

CARACTERES FISIOGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL RÍO SALADO, CHACO, ARGENTINA

Gómez, Claudia Verónica

Departamento de Geografía - Facultad de Humanidades – Centro de Geociencias Aplicadas – Facultad de Humanidades y Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste. Chaco – Resistencia -
E-mail: veronica_unne2@hotmail.com

Resumen

El Nordeste argentino se encuentra afectado con frecuencia por eventos pluviométricos extremos como consecuencia de la variabilidad climática. Estudios basados en análisis estadísticos de largas series de años dan cuenta de la mayor frecuencia de sequías con respecto a inundaciones y de la simultaneidad de su aparición en el espacio. Esto implica la búsqueda de soluciones que contemplen ambos extremos climáticos, por ello se propuso abordar la problemática desde un enfoque hidrogeomorfológico. En esta oportunidad se determinaron y analizaron los aspectos fisiográficos de la cuenca del río Salado, para luego identificar las geoformas susceptibles de funcionar como cuerpos de agua permanentes. Estos contribuirían a retener el agua en los momentos de excesos para disponer luego en los eventos secos. Así mismo, dada la escasa energía del relieve y la vegetación asociada ayudaría a ralentizar aún más el escurrimiento y mitigar el impacto de las inundaciones. La investigación se realizó en dos momentos: 1) en gabinete se trabajó con imágenes extraídas del Google Earth y Modelos de Elevación (MDE-Ar) que fueron procesados con los softwares ArcGIS 10.3 y sus módulos Spatial Analysis y ArcHydro y la planilla de Microsoft Excel, para la realización de estimaciones, mediciones y cálculos de los parámetros morfométricos de la cuenca y su red de drenaje; 2) se corroboró en campo la información obtenida y se registró datos de vegetación pues intervienen en el escurrimiento y sintetizan los aspectos físicos actuales y pasados del área de estudio. Como resultados se puede decir que se trata de una subcuenca clasificada, en término de dimensiones, como intermedia con un área de 926,29 km², de forma rectangular alargada, con pendientes que oscilan entre 0,06 y 0,07 % que determinan una densidad de drenaje pobre o ineficiente con un tiempo de concentración comprendido entre 9 y 12 hs. El escurrimiento es de tipo fluvial y laminar de cañada y esteros. Los dos últimos son propios de dales y esteros, aspecto que los convierte en potenciales geoformas susceptibles de funcionar como cuerpos de agua permanentes.

Palabras Claves: Cuenca hidrográfica – Morfometría – Hidrogeomorfología

PHYSIOGRAPHICS CHARACTERS OF THE WATERSHED OF SALADO RIVER, CHACO, ARGENTINA

Abstract

The Northeast of Argentina is frequently affected by extreme rainfall events as a consequence of climate variability. Studies based on statistical analysis of long series of years show the higher frequency of droughts compared to floods and the simultaneity of their appearance in space. This implies the search for solutions that contemplate both climatic extremes, which is why it was proposed to address the problem from a hydrogeomorphological approach. On this occasion, the physiographic aspects of the Salado river basin were determined and analyzed, to later identify the geoforms that could function as permanent water basins. These would contribute to retain water in times of excess to later

Recibido: 31/05 – Aceptado: 31/08

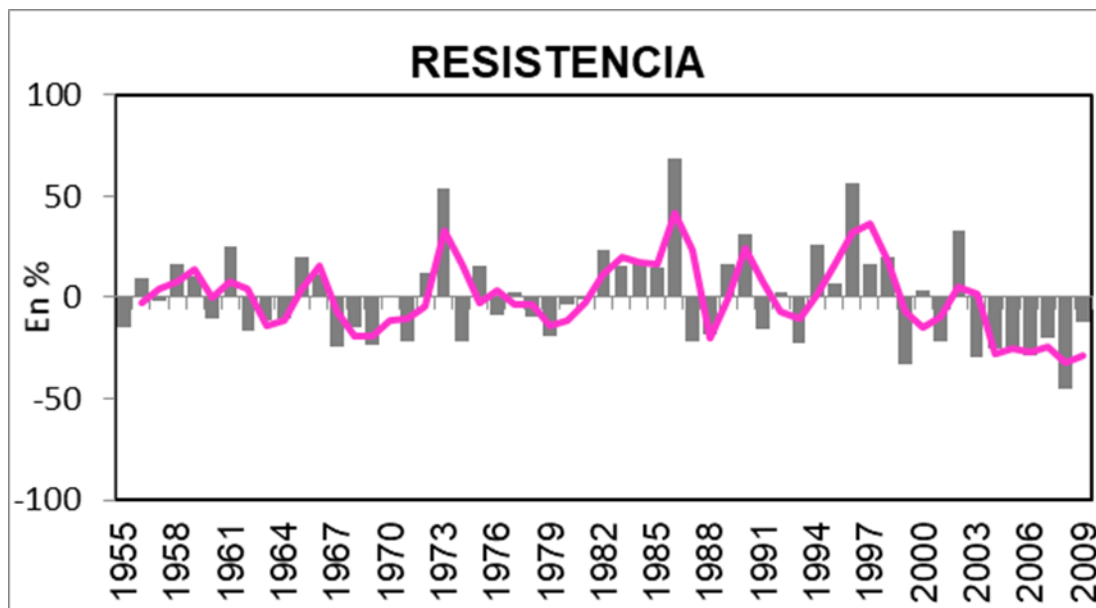
dispose of in dry events. Likewise, given the low energy of the land and the associated vegetation, it would help to further slow down runoff and mitigate the impact of floods. The investigation was carried out in two moments: 1) in the office, we worked with images extracted from Google Earth Pro and Elevation Models (MDE-Ar) that were processed with the ArcGIS 10.3 software and its Spatial Analysis and ArcHydro modules and the Microsoft Excel, to carry out estimates, measurements and calculations of the morphometric parameters of the basin and its drainage; 2) the information obtained was corroborated in the field and vegetation data was recorded as they intervene in the runoff and synthesize the current and past physical aspects of the study area. As a result, it can be said that it is a sub-basin classified, in terms of dimensions, as intermediate with an area of 926,29 km², with an elongated rectangular shape, with slopes ranging between 0,06 and 0,07% that determine a poor or inefficient drainage density, with a concentration time between 9 and 12 hours. The runoff is in the form of flow and laminar type. The last two are typical of dales and estuaries, an aspect that makes them potential geoforms capable of functioning as permanent water bodies.

Keywords: Watershed – Morphometric – Hidrogeomorphology

Introducción

El sector centro-este de la provincia del Chaco se caracteriza no sólo por una variabilidad climática significativa, que se traduce en episodios recurrentes de sequías e inundaciones (Figura 1), sino también por presentar un relieve particularmente plano. Es a raíz de estos caracteres particulares del área de estudio que se propone y deben analizarse los sistemas fluviales para, por un lado, mitigar el impacto de los eventos extremos y por otro, ordenar el territorio y el ambiente. En este sentido parecen oportunas las reflexiones de Gaspari y otros (2012), quienes destacan la importancia del modelamiento hidrológico para determinar y analizar el comportamiento del agua de lluvia, y de Horacio y Ollero (2011) que resaltan el enfoque hidrogeomorfológico como una de las patas fundamentales para la determinación del estado de los sistemas fluviales y la búsqueda de soluciones. En este contexto se propuso como objetivo principal determinar los caracteres fisiográficos de la cuenca del río Salado (Resistencia-Chaco) e identificar posibles geoformas que contribuyan al manejo del agua, como un recurso vital y cuya disponibilidad es significativamente variable.

Figura 1. Anomalías anuales en Resistencia-Chaco (1955/2009)

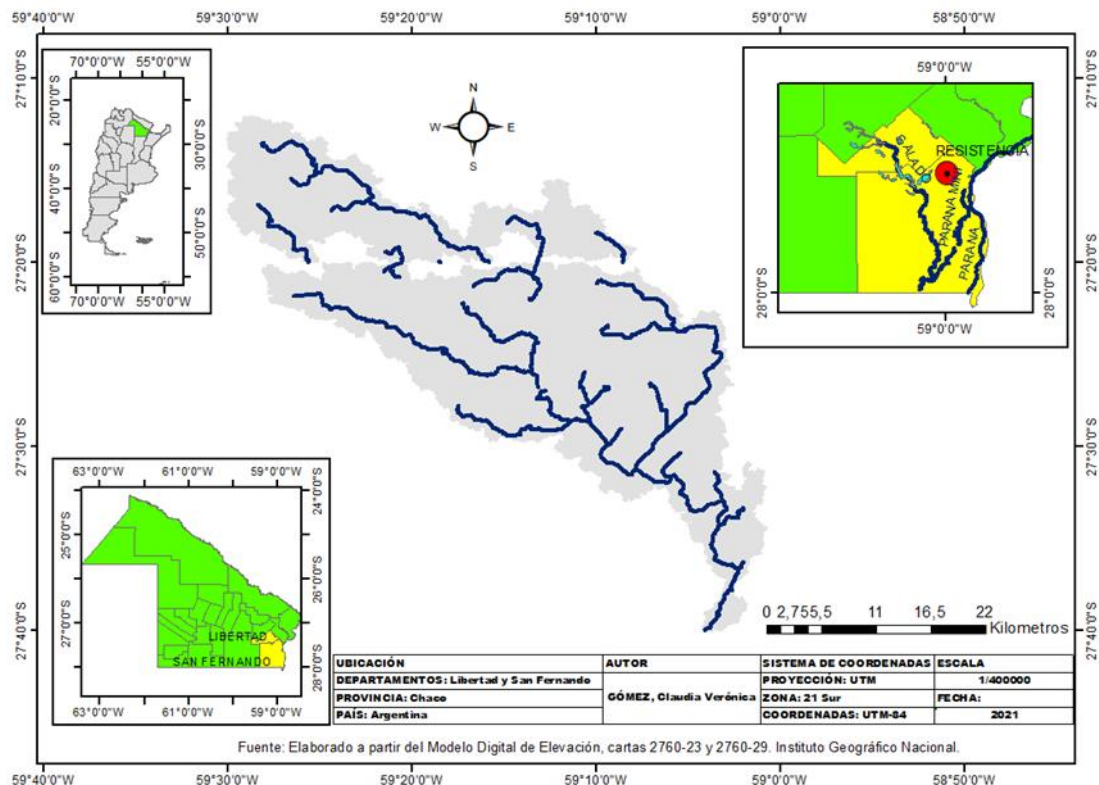


Fuente: Gómez, 2019 a

Del análisis surge que las desviaciones oscilan entre los parámetros de $\pm 50\%$, no obstante, se registran ciertas particularidades: a) Las anomalías anuales positivas superan con frecuencia el umbral de 50% , en cambio las negativas tienden a mantenerse por encima del umbral de -50% . Cabe mencionar que esta dinámica enmascara las situaciones extremas, especialmente aquellas que indican ausencia de precipitaciones o por el contrario un incremento de las mismas en más de un 100% el promedio de la serie trabajada. (Gómez, 2019 a, pp.65-66).

Localización geográfica del área de estudio.

El río Salado se localiza en el sector oriental de la provincia del Chaco (Argentina) a unos 12 km de la ciudad de Resistencia, se extiende por los departamentos de Libertad y San Fernando y discurre en sentido noroeste-sureste. Nace aproximadamente a los $27^{\circ}13'48''$ latitud sur y $59^{\circ}28'$ longitud oeste y desemboca en el río Paraná a través del Paraná Miní (Figura 2 y 3). Esta cuenca comprende una superficie de $926,29 \text{ km}^2$ y posee una pendiente de $0,07\%$. Actualmente forma parte de la cuenca denominada río Negro –Salado (Figura 3)

Figura 2. Cuenca del río Salado en la provincia del Chaco.


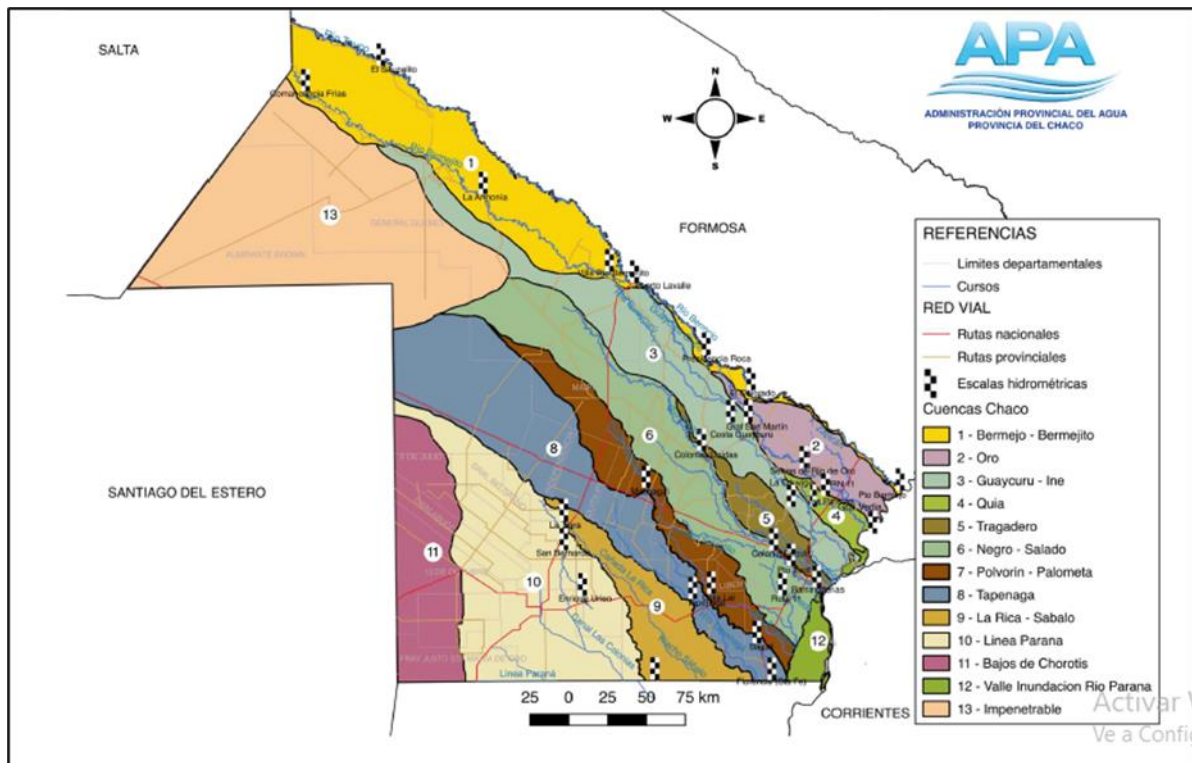
Fuente: elaboración propia a partir de cartas 2760-23 y 2760-29- IGN

Los principales ríos que la conforman son el Saladillo, Negro y Salado (ver también Figura 4). Los dos últimos se encuentran conectados, entre otras obras, a través del Canal Derivador (cuyos trabajos iniciales comenzaron en 1978) localizado aguas abajo de la convergencia entre el río Saladillo y Negro (Figura 5), en la localidad de Laguna Blanca (Chaco).

El canal derivador se diseñó para amortiguar las consecuencias de las inundaciones en un área densamente poblada como el Gran Resistencia¹. Sin embargo, tuvo efectos secundarios aguas abajo de la obra como por ejemplo: la ocupación informal de superficies que pertenecen al río Negro, que alteraron su curso (colmatando o estrangulando su cauce) y la derivación del problema de inundación hacia el sur de la urbe, donde drena sus aguas el río Salado, afectando a grandes, medianos y pequeños productores, particularmente a estos últimos (Gómez, 2019 b).

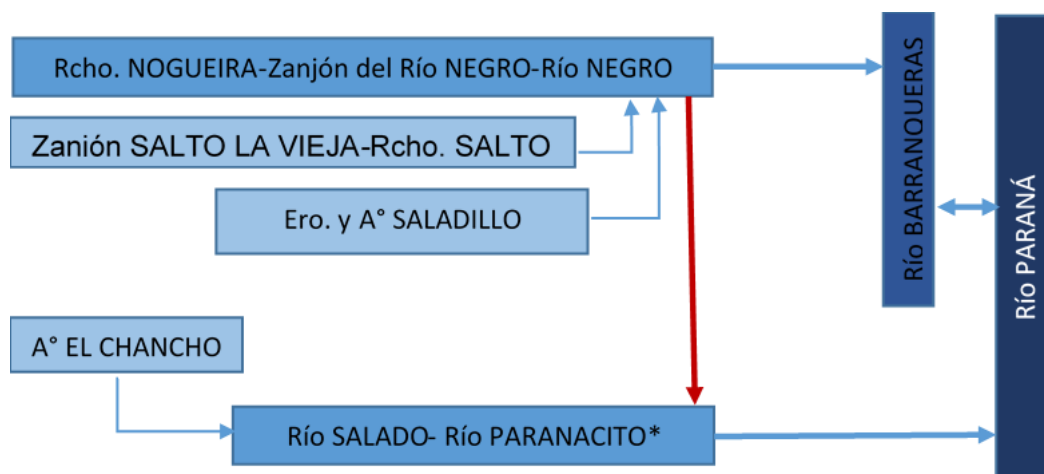
¹ El AMGR comprende los municipios de Resistencia, Barranqueras, Vilelas y Fontana

Figura 3. Sistemas hídricos y estaciones hidrométricas de la provincia del Chaco



Fuente: Administración Provincial del Agua

Figura 4. Esquema de la cuenca Negro-Salado

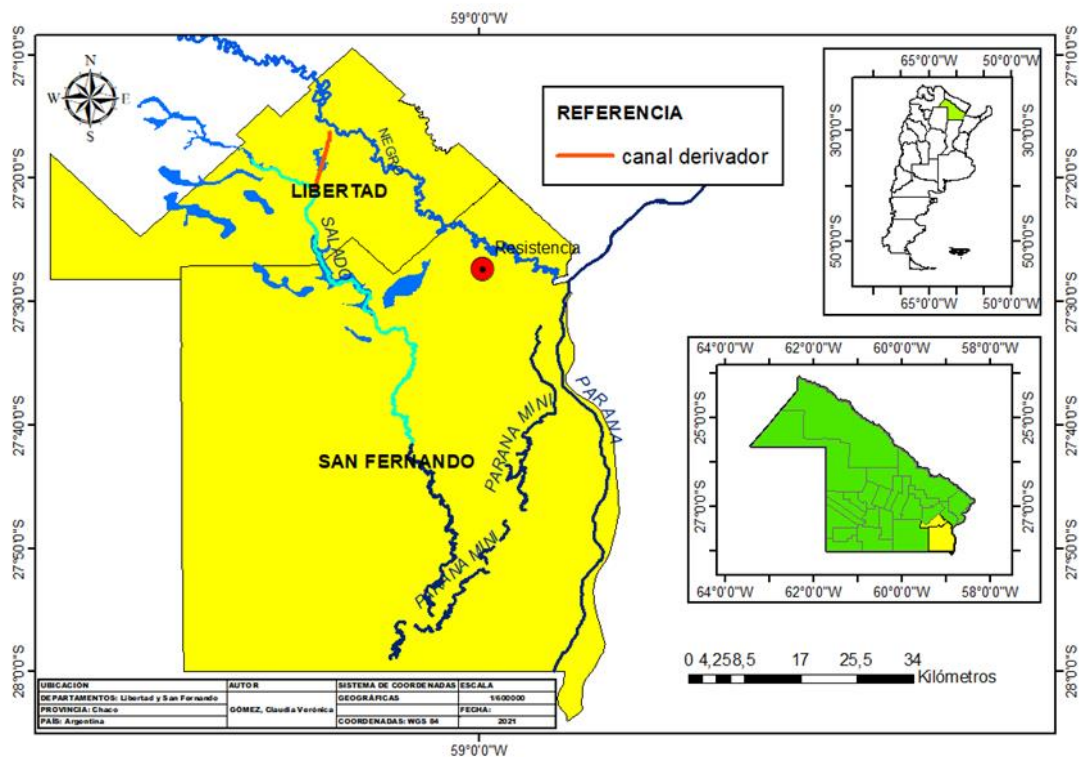


Fuente: elaboración propia

*El Río Paranacito es también conocido como Paraná Miní (Memendi, 2011).

**La Flecha roja indica la unión de las cuencas y el sentido del flujo.

Figura 5. Localización del Canal derivador que une el río Negro y Salado



Fuente: elaboración propia

Materiales y métodos

Para el estudio de la cuenca del río Salado se trabajó con imágenes satelitales provistas por Google Earth Pro, cuya fecha de barrido corresponde al mes de febrero de 2020; con modelos digitales de elevación (MED-Ar, de 30 m de resolución espacial y 3 m de precisión vertical), publicados por el Instituto Geográfico Nacional; y con la hoja de cálculos de Microsoft Excel.

En el primer caso se procesaron con las herramientas del software Arc Gis 10.3 mosaicos de dos medidas: a) de 20,3 km * 11,4 km para identificar y delimitar las geoformas presentes en la cuenca del río Salado (Resistencia-Chaco); b) de 5,23 km * 3 km para analizar y representar un tramo del mismo área de estudio comprendido entre los 27°30' sur y 59°10'W, donde se detectó un cambio brusco en el sentido del escurrimiento y el ancho de su cauce. En el segundo caso los MDE-Ar empleados corresponden a las cartas 2760-23 y 2760-29 con escala 1:100000 que cubren la cuenca hidrográfica. Las mismas fueron procesadas individualmente con las herramientas de Arc Hydro y Arc Tools de Arc Gis 10.3.

Con ArcHydro tools se delimitó la cuenca y se calcularon los parámetros de forma (área [A], perímetro [P] y longitud axial [La], mientras que con la planilla Excel se obtuvo el ancho medio [Ap], coeficiente de compacidad [Kc], factor de forma [IF] y radio de circularidad [Rci]) y parámetros de relieve (curva hipsométrica [CH] y pendiente media [PM]). Arc tools se utilizó para hallar los datos relacionados con el drenaje (número de orden según Strahler, 1957), mientras que con Excel se calcularon la densidad del drenaje [Dd], pendiente media del cauce [J] y tiempo de concentración [Tj]).

En el reconocimiento y delimitación de los dales¹ se trabajó directamente con el software de Google Earth Pro donde se digitalizaron los polígonos y se calcularon algunos de los parámetros propuestos por Dangavs (1976) para el estudio de lagunas.

Génesis del río Salado de la provincia del Chaco.

Los estudios realizados por Castellanos (1968) señalan que en la provincia del Chaco se destacan los procesos de desplazamiento o divagaciones del río Salado del Norte, como origen del Tragadero, Negro y Salado, entre otros.

Este autor destaca al Salado del Norte (llamado también Juramento-Salado) como el pótamo más característico de la red hidrográfica de la cuenca del Plata y señala que en la cabecera de este río, es decir en la región montañosa, se han sucedido fenómenos de captura y de derramamiento, mientras que en la llanura han predominado los procesos de desplazamientos horizontales originando un abanico o cono de deyección, contribuyendo de esta manera a la formación de una llanura aluvional (p. 6).

En este sentido menciona que “es posible que las primeras desviaciones (del Salado del Norte) hayan ocurrido en los tiempos de la duración del río Puelchense o Paraná Terciario [...] los desplazamientos se realizaron en esta etapa en cuatro períodos, destacándose sus cauces al sur del río Negro” (p. 7). De los cuatro períodos se destaca el primero de ellos pues contribuyó en la formación de los cauces del río Salado y Saladillo en la provincia del Chaco, tal como se menciona a continuación:

En cuanto al primer periodo se produjeron los desplazamientos más septentrionales. Todos los cauces abandonados correspondiente a este período y que parten del codo de Chañar Muyo se registran al norte de la vía férrea desde El Quebrachal a Resistencia. Constituyen un grupo de lechos secos, en pleno bosque chaqueño. Todos los cursos del primer período terminan en la actualidad en los cauces de los ríos Salado

¹ El Dale es una forma de relieve parecida a un valle, motivo por el cual los términos son usados con frecuencia como sinónimos en la literatura inglesa. Popolizio y otros (1980) lo definen como cabeceras pantanosas más o menos cerradas donde se desarrolla un escurrimiento lento y laminar típico de cañada o estero y vegetación herbácea.

y Saladillo que hoy desembocan en el brazo Paraná Miní del Paraná, al sur de Resistencia. Los valles de estas dos corrientes de agua están colmatados en la actualidad y transportan poco caudal de agua, pero en los tiempos del río Puelchense eran dos brazos importantes de un gran curso que avenaba las aguas del borde de la Puna. (p. 14)

Resulta interesante destacar que el Saladillo actualmente se une al Negro aguas arriba de las obras de control (represa y canal derivador) localizadas en Laguna Blanca, dando cuenta de los cambios sucedidos en la dinámica espacial del mismo desde 1968 a la actualidad (2021), relegando la función de río principal, destacada por Castellanos, en parte al Negro y en forma indirecta al Salado.

Caracteres fisiográficos

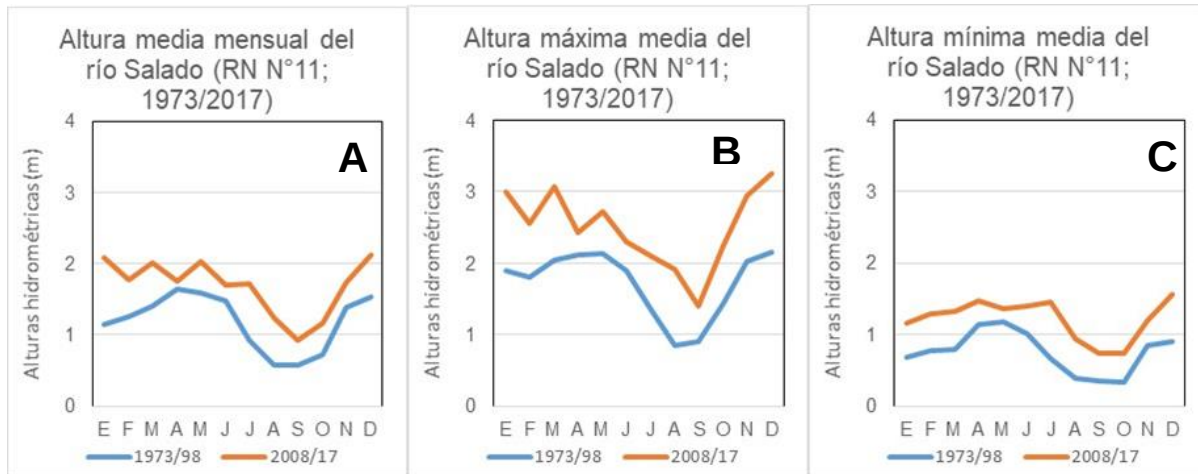
Características Hidrológicas

En la Figura 6 se representan las alturas hidrométricas del curso fluvial objeto de estudio (ver también Figura 7 donde se localizan los limnímetros). En esta se pueden advertir tres aspectos fundamentales, en primer lugar, los valores más altos se concentran a comienzos de la estación estival (noviembre-diciembre), en el mes de transición (abril) y comienzos del período invernal (mayo-junio), mientras que los más bajos se registran de julio a octubre. Lo anterior muestra la influencia de las características climáticas subtropicales de nuestras latitudes en el comportamiento fluvial del río Salado, es decir, la preeminencia de la masa de aire cálida proveniente del océano Atlántico durante el verano, mientras que a partir del mes de transición se superpone con las procedentes del Pacífico (Wolcken, 1954; Schwerdtfeger, 1954; Prohaska, 1961 y Bruniard, 1981, entre otros).

En segundo lugar, se aprecia visiblemente que la dinámica temporal entre los valores medios (Figura 6A) y el promedio de los máximos (Figura 6B) describen un comportamiento similar, lo que hace suponer que estos últimos tienen una influencia significativa en el comportamiento de los primeros, no así los valores mínimos (Figura 6C).

Por último, se puede observar que la serie 2008/2017 presenta valores comparativamente más elevados que el período 1973/1998 y esto puede deberse a alguna de las siguientes razones (o a la conjunción de ellas): la longitud de los años medidos en cada serie (la primera comprende 25 años y la segunda 9) y/o el aporte de agua derivado, a través de las obras de control, del río Negro atendiendo la puesta en funcionamiento de las mismas a partir de 1998.

Figura 6. Alturas hidrométricas medias mensuales del río Salado (Ruta Nacional N° 11, Resistencia, Chaco) durante el período 1973/2017



Fuente: elaborado a partir de datos de la Administración Provincial del Agua (APA), Dirección de estudios básicos (2017)

Figura 7. Limnómetros localizados a: 27°31'41"S;59°8'23"W; 60 msnm

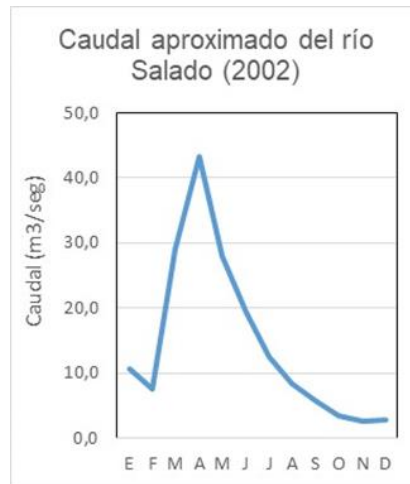


Fuente: registro propio. 26/07/2020

En la Figura 8 se representa el caudal aproximado del río objeto de estudio obtenido con el balance hídrico de Holdridge, a partir de los datos de temperatura y lluvias de la ciudad de Resistencia (Chaco). La finalidad del cálculo consiste en determinar el régimen fluvial del Salado, el cual responde, según la clasificación de Pardé (1966) al “pluvial tropical”, mientras que Bruniard (1992) sugiere la denominación “régimen de alimentación pluvial estival”. Como se advierte, el río se caracteriza por presentar las altas aguas al finalizar las lluvias de la

estación estival, dando cuenta de la influencia de factores como la topografía (pendiente), geología (permeabilidad), la vegetación, depresiones susceptibles de inundarse (geomorfología), entre otros, en el retardo de la curva máxima.

Figura 8. Caudales del río Salado, provincia del Chaco (2002)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Administración Provincial del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional

Parámetros de Forma de la cuenca

La Tabla 1 muestra los parámetros de forma calculados para la cuenca del río Salado. Los tres primeros parámetros (o variables) se consideran independientes, a saber: área, perímetro y longitud, mientras que los restantes se obtienen a partir de la aplicación de distintas fórmulas (Jardí, 1985).

Tabla 1. Parámetros de forma de la cuenca del río Salado (Resistencia-Chaco)

PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	CUENCA HIDROGRÁFICA
Parámetros de forma de la cuenca	Área total de la cuenca (A)	km ²	926,29
	Perímetro de la cuenca (P)	km	210,43
	Longitud axial (La)	km	66,20
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	13,99
	Coefficiente de compacidad (Kc)	-	1,95
	Factor de forma (IF)	-	0,21
	Radio de Circularidad (Rci)	km	0,26

Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-23 y 2760-29. Insituto Geográfico Nacional.

Teniendo en cuenta el valor del área de drenaje (A) calculado para el río Salado (926.29 km^2) podría decirse que se trata de una cuenca grande según la tipología propuesta por Ruiz de León (1986), sin embargo, en términos comparativos con la superficie que drena el río Paraná parece conveniente la categoría de sub cuenca, donde es posible identificar entre 4 ó 5 número de órdenes en el río. Así mismo, si consideramos la clasificación propuesta por Campos (1992) se la puede definir como una cuenca intermedia a grande con una superficie comprendida entre 500 a 2500 km^2 .

El factor de forma (IF o Ff; se obtiene del cociente entre el área de la cuenca y la longitud del río principal) es inferior a la unidad lo que caracteriza a una cuenca alargada o muy alargada que estará sujeta a crecientes de menor magnitud (Bruniard, 1992). El coeficiente de compacidad (Kc; se obtiene de la relación entre el área de la cuenca y su perímetro) es superior al parámetro de 1,75 propio de una cuenca rectangular y alargada (López Cadenas de Llano, 1998). Por último, el radio de circularidad (Rci) de 0,26 km es inferior a la unidad, característico de las cuencas circulares, por lo que podemos decir que se confirman los parámetros anteriormente calculados.

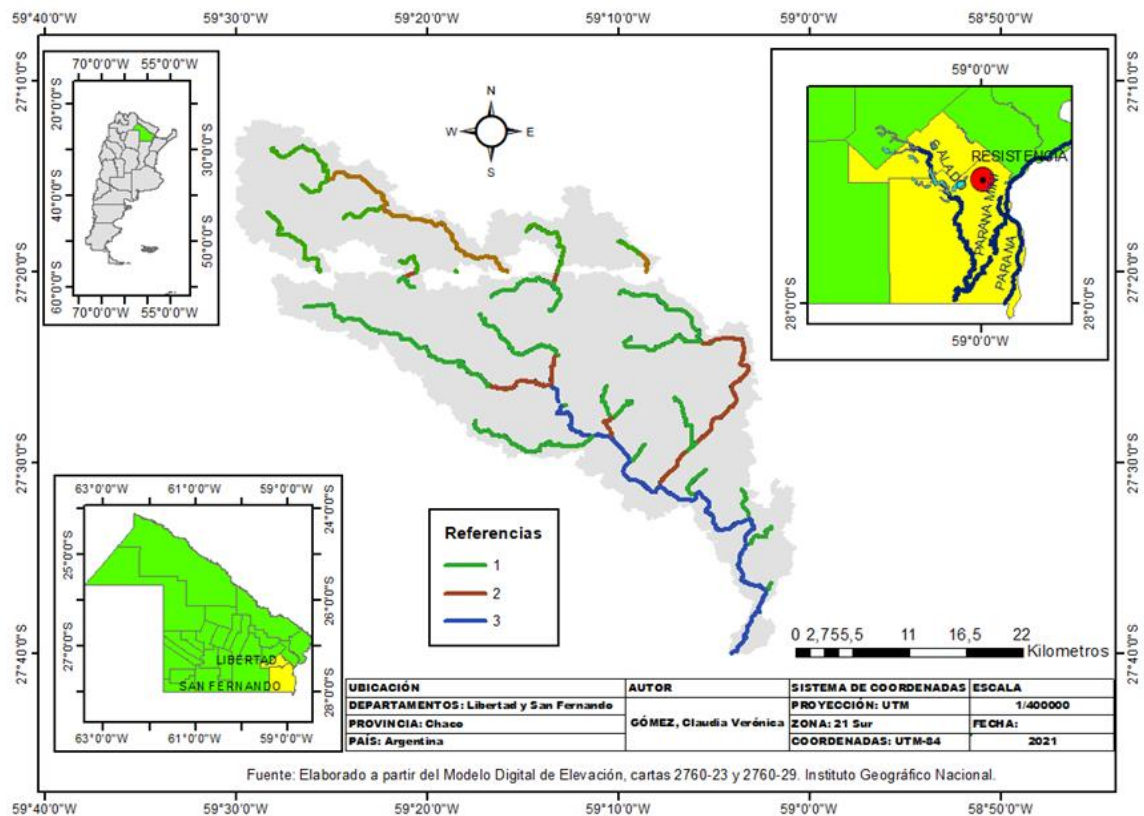
Parámetros de drenaje de la cuenca

En la Figura 9 se puede observar el número de orden de los ríos que forman parte de la cuenca del Salado. En este sentido se advierte un grado de ramificación 3 (Ver también Tabla 2 b), valor inferior al supuesto como sub cuenca (Ruíz de León, 1986) a pesar de que el objeto de estudio se extiende en su totalidad en el oriente de la provincia del Chaco, con aportes pluviométricos característicos de un clima húmedo o también denominado subtropical sin estación seca (Bruniard, 1981). Atendiendo a lo anterior, el bajo grado de ramificación puede estar relacionado no sólo con las dimensiones de la cuenca sino también con las características del suelo, la topografía y vegetación.

Los valores de pendiente media del cauce (Pm; resulta de la relación entre la altura y la longitud del cauce principal), oscilan entre 0,06 y 0,07 % o entre 3 y 4 grados (Tabla 2 a y b). Estos resultados se condicen con terrenos llanos o suaves según la tipología propuesta por Saavedra (2001).

La densidad de drenaje (Dd) se obtiene del cociente entre la longitud de la red y el área de la cuenca. Los valores calculados rondan entre 0,29 y $0,31 \text{ km/km}^2$ que dan cuenta de un drenaje pobre o ineficiente pues es inferior a $0,5 \text{ km/km}^2$ (Brieva, 2018). Esto último puede estar relacionado a los caracteres topográficos (pendiente) y litológicos (condicionamientos estructurales y sedimentos modernos-cuaternario-que influyen en la permeabilidad).

Figura 9. Jerarquización de la red de drenaje del Salado según Strahler (Resistencia-Chaco)



Fuente: elaboración propia a partir de cartas 2760-23 y 2760-29 IGN

Tabla 2 a. Parámetros de drenaje de la cuenca del río Salado (Resistencia-Chaco)
hoja 2760-23

PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de drenaje de la cuenca hidrográfica	Tipo de corriente		-
	Número de orden de los ríos	Orden 1	9
		Orden 2	3
		Orden 3	-
		Orden 4	-
		Orden 5	-
		Orden 6	-
		N° Total de ríos	12
		Grado de ramificación	2
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		ríos/km²
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	msnm
		Altitud mínima (Hmin)	msnm
	Pendiente media del río principal (Sm)		%
	Altura media del río principal (H)		msnm
	Tiempo de concentración (Tc)		horas
	Densidad de drenaje (Dd)		km/km²

Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-23 y 2760-29. Insituto Geográfico Nacional

El tiempo de Concentración (Tc) se obtiene de la relación entre la longitud y las cotas máximas y mínimas del cauce principal. Los resultados indican que la gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde la cabecera a la desembocadura de la cuenca del río Salado tarda aproximadamente entre 9 y 12 horas en llegar. Estos resultados parecen razonables atendiendo a las dimensiones, forma y topografía del área de estudio que determinan una onda de creciente retardada y de poca magnitud.

Tabla 2 b. Parámetros de drenaje de la cuenca del río Salado (Resistencia-Chaco)
hoja 2760-29

PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de drenaje de la cuenca hidrográfica	Tipo de corriente	-	perenne
	Número de orden de los ríos	Orden 1	24
		Orden 2	9
		Orden 3	12
		Orden 4	-
		Orden 5	-
		Orden 6	-
		N° Total de ríos	45
		Grado de ramificación	3
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		ríos/km ² 0,0705
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	msnm 76,2
		Altitud mínima (Hmin)	msnm 47,2
	Pendiente media del río principal (Sm)		% 0,06
	Altura media del río principal (H)		msnm 61,7
	Tiempo de concentración (Tc)		horas 12,35
	Densidad de drenaje (Dd)		km/km ² 0,310

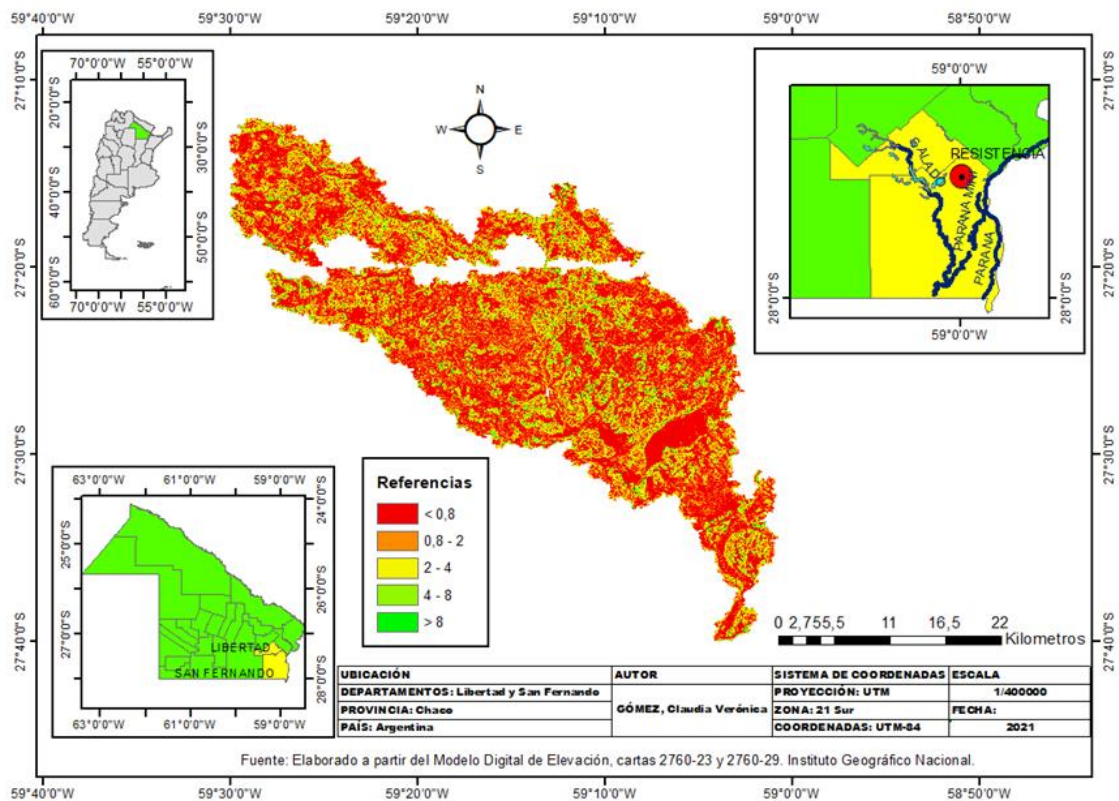
Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-23 y 2760-29. IGN

Parámetros de relieve de la cuenca

Las variables de pendiente media, polígonos de frecuencia de altitudes y curva hipsométrica fueron calculadas y representadas de manera individual para las cartas o MDE 2760-23 y 2760-29.

En la Figura 10 se representa la pendiente media de la cuenca del río Salado. En esta se advierte que predomina en el área de estudio valores inferiores al 4 %. Atendiendo a la clasificación propuesta por López Cadenas de Llano (1998) se trata de un relieve plano y/o suave (valores inferiores a 0,5 % se caracterizan como muy planos; entre 0,5 y 1 % planos; de 1 a 3 % suaves; de 3 a 12 % con lomadas).

Figura 10. Pendiente media del río Salado (Resistencia-Chaco)

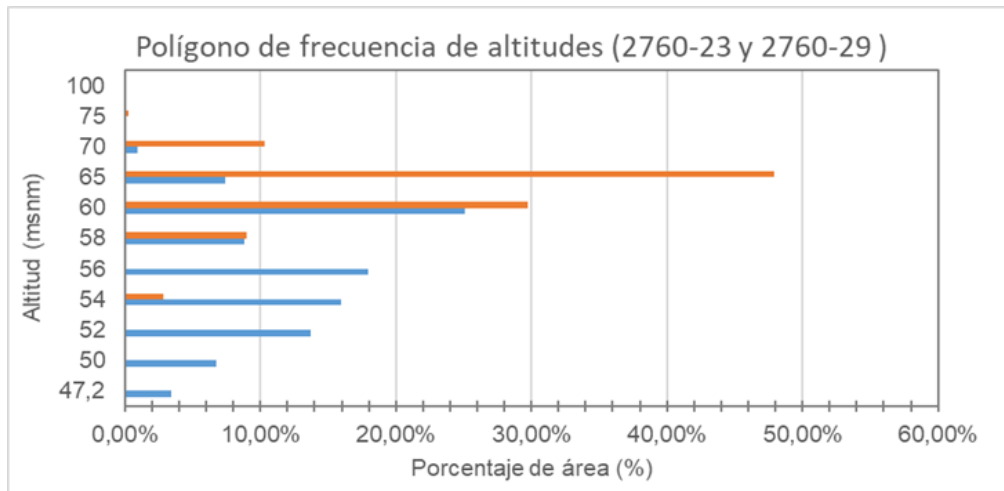


Fuente: elaboración propia a partir de cartas 2760-23 y 2760-29 IGN

En la Figura 11 se observan las altitudes más frecuentes y el área que ocupa dentro de la cuenca objeto de estudio. En el sector superior¹ (carta 2760-23) las altitudes se concentran alrededor de los 65 msnm y ocupan un 48% de la cuenca, mientras que en la parte media y baja (carta 2760-29) predominan valores de 60 msnm sobre el 25 % del área de estudio.

¹ Para las subdivisiones de la cuenca en superior, medio e inferior se tiene en cuenta dos aspectos: las altitudes y la densidad del drenaje.

Figura 11. Polígonos de frecuencia de altitudes para la cuenca alta (2760-23), media y baja (2760-29)* del río Salado.

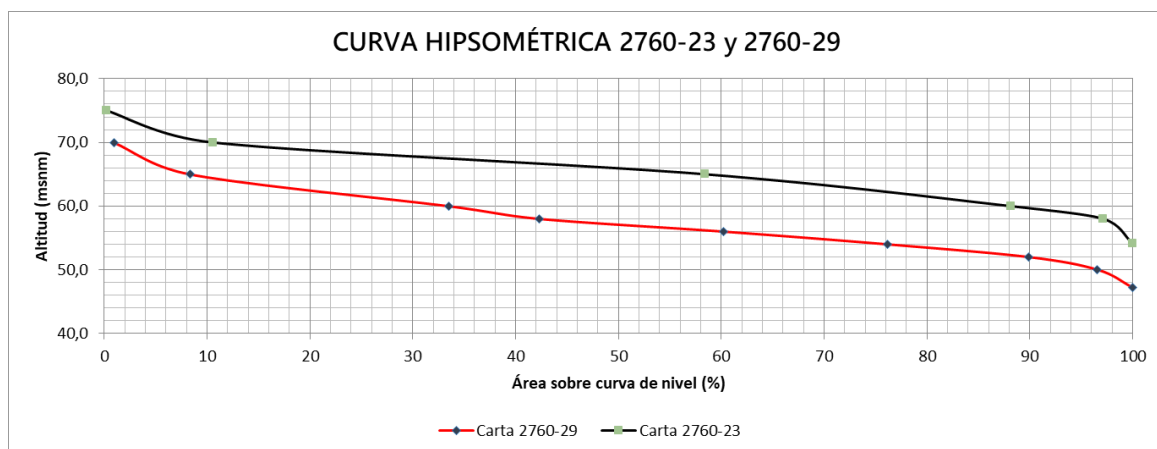


Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-23 y 2760-29. IGN.

*Referencias: Naranja: carta 2760-23; Azul: carta 2760-29.

La Curva hipsométrica es un parámetro adimensional que muestra el grado de desarrollo que presenta una cuenca. En la Figura 12 se observa el comportamiento de la variable donde se advierte, teniendo en cuenta la clasificación según su potencial evolutivo de Strahler (1952 y 1957) y Racca (2007), un estado de equilibrio o madurez con cierto potencial erosivo en la cuenca superior (carta 2760-23), mientras que los sectores medio e inferior (carta 2760-29) se caracterizan por un estadio de senectud con tendencia a la sedimentación.

Figura 12. Curva hipsométrica de la cuenca alta (2760-23), media e inferior (2760-29) del río Salado (Resistencia-Chaco)



Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-23 y 2760-29.

Características geomorfológicas

El río Salado comprende varias subunidades taxonómicas establecidas en la Tabla 3.

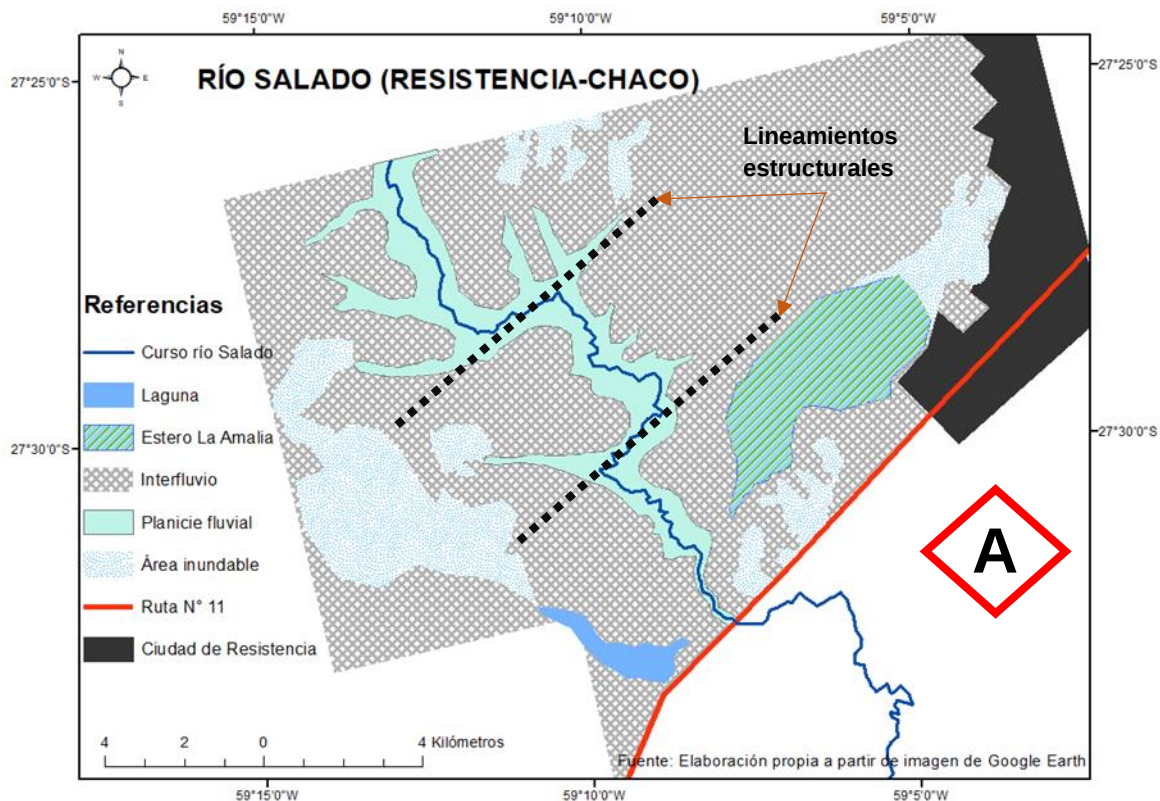
El área de estudio se extiende en la subunidad de 4to orden denominada “Dorso oriental de la provincia del Chaco con sabanas anegables y cañadas”, donde se presenta como una planicie de sedimentos modernos ligeramente sobreelevada (plano inclinado hacia el SE) y se encuentra representado en las Figuras 13 A y B donde se destacan el interfluvio, el valle fluvial y algunas depresiones como: laguna, áreas inundables, esteros y cañadas.

Tabla 3. Unidades y subunidades geomorfológicas.

Unidad	Subunidad de 2do orden	Subunidad de 3er orden	Subunidad de 4to orden
Chaco	Llanura oriental del Chaco con higrófilas.	Planicie subestructural del Chaco con sabanas, parques y cañadas.	Dorso oriental de la provincia del Chaco con sabanas anegables y cañadas. Unidad Colonia Baranda.

Fuente: Popolizio, Serra y Hort (1980):

Figura 13 A. Hidrogeomorfología del tramo medio del río Salado (Resistencia, Chaco)



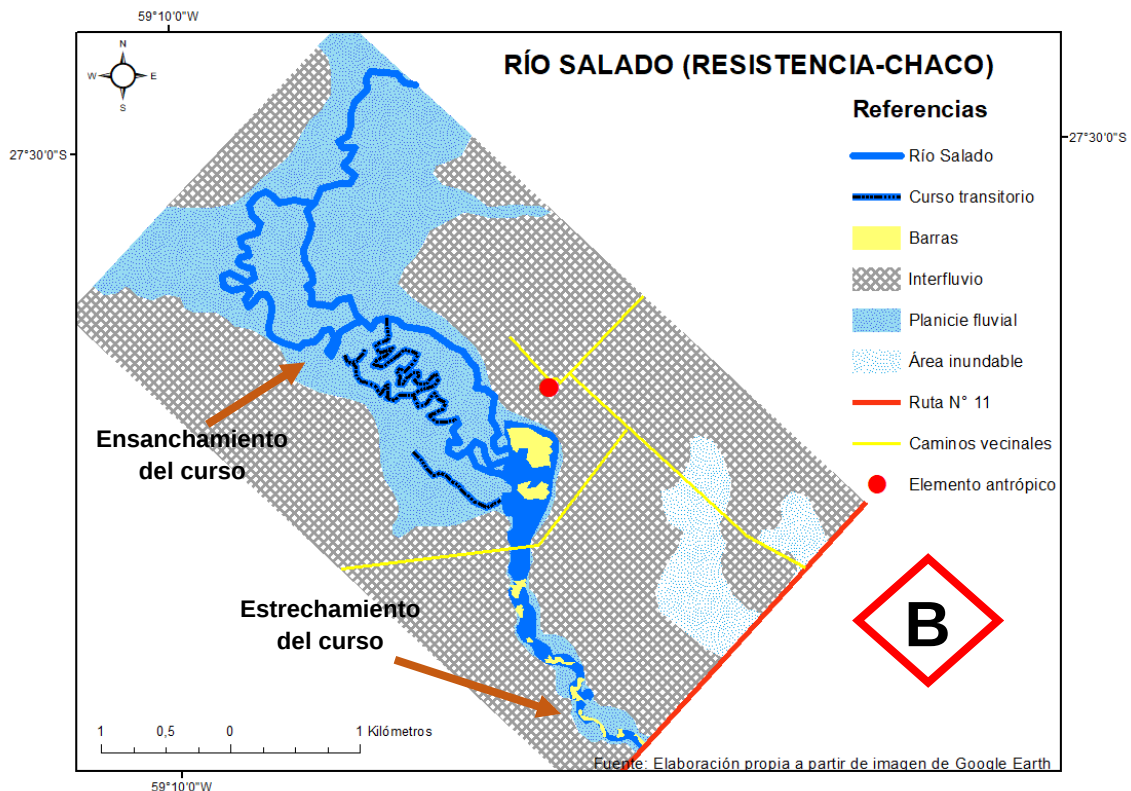
Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth

Al observar la Figura 13 A se advierte, además de lo señalado anteriormente, la existencia de posibles lineamientos estructurales en esta subunidad de relieve, además del que se encuentra localizado al oeste de la ciudad de Resistencia y fuera reconocido por Popolizio y otros (1980). Esta hipótesis se apoya principalmente en dos aspectos: a) el cambio del sentido de escurrimiento del tramo medio del río objeto de estudio y b) el ensanchamiento del cauce (Figura 13 B).

Según la escala de trabajo se observa una red de tipo meándrico en gran parte del curso, sin embargo, en la Figura 13 B resulta evidente el desarrollo de una red anastomosada que puede estar relacionado con el ensanchamiento en una parte del cauce, sin embargo, Popolizio y otros (1980) sostienen que tal comportamiento responde a la influencia del río Paraná en los momentos de crecientes y al cual denominó “riarioideo”. Así mismo, resulta importante destacar que en proximidades a la intersección con la Ruta Nacional N° 11 (RN) el río vuelve a estrechar y profundizar su cauce, probablemente por la presencia del puente fluvial o por los hipotéticos condicionamientos estructurales señalados (o por ambos aspectos).

Esto último difiere a lo señalado por los autores mencionados quienes destacan el ensanchamiento del valle y el desarrollo de terrazas en todo el área de estudio, ya que si bien se observan estas características en algunos sectores las mismas no se mantienen constantes, dando cuenta de la dinámica temporal y espacial de los flujos.

Figura 13 B. Hidrogeomorfología del tramo medio del río Salado (Resistencia, Chaco)



Fuente: elaboración propia a partir de imagen de Google Earth

Por otra parte, entre las áreas inundables se advierten depresiones más o menos circulares y cerradas, colonizadas por hierbas y delimitadas por pajonales, que podrían identificarse como “dales” (ver Figura 14 A) y en donde se observan procesos pseudokársticos (Figura 14 B).

Figura 14 A. Dale (depresión de origen eólica)



Fuente: registro propio 26/07/2020

Figura 14 B. Proceso pseudokárstico



Fuente: registro propio 26/07/2020

También se desarrollan, en proximidades de la intersección del río con la RN 11, fenómenos de solifluxión y erosión. El primer caso lo atestigua la disposición de los troncos y raíces de los árboles presentes, mientras que el segundo se evidencia por la remoción del material sedimentario y la exposición del sistema radicular (Figura 15).

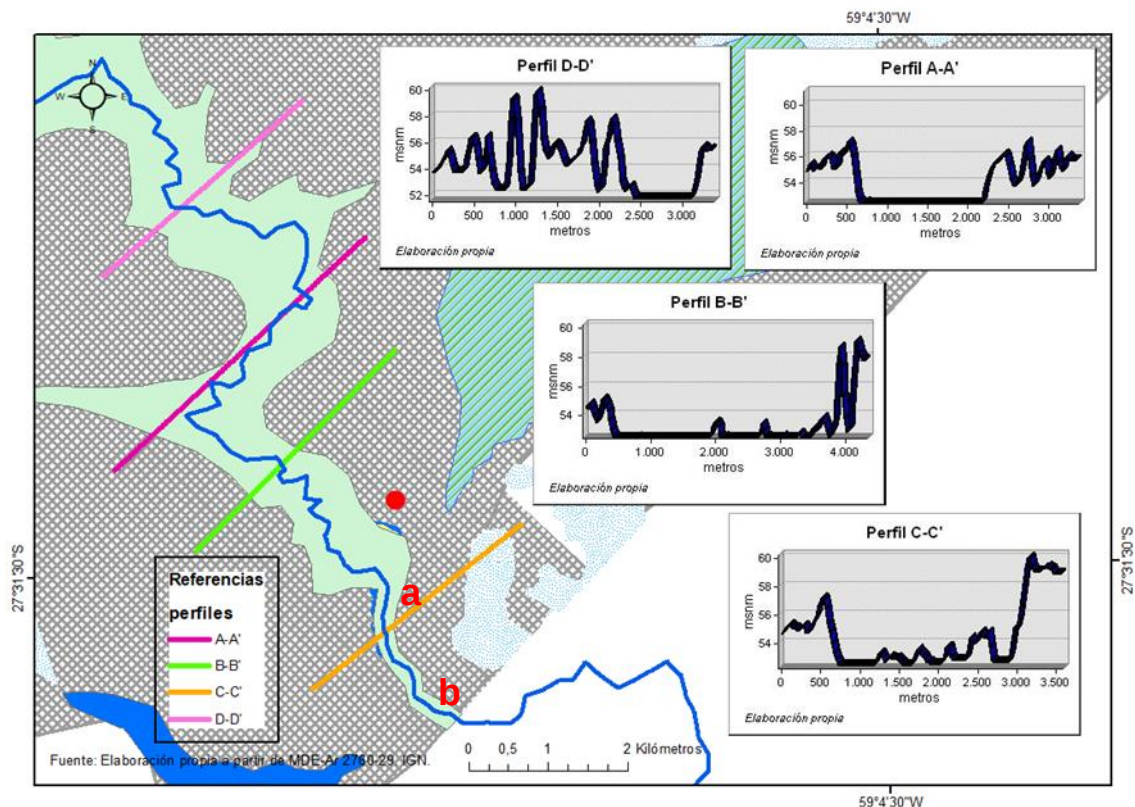
Figura 15. movimiento de ladera y remoción de material sedimentario.



Fuente: registro propio, 26/07/2020.

En el Figura 16 se encuentran localizados los perfiles topográficos que dan cuenta del carácter plano del área de estudio. La altitud se encuentra comprendida entre los 50 y 60 msnm. Los gráficos de los perfiles A-A' y B-B' permiten advertir un valle poco profundo, ancho y levemente aterrazado, mientras que C-C' y D-D' evidencia, por el contrario, un encajamiento del río, es decir, un cauce más profundo y estrecho con terrazas bien definidas (especialmente en la margen izquierda). Esto último, como se ha señalado previamente, se opone a lo señalado por Popolizio y otros (1980) quienes sostienen un ensanchamiento del curso hacia la desembocadura y pone en evidencia el efecto probable del puente fluvial y/o lineamientos estructurales en la dinámica de su trazado.

Figura 16. Localización de los perfiles topográficos en el curso medio del río Salado (Resistencia-Chaco)



Fuente: elaboración propia a partir de MDE-Ar 2760-29 IGN

*Nota: el punto rojo en el mapa representa un establecimiento privado; las letras a y b los sitios en donde se relevó la información de campo.

En la Figura 17 se exponen fotografías de dos puntos de referencias: a y b (localizadas geográficamente en la Figura 16). Se advierte río arriba del puente (Figura 17 A y C), un valle ancho y poco profundo con el desarrollo de una red anastomosada y terrazas poco

desarrolladas, mientras que en la intersección con la RN 11 (Figura 17 B y D) se observa un estrechamiento del cauce y la presencia de varias terrazas bien definidas.

Para terminar, resulta significativo mencionar las formas de escurrimiento que se pueden identificar en el área de estudio: 1) escurrimiento laminar en los interfluvios; 2) transicional en las laderas (incluso hasta el tipo carcávico, ver Figura 18 E); 3) cañadoico y esteroico en las depresiones¹; 4) y potamoico en el valle.

Figura 17. Caracteres del valle fluvial del río Salado (Resistencia-Chaco)



Fuente: registro propio, 26/07/2020

¹ Los términos cañadoico y esteroico hacen referencia a un escurrimiento endorreico particular que se da en depresiones cuyo origen puede ser paleoeólico o pseudokárstico, entre otros. En estos ambientes la lámina de agua fluye en forma centrípeta o centrífuga según se desarrolle una estación seca o húmeda. Así mismo estas oscilaciones determinan las especies florísticas que los caracterizan (Popolizio, 1975)

Dales, laguna S/N y estero La Amalia

En la Tabla 4 se pueden observar las coordenadas geográficas y los parámetros morfométricos de algunos dales identificados en la imagen de Google Earth Pro según la escala trabajada (ver también Figura 18).

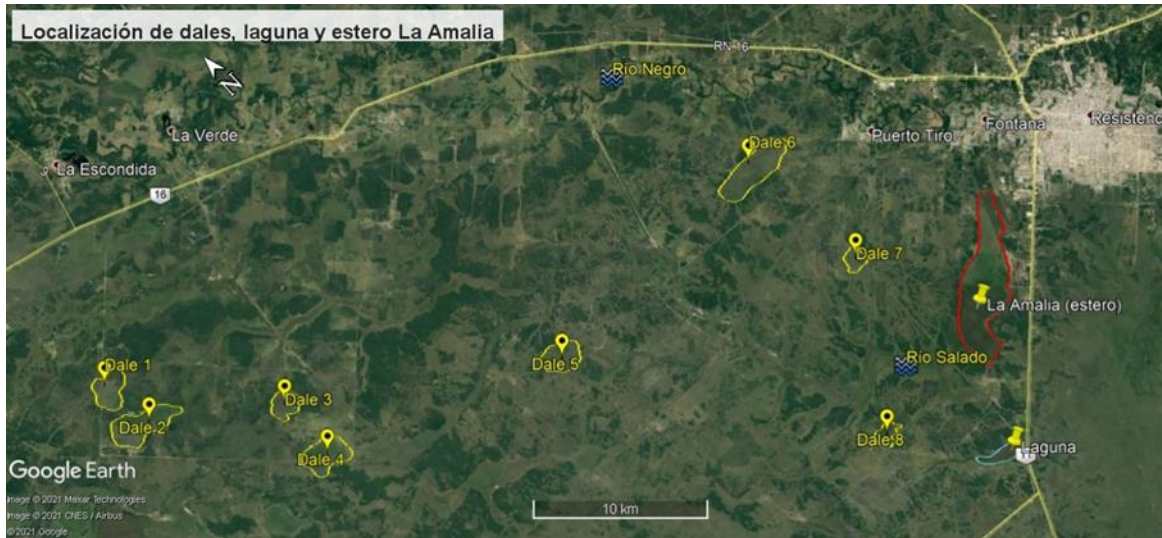
De los dales identificados, localizados y caracterizados revisten interés no sólo por sus dimensiones próximas a la de la laguna S/N (ver Tabla 5) sino también por su ubicación, aguas arriba del canal derivador, los de número de orden: 1, 3, 5, que pueden abastecer de agua en los momentos de déficit. Mientras que aquellos registrados en el orden 7 y 8 se encuentran aguas abajo de dicha obra y podrían desempeñar un papel importante en los eventos de inundación.

Tabla 4. Parámetros morfométricos de los Dales

Dales	Latitud	Longitud	Longitud Máxima Total (km)	Parámetros		
				Ancho Medio (km)	Área (km ²)	Perímetro (km)
1	27°12'23.26"S	59°30'50.60"O	2,39	1,30	3,12	7,23
2	27°14'9.76"S	59°30'34.19"O	4,34	1,26	5,45	11
3	27°16'37.61"S	59°26'40.31"O	1,85	1,17	2,16	5,76
4	27°18'40.19"S	59°26'46.44"O	2,97	1,43	4,26	8,89
5	27°21'28.57"S	59°18'30.07"O	2,45	1,30	3,19	6,74
6	27°20'59.18"S	59° 9'4.70"O	4,85	1,36	6,62	11,6
7	27°25'24.22"S	59° 8'35.39"O	1,56	0,86	1,35	4,54
8	27°30'4.78"S	59°11'59.24"O	1,60	0,90	1,45	6,55

Fuente: elaborado a partir de imagen satelital de Google Earth Pro

Figura 18. Localización geográfica de Dales, Laguna y estero La Amalia



Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth

Tabla 5. Parámetros morfométricos de la laguna S/N

	Latitud	Longitud	Parámetros			
			Longitud Máxima Total (km)	Ancho Medio (km)	Área (km ²)	Perímetro (km)
Laguna	27°33'5.52"S	59°9'12.16"O	2,56	0,66	1,68	6,46

Fuente: elaborado a partir de Google Earth

El estero La Amalia adquiere relevancia no sólo por sus dimensiones (Tabla 6) sino también por la definición de sus límites lo que la hace fácilmente identificable en las imágenes satelitales. Estas particularidades lo convierten en un potencial reservorio de agua a preservar para mitigar los eventos de inundación. Sin embargo, actualmente el factor antrópico avanza lentamente hacia sus dominios como por ejemplo el aeropuerto de la ciudad de Resistencia y algunos emprendimientos privados.

Tabla 6. Parámetros morfométricos del estero La Amalia

	Latitud	Longitud	Parámetros			
			Longitud Máxima Total (km)	Ancho Medio (km)	Área (km ²)	Perímetro (km)
Esteros La Amalia	27°29'7.66"S	59°6'41.66"O	9,82	1,80	17,7	23,4

Fuente: elaborado a partir de Google Earth

Características fitogeográficas

Cabe recordar que toda el área de estudio se localiza en el sector oriental de la provincia del Chaco cuyos montos pluviométricos superan los 1000 mm. Los valores más altos se concentran en la estación estival (lo que se traduce en un mayor escurrimiento) y luego disminuyen hacia el invierno. Sin embargo, se debe mencionar que el espacio se encuentra expuesto a las variaciones pluviométricas interanuales, propias de la variabilidad climática de la región de la que forma parte (Gómez, 2019 a), manifestando dichos caracteres en la vegetación.

Teniendo en cuenta lo anterior es posible observar una vegetación adaptada a la dinámica del pelo de agua en las áreas anegables y en zonas relativamente más elevadas o no anegables con un escurrimiento superficial óptimo. En los primeros, el elemento arbóreo tiende a dispersarse o a estar ausente y presentan mayor heterogeneidad de fisonomías (parques y sabanas, ver Figura 19 A, B, C y D), mientras que en los segundos se observan el dominio de las leñosas que se traducen en bosques preferentemente altos (Popolizio y otros, 1980; Alberto, 2006).

En el primer grupo podemos mencionar, como más representativos por su densidad, a los pajonales (*Schizachyrium condensatum*, *Panicum prionites*), palmeras (*Copernicia alba*) y timbó (*Ateleia inundata*). En el segundo se pueden citar al timbó (*Ateleia glazioviana*), tala (*Celtis tala*) y algunos ejemplares del género *Prosopis*, entre otros.

Resulta interesante señalar que, en la zona no anegable, el estrato arbóreo se puede subdividir a su vez en ejemplares que se extienden sobre paleoformas eólicas (comunidades de madera dura, como por ejemplo quebrachales [*Schinopsis balansae*]) y las que se extienden sobre formas fluviales actuales (se asocian con bosques altos de aspecto higrófilo, cuyo representante podría considerarse el timbó).

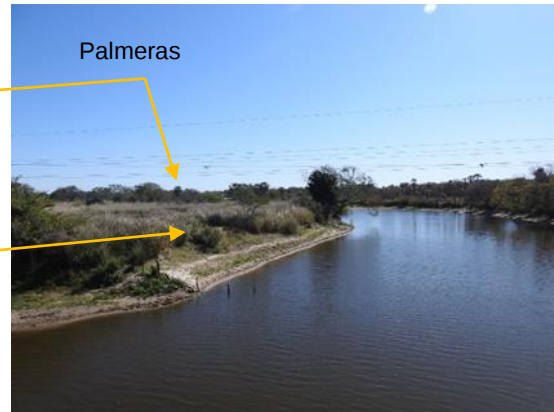
Figura 19. Formaciones vegetales en las riberas del río Salado (Resistencia- Chaco)



A

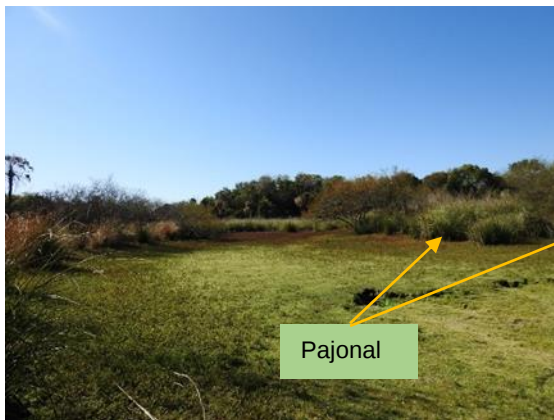
Pajonales

Foto tomada en el punto **a** localizado en la figura 16



B

Foto tomada en el punto **b** localizado en la figura 16



C

Foto tomada en cercanías del punto **a** localizado en la figura 16



D

Foto tomada en cercanías del punto **a** localizado en la figura 16

Fuente: registro propio, 26/07/2020

Para terminar, se debe decir que las sabanas parques adquieren protagonismo particularmente aguas arriba del tramo estudiado, coincidiendo con lo señalado por Popolizio y otros (1980) "De occidente a oriente las fisonomías de bosques y parques se estrechan cada vez más, al mismo tiempo que ganan espacios la sabana, pastizales y pajonales anegables. Este hecho está asociado al ensanchamiento de las vías de escurrimiento y al ingreso de las aguas del Paraná durante las crecidas" (pág. 185).

Sin embargo, en intersección del río Salado con la RN 11 se advierte, por el contrario, el desarrollo de bosques en la margen izquierda del fluvio (Figura 19 D) mientras que en la margen derecha predominan los pajonales y palmeras (Figura 19 B) que podrían considerarse como testigos del antiguo valle ancho y aterrizado mencionado por los autores.

Conclusiones

La cuenca del río Salado posee un régimen de alimentación pluvial estival, es decir, las altas aguas se concentran al finalizar las lluvias de la estación estival dando cuenta la influencia de las características climáticas subtropicales de nuestras latitudes y los caracteres morfométricos del fluvio. Esto último se puede resumir en los siguientes aspectos:

- se trata de una subcuenca clasificada, en término de dimensiones, como intermedia con un área de 926.29 km²;
- presenta una forma rectangular alargada con un grado de ramificación 3, que puede estar relacionado no sólo con las dimensiones de la cuenca sino también con el carácter plano del relieve con pendientes que oscilan entre 0.06 y 0.07 %;
- lo anterior determina una densidad de drenaje pobre o ineficiente con un tiempo de concentración comprendido entre 9 y 12 hs lo que generaría ondas de crecientes poco significativas o de menor magnitud.

Así mismo, cabe señalar que en el área de estudio predomina el proceso de sedimentación propio de una cuenca cuyo estado de desarrollo se encuentra en la etapa senil, sin embargo, se advierte erosión vertical hacia la desembocadura del río dando lugar a la formación de terrazas bien definidas y vegetación arbórea asociada. En cuanto al escurrimiento es posible detectar el potamoico, esteroico y cañadoico. Los dos últimos revisten especial interés pues se caracterizan por ser laminar y lento (influye la topografía y la vegetación herbácea) propios de esteros y dales.

Atendiendo a las características fisiográficas de la cuenca del río Salado es posible concebir a los dales (y algunos esteros con límites bien definidos) como cuerpos de agua permanente como una alternativa para mitigar los eventos de sequías e inundaciones. En los momentos de sequía los dales identificados con los números 1, 3 y 5 podrían almacenar agua para luego abastecer del recurso en las épocas de escasez; mientras que los dales 7 y 8, el estero La Amalia y la laguna S/N podrían retenerla y amortiguar los eventos de inundación.

Referencias bibliográficas

Administración Provincial del Agua (2017). Anuario de Hidrometría, provincia del Chaco, 1905-2017. Dirección de Estudios Básicos, Departamento de Estudio Hídrico Superficial. Disponible en:
<http://apachaco.gob.ar/site/images/anuarios/ANUARIO%20HIDROMETRICO.pdf>

Alberto, J. (2006). El chaco oriental y sus fisonomías vegetales. *Revista Geográfica Digital (IGUNNE)* Año 3 N° 5 enero-junio. Recuperado de:
<https://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/homeig0.htm>

- Brieva, C. (2018). Caracterización de cuencas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Mendoza. Pág.: 161
- Bruniard, E., (1981). *“El Clima de las Planicies del Norte Argentino”*. Tesis doctoral. Resistencia. Facultad de Humanidades de la UNNE.
- Bruniard, E (1992). *Hidrografía*. Colección Geográfica. Buenos Aires. Editorial Ceyne
- Campos, A. (1992). Proceso del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 1ª ed. San Luis Potosí, México. 22-23 pp.
- Castellanos, A. (1968). Desplazamientos naturales, en abanico del río Salado del Norte en la llanura Chaco-Santiagueña-Santafecina. Instituto de Fisiografía y Ecología. Facultad de Ciencias Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional del Litoral. Pp. 5-14
- Dangavs, N. (1976). Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en lagunas pampásicas. *Limnobiós* 1 (2). Pp: 35-39
- Gaspari, F., Rodríguez Vagaría A., Senisterra G., Denegri G., Delgado M., Besteiro S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina *AUGMDOMUS*, 4, Asociación de Universidades Grupo Montevideo. Pp: 143-158 <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476>
- Gómez, C (2019a). *Eventos pluviométricos extremos, sequías e inundaciones, en las provincias del noreste argentino durante la segunda mitad del siglo xx y principios del xxi. Análisis de su génesis, frecuencia, intensidad, magnitud y distribución espacial*. Tesis Doctoral. Facultad de Humanidades UNNE. Pp. 340. Inédito.
- Gómez C. (2019b). Inundaciones en el área Metropolitana del Gran Resistencia y la obra de control de laguna blanca, Provincia del chaco. *GEOHOY. Sección Artículos Breves y Avances de Investigación. Boletín Semestral Digital del IGUNNE*. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 01. N° 02 enero-junio. Resistencia, Chaco. En: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geohoy/index.htm>
- Horacio, J. y Ollero, A. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* N.º 56. Pp. 373-396
- Instituto Geográfico Nacional. Modelo Digital de Elevación. Disponibles en: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/>
- Jardí, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, Barcelona, España: 19. Pp.: 41-68
- López Cadenas de Llano, F. (1998). Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, TRAGSATEC, Ministerio de Medio Ambiente. Editorial Mundi Prensa, Madrid, España. Pág. 945
- Memendi, J. (2011). “Sistemas fluviales y normas legislativas ambientales”. *Centro de documentación e información*. Ministerio de Producción y Ambiente. Chaco.

- Pardé, M. (1966). *Cursos de agua. Hidrología fluvial, en Geografía General. Enciclopedia de la Pléyade*, Ed. Gallimard. París.
- Patiño, C. (1995), Sinopsis geomorfológica y ambiental de la Cuenca del río Salado. *CECOAL*, 2. Pp. 14-26.
- Popolizio E., Serra, P. y G. Hort (1980). Planicie subestructural del Chaco con sabanas parques y cañadas-unidad 1.4.2. En Tomo 3: Bajos Submeridionales, grandes unidades taxonómicas del Chaco. *Centro de Geociencias Aplicadas Serie C-Investigación*. Pp. 175-208.
- Prohaska, F. (1961). "Las características de las precipitaciones en la región semiárida pampeana". En: *Revista de Investigaciones Agrícolas* N° 72. Buenos Aires. INTA: Instituto de Suelos y Agrotecnia
- Racca J. (2007). Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*. Rosario, Argentina, 77 (1-2). Pp.: 31-38
- Ruíz de León, I. (Ed.) (1986). Metodologías de priorización de cuencas. *Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, CATIE*. Panamá. Pág. 197
- Saavedra, J (2001). Planificación Ambiental de los Recursos Forestales en la Región de la Araucanía, Chile. Definición de las Unidades Homogéneas de Gestión. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Pág: 342.
- Schwerdtgeger, W., (1954). "Aplicación de métodos objetivos a la previsión de lluvias en Buenos Aires". En: *Meteoros: Revista de Meteorología y Geofísica*. Año 4, N° 1-2. Buenos Aires. Servicio Meteorológico Nacional.
- Strahler A. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63. Pp.: 1117 –1142.
- Strahler A. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, 38 (6). Pp.:913 – 925
- Wolcken, K., (1954). "Algunos Aspectos Sinópticos de la Lluvia en la Argentina". En: *Meteoros: Revista de Meteorología y Geofísica*. Buenos Aires. Servicio Meteorológico Nacional. Pp. 327-366.