Topography, Season and Circulation on Spatial Patterns of Daily Precipitation. In *Regional Hydrological Response to Climate Change* (pp. 157-172). Springer, Dordrecht.
- ROGERS P., ZUBER M. (1997). Topographic effects on flowing lava-Analysis of small and intermediate scale perturbations. In *Lunar and Planetary Science Conference* (Vol. 28, p. 193).
- ROMERO DÍAZ, M.A.; MARTINEZ FERNANDEZ, J.; FRANCIS, C.; LOPEZ BERMUDEZ, F. THORNES, J. (1987). Erosividad de lluvias intensas: Estudio de Zonas Áridas de Almería. C.S.I.C., Almería. Instituto Mediterráneo de Geología. Universidad de Granada.
- ROSSI, B. E., VILLAGRA, P. E. (2003). Effects of *Prosopis flexuosa* on soil properties and the spatial pattern of understory species in arid Argentina. *Journal of Vegetation Science*, 14(4), 543-550.
- SABO, J. L., SPONSELLER, R., DIXON, M., GADE, K., HARMS, T., HEFFERNAN, J., WELTER, J. (2005). Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology*, 86(1), 56-62.
- SCAGLIA, J. A., FLORES, D. G., & MARTINELLI, M. (2021). Productividad de los pastizales naturales en diferentes unidades geomorfológicas de las Sierras Pampeanas de Argentina. *Ecosistemas*, 30(2), 2104-2104.
- SHANNON CE, WEAVER W. (1949) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.
- SHREVE, R. L. (1966). Statistical law of stream numbers. *The Journal of Geology*, 74(1), 17-37.
- STRAHLER, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- STROMBERG, J. C., BAGSTAD, K. J., LEENHOUTS, J. M., LITE, S. J., Y MAKINGS, E. (2005). Effects of stream flow intermittency on riparian vegetation of a semiarid region river (San Pedro River, Arizona). *River Research and Applications*, 21(8), 925-938.
- SUVIRES G. (2014). The paradigm of paraglacial megafans of the San Juan river basin, Central Andes, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 55, 166-172. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.07.008>.

- SUVIRE, G. M., GAMBOA, L. A. (2011). Primeras dataciones del lago holoceno tardío de Zonda, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 68(2), 290-294.
- SWANSON, F. J., KRATZ, T. K., CAINE, N., WOODMANSEE, R. G. (1988). Landform effects on ecosystem patterns and processes. *BioScience*, 38(2), 92-98.
- THOMAS, R.E., JOHNSON, M.F., FROSTICK, L.E., PARSONS, D.R., BOUMA, T.J., DIJKSTRA, J.T., EIFF, O., GOBERT, S., HENRY, P.-Y., KEMP, P., MCLELLAND, S.J., MOULIN, F.Y., MYRHAUG, D., NEYTS, A., PAUL, M., PENNING, W.E., PUIJALON, S., RICE, S.P., STANICA, A., TAGLIAPIETRA, D., TAL, M., TØRUM, A., VOUSDOKAS, M.I. (2014). Physical modelling of water, fauna and flora: knowledge gaps, avenues for future research and infrastructural needs. *J. Hydraul. Res.* 52, 311–325. <https://doi.org/10.1080/00221686.2013.876453>
- VALETT, H. M., MORRICE, J. A., DAHM, C. N., CAMPANA, M. E. (1996). Parent lithology, surface–groundwater exchange, and nitrate retention in headwater streams. *Limnology and oceanography*, 41(2), 333-345.
- VALETT, H. M., MORRICE, J. A., DAHM, C. N., CAMPANA, M. E. (1996). Parent lithology, surface–groundwater exchange, and nitrate retention in headwater streams. *Limnology and oceanography*, 41(2), 333-345.
- VAN DER MEIJ, W. M., TEMME, A. J., LIN, H. S., GERKE, H. H., & SOMMER, M. (2018). On the role of hydrologic processes in soil and landscape evolution modeling: concepts, complications and partial solutions. *Earth-Science Reviews*, 185, 1088-1106.
- VIDAL-ABARCA GUTIERREZ, M. R., SUAREZ ALONSO, M. L. (2013). Which are, what is their status and what can we expect from ecosystem services provided by Spanish rivers and riparian areas? *Biodiversity and conservation*, 22, 2469-2503.
- VILES, H. (2020). Biogeomorphology: Past, present and future. *Geomorphology*, 366, 106809.
- WALK, J., STAUCH, G., BARTZ, M., BRÜCKNER, H., & LEHMKUHL, F. (2019). Geomorphology of the coastal alluvial fan complex Guanillos, northern Chile. *Journal of Maps*, 15(2), 436-447.

- WALSH SJ, BUTLER DR. (1989). Spatial pattern of snow avalanche path location and morphometry, Glacier national park, Montana. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- WOOD Y, GRAHAM R, WELLS S. (2005). Surface control of desert pavement pedologic process and landscape function, Cima Volcanic field, Mojave Desert, California. *Catena* 59 (2), 205-230. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2004.06.001>.
- WOOD Y SNELL (1960), WOOD, W. F., & SNELL, J. B. (1960). A quantitative system for classifying landforms: US Army Natick Lab. Tech. Rep. EP-124, Natick, Massachusetts.
- WONDZELL ET. AL., 1996 WONDZELL, S. M., & SWANSON, F. J. (1996). Seasonal and storm dynamics of the hyporheic zone of a 4th-order mountain stream. II: Nitrogen cycling. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(1), 20-34.
- WROBLICKY, G. J., CAMPANA, M. E., VALETT, H. M., DAHM, C. N. (1998). Seasonal variation in surface- subsurface water exchange and lateral hyporheic area of two stream- aquifer systems. *Water Resources Research*, 34(3), 317-328.
- ZULOAGA, F. O., & MORRONE, O. (1999). Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina II. Missouri Botanical Garden Press.
- ZHANG Y, ZHANG M, NIU. (2016). Rock fragments and soil hydrological processes: significance and progress. *Catena*, 147, 153-166.

2023

8. APÉNDICE

Tabla I. Parámetros físicos, su unidad de medida, ecuación y referencia.

	PARÁMETRO	UNIDAD	ECUACIÓN	REFERENCIA
PARÁMETROS FÍSICOS	Área (Ac)	km ²		Gaspari <i>et al.</i> , (2013)
	Perímetro (P)	km		Gaspari <i>et al.</i> , (2013)
	Longitud (La)	km		Horton, (1945)
	Ancho promedio (AP)	km	AP=Ac/La	Gaspari <i>et al.</i> , (2013)

Tabla II. Metodología utilizada para la evaluación de los parámetros de formas de cuencas.

	PARÁMETRO	ECUACIÓN	REFERENCIA
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Gravelius o Compacidad (Kc)	$0,284 * P / A^{0.5}$	Gravelius (1914)
	Razón de elongación (Re)	Re=D/L	Schumm (1956)
	Factor de forma (Kf)	$Kf = A / La^2$	Horton (1945)
	Índice de Asimetría (I _{AS})	$I_{SA} = A_{mayor} / A_{menor}$	

*P: perímetro de la cuenca (km); A: área de la cuenca (km²) A_{mayor}: Es la porción de la cuenca con mayor superficie a la derecha o izquierda del río principal; A_{menor}: Es la porción de la cuenca con menor superficie a la derecha o izquierda del río principal; D: diámetro del círculo asociado; L: longitud de la cuenca; La: cuadrado del máximo recorrido

Tabla III. Características de la red de drenaje, su unidad de medida, ecuación.

	PARÁMETRO	UNIDAD	ECUACIÓN	REFERENCIA
CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE	Longitud del cauce (L)	km		
	Cota de nacimiento	msnm		
	Pendiente media del cauce principal (Pm)	(%)	$Pm = ((H_{max} - H_{min}) / L) * 100$	
	Coefficiente de torrencialidad (Ct)		$Ct = N1 / A$	Romero Díaz, A., (1987)

*H: altura, N1: número de cauces de orden 1; A: área de la cuenca (km²).

Tabla IV. Lista de especies registradas en el relevamiento, familia, hábito y status.

FAMILIA	Nombre Científico	Hábito	Status
Anacardiaceae	<i>Schinus fasciculata</i> (Griseb.) I.M. Johnst.	Arbusto	Nativa
Asteraceae	<i>Artemisia mendozana</i> DC. var. <i>mendozae</i>	Subarbusto	Endémica
	<i>Aphyllocladus sanmartinianus</i> Molino	Arbusto	Endémica
	<i>Tagetes pauciloba</i> DC.	Subarbusto	Endémica

2023

FAMILIA	Nombre Científico	Hábito	Status
	<i>Grindelia pulchella</i> Dunal var. <i>pulchella</i>	Subarbusto	Endémica
	<i>Proustia cuneifolia</i> D. Don ssp. <i>cuneifolia</i>	Arbusto	Nativa
	<i>Pentaphorus glutinosus</i> D. Don	Arbusto	Endémica
	<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn.	Arbusto	Nativa
	<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.	Arbusto	Nativa
	<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Subarbusto	Nativa
	<i>Baccharis retamoides</i> Phil.	Subarbusto	Endémica
	<i>Baccharis polifolia</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbusto	Nativa
	<i>Baccharis</i> sp.		
	<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>	Subarbusto	Endémica
	<i>Hysterionica jasionoides</i> Willd.	Hierba Perenne	Nativa
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i> L. var. <i>curassavicum</i>	Hierba Perenne	Nativa
Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i> L.	Hierba Anual	Adventicia
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.		
	<i>Tephrocactus aoracanthus</i> (Lem.) Lem.	Suculenta	Endémica
	<i>Tephrocactus articulatus</i> (Pfeiff.) Backeb. var. <i>articulatus</i>	Suculenta	Endémica
	<i>Opuntia sulphurea</i> Gillies ex Salm-Dyck var. <i>Sulphurea</i>	Suculenta	Nativa
	<i>Echinopsis leucantha</i> (Gillies ex Salm-Dyck) Walp.	Suculenta	Endémica
	<i>Tunilla corrugata</i> (Salm-Dyck) D.R. Hunt & Iloff	Suculenta	Endémica
	<i>Trichocereus candicans</i> (Gillies ex Salm-Dyck) Britton & Rose	Suculenta	Endémica
	<i>Trichocereus strigosus</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose	Suculenta	Endémica
Cactaceae	<i>Cereus aethiops</i> Haw.	Árbol	Nativa
Capparaceae	<i>Atamisquea emarginata</i> Miers ex Hook. & Arn.	Árbol	Nativa
Chenopodiaceae	<i>Atriplex argentina</i> Speg.	Subarbusto	Endémica
	<i>Atriplex lampa</i> (Moq.) D. Dietr.	Subarbusto	Endémica
Ephedraceae	<i>Ephedra ochreatea</i> Miers	Arbusto	Endémica
Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i> L.	Hierba Perenne	Nativa
	<i>Adesmia</i> sp.		
	<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>aphylla</i>	Arbusto	Nativa
	<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.	Arbusto	Endémica
Fabaceae	<i>Neltuma chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart var. <i>Chilensis</i>	Árbol	Nativa
	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins	Arbusto	Nativa
	<i>Trifolium repens</i> L.	Hierba Perenne	Adventicia
Lamiaceae	<i>Salvia cuspidata</i> Ruiz & Pav. ssp. <i>gilliesii</i> (Benth.) J.R.I. Wood	Arbusto	Nativa

2023

FAMILIA	Nombre Científico	Hábito	Status
Loasaceae	<i>Mentzelia parvifolia</i> Urb. & Gilg ex Kurtz	Hierba Perenne	Nativa
Loranthaceae	<i>Ligaria cuneifolia</i> (Ruiz & Pav.) Tiegh.	Arbusto	Nativa
Malvaceae	<i>Gaya parviflora</i> (Phil.) Krapov.	Hierba Perenne	Nativa
	<i>Sphaeralcea miniata</i> (Cav.) Spach	Subarbusto	Endémica
Nyctaginaceae	<i>Allionia incarnata</i> L.	Hierba Perenne	Nativa
	<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) Heimerl	Arbusto	Nativa
	<i>Mirabilis ovata</i> (Ruiz & Pav.) F. Meigen	Hierba Perenne	Nativa
Oleaceae	<i>Menodora decemfida</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) A. Gray	Subarbusto	Nativa
Onagraceae	<i>Oenothera picensis</i> Phil. ssp. <i>Picensis</i>	Hierba Anual	Endémica
Plantaginaceae	<i>Monttea aphylla</i> (Miers) Benth. & Hook.	Arbusto	Endémica
Poaceae	<i>Blepharidachne benthamiana</i> (Hack. ex Kurtz) Hitchc.	Hierba anual	Endémica
	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	Hierba anual	Nativa
	<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	Hierba anual	Introducida
	<i>Pappophorum phillippianum</i> Parodi	Hierba Perenne	Nativa
	<i>Pappophorum caespitosum</i> R.E. Fr.	Hierba Perenne	Nativa
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Hierba anual	Nativa
	<i>Aristida mendocina</i> Phil.	Hierba perenne	Nativa
	<i>Aristida spegazzinii</i> Arechav.	Hierba perenne	Nativa
	<i>Diplachne fusca</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult. ssp. <i>uninervia</i> (J. Presl) P.M. Peterson & N. Snow	Hierba perenne	Nativa
	<i>Digitaria californica</i> (Benth.) Henrard var. <i>Californica</i>	Hierba perenne	Nativa
	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>Ichu</i>	Hierba perenne	Nativa
	<i>Jarava neaei</i> (Nees ex Steud.) Peñailillo	Hierba perenne	Endémica
	<i>Pappostipa</i> sp.		
	<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth) Griseb.	Hierba Anual	Nativa
	<i>Bouteloua curtispindula</i> (Michx.) Torr. var. <i>caespitosa</i> Gould & Kapadia	Hierba Perenne	Nativa
	Polygalaceae	<i>Hualania colletioides</i> Phil.	Arbusto
Portulacaceae	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	Hierba Anual	Endémica
Ranunculaceae	<i>Clematis montevidensis</i> Spreng. var. <i>montevidensis</i>	Arbusto	Nativa
Rhamnaceae	<i>Condalia microphylla</i> Cav.	Arbusto	Endémica
Solanaceae	<i>Solanum euacanthum</i> Phil.	Hierba Anual	Endémica
	<i>Lycium fuscum</i> Miers	Arbusto	Endémica
	<i>Lycium chilense</i> Miers ex Bertero var. <i>chilense</i>	Arbusto	Endémica
	<i>Lycium tenuispinosum</i> Miers var. <i>tenuispinosum</i>	Arbusto	Endémica

2023

FAMILIA	Nombre Científico	Hábito	Status
	<i>Lycium boerhaviaefolium</i> L. f.	Arbusto	Nativa
	<i>Cestrum parqui</i> L'Hér.	Arbusto	Nativa
Tamaricaceae	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Arbusto	Naturalizada
	<i>Acantholippia seriphioides</i> (A. Gray) Moldenke	Arbusto	Endémica
Verbenaceae	<i>Glandularia venturii</i> (Moldenke) Botta	Hierba Perenne	Endémica
	<i>Larrea cuneifolia</i> Cav.	Arbusto	Endémica
	<i>Larrea divaricata</i> Cav.	Arbusto	Nativa
	<i>Larrea nitida</i> Cav.	Arbusto	Endémica
Zygophyllaceae	<i>Bulnesia retama</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Griseb.	Arbusto	Nativa