

INFORME INA

ESTUDIO DE EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS
CON VISTAS A EVALUAR EL IMPACTO EN LA
FAUNA ÍCTICA EN LOS TRAMOS COMPARTIDOS
ENTRE ARGENTINA Y PARAGUAY

INFORME FINAL

Investigación científica aplicada
para Grupo Técnico Ad Hoc de COMIP

Julio de 2025



2024 -"Año de la Defensa de la Vida, la Libertad y la Propiedad"

AUTORIDADES INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

PRESIDENTE

Lic. Bernardo Bartolomé HEREDIA (a/c del despacho)

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Fernando José ZÁRATE

SUBGERENTE CENTRO REGIONAL LITORAL

Ing. Jorge Collins (a/c del despacho)

PERSONAL PARTICIPANTE EN LA REALIZACIÓN DEL SIGUIENTE TRABAJO

SUBGERENCIA CENTRO REGIONAL LITORAL

Ing. María Rosana MAZZON

Dra. Ing. Silvia RAFAELLI

ESTUDIO DE EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS CON VISTAS A EVALUAR EL IMPACTO EN LA FAUNA ÍCTICA EN LOS TRAMOS COMPARTIDOS ENTRE ARGENTINA Y PARAGUAY

RESUMEN

El presente trabajo actualiza e integra la caracterización de eventos hidrológicos extremos en los ríos Paraguay y Paraná (hasta la estación Corrientes), considerando la serie de niveles hidrométricos y caudales en estaciones ubicadas en los cursos principales -compartidos entre Argentina y Paraguay- del río Paraná y Paraguay e información satelital disponible a nivel global.

El objetivo de estudio fue el análisis hidrológico de eventos extremos como aporte a la evaluación del impacto en la fauna íctica.

La primera parte del informe incluye un análisis de alturas/cotas hidrométricas medias diarias y caudales medios anuales disponibles en las estaciones de Puerto Pilcomayo, Puerto Bermejo, Itá Cajón, Itatí y Corrientes. En particular para la estación Corrientes se trabajó con mayor detalle los eventos hidrológicos extremos desde el año 1905 hasta 2023, examinando series observadas de alturas medias diarias y caudales medios mensuales y asociando los valores extremos a eventos “El Niño” y “La Niña”. En la segunda parte se incorpora el análisis de información satelital en un sector del río Paraná aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Yacyretá-Apipé. Esto incluye el análisis de datos obtenidos del Explorador de Aguas Superficiales (GSWE) y del observatorio sobre “Topografía de Aguas Superficiales y Océanos (SWOT)”.

El estudio realizado ha permitido caracterizar los eventos hidrológicos extremos en los tramos de los ríos Paraná y Paraguay, compartidos entre Argentina y Paraguay. Se incluyó observaciones satelitales complementarias a los datos de terreno, considerando que el uso conjunto de esta información permitirá mejorar el análisis integrado del comportamiento la fauna íctica frente a eventos hidrológicos extremos.

Descriptor temático: Datos satelitales. Datos hidrométricos. Eventos extremos.

Descriptor geográfico: Cuenca del Plata. Ríos Paraná Paraguay. Confluencia Paraná-Paraguay.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	1
3. ÁREA DE ANALISIS, ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y SENSORES REMOTOS CONSIDERADOS .	1
4. METODOLOGÍA.....	4
5. RESULTADOS	5
5.1. Análisis basado en alturas hidrométricas y caudales	5
5.1.1 Análisis de series históricas	5
5.1.2 Análisis de eventos extremos en la estación Corrientes	7
5.2 Información satelital con información hidrológica de interés	11
6. CONSIDERACIONES FINALES.....	14

ANEXOS

Anexo 1: Alturas –cotas medias diarias

Anexo 2: Caudales medios anuales

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional del Agua (INA) es el organismo de ciencia y tecnología de referencia en materia de investigación y desarrollo de proyectos asociados a la gestión social, productiva y ambiental del agua de Argentina. El sistema de alerta hidrológico de la Cuenca del Plata en el INA brinda información a la comunidad a partir del año 1983 y en particular la Subgerencia Centro Regional Litoral (SCRL) analiza e integra datos hidrológicos y meteorológicos para brindar información calificada sobre situación hidrológica del Sistema Paraná-Paraguay en diversos espacios de investigación y gestión.

En este contexto, el INA participa del Grupo de Trabajo Técnico Binacional para el análisis de eventos hidrometeorológicos extremos y su impacto en los recursos icticos en los tramos limítrofes, correspondiente al “Convenio sobre Conservación y Desarrollo de los Recursos Ícticos en los Tramos Limítrofes de los Ríos Paraná y Paraguay entre la República Argentina y la República del Paraguay”. Se trata de un Grupo ad-hoc del Consejo Asesor en el marco del mencionado Convenio.

En este sentido, el presente documento actualiza e integra la caracterización de eventos hidrológicos extremos en los ríos Paraguay y Paraná (hasta la estación Corrientes), considerando la serie de niveles hidrométricos y caudales en estaciones ubicadas en los cursos principales del río Paraná y Paraguay e información satelital disponible a nivel global.

2. OBJETIVO

Objetivo general

Análisis de eventos extremos en el Sistema Paraná-Paraguay hasta la confluencia en Corrientes, como aporte a la evaluación del impacto en la fauna íctica en los tramos compartidos entre Argentina y Paraguay.

Objetivos particulares

- Identificar los niveles máximos y mínimos observados en los ríos Paraná y Paraguay durante eventos extremos en estaciones de referencia. Referenciar esta información como “cotas IGN”¹ (Instituto Geográfico Nacional) de cada escala.
- Visibilizar y validar información hidrológica proveniente de datos satelitales disponibles para complementar la evaluación del impacto en la fauna íctica.

3. ÁREA DE ANALISIS, ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y SENSORES REMOTOS CONSIDERADOS

El área de estudio forma parte del Sistema Paraná-Paraguay, considerando los tramos compartidos entre Argentina y Paraguay. Este análisis se basa en el informe “Incorporación de información satelital al análisis hidrológico de eventos extremos en los ríos Paraná y Paraguay” (Rafaelli S., Mazzón R., Obregón Gómez, A., 2024)².

¹ “Cota IGN”, se refiere a la altura de un lugar en relación con un nivel de referencia (nivel medio del mar) establecido por el IGN.

² Informe técnico del Instituto Nacional del Agua. Online: <https://repositorio.ina.gov.ar/handle/123456789/757>



Figura 1: Cuenca del Plata con Mapa de Subcuencas ³

Las estaciones hidrométricas utilizadas para la caracterización de los eventos extremos están citadas y ubicadas en la Figura 2. En la Tabla 1 se incluye nombre de estación, ubicación (latitud y longitud), disponibilidad de altura y caudal, cero de escala y su marco de referencia.

Las fuentes de los datos hidrométricos y caudales utilizados en el presente estudio provienen de la Red Hidrológica Nacional (RHN).



Figura 2: Estaciones hidrométricas consideradas

³ Recuperado de <https://cicplata.org/es/mapas-de-la-cuenca/>

Tabla 1: Información general de estaciones hidrométricas y disponibilidad de datos⁴

Estación	Río	Latitud	Longitud	Altura	Caudal	Cero escala	Marco de referencia
Puerto Pilcomayo	Paraguay	-25°22'19.20"	-57°39'01.10"	Si	Si	52,29	IGN
Puerto Bermejo	Paraguay	-26°55'33.20"	-58°30'25.30"	Si	Si	45,57	IGN
Itá Cajón	Paraná	-25°36'14.80"	-54°35'34.30"	Si	No	79,18	IGN
Itatí	Paraná	-27°15'58.50"	-58°14'39.50"	Si	Si	45,12	IGN
Corrientes	Paraná	-27°27'35.00"	-58°50'00.00"	Si	Si	41,859	IGN*

(*): Dato del Sistema MOP transformado a cota IGN.

Al dato del Sistema MOP se restó 0.531 m para pasar el valor a cota IGN⁵.

Las fuentes de información satelital son:

- Explorador de Aguas Superficiales (GSWE del inglés Global Surface Water Explorer)⁶ El GSWE es una herramienta web creada por la Comisión Europea que proporciona mapas y estadísticas detalladas sobre la presencia y cambios de las aguas superficiales en la Tierra a lo largo del tiempo. Utiliza datos de satélite Landsat y la plataforma Google Earth Engine para crear una "máquina del tiempo virtual" que muestra la ubicación y distribución del agua en la superficie terrestre desde 1984 hasta la actualidad. Esta máquina del tiempo virtual mapea la ubicación y distribución temporal de las superficies de agua a escala global durante las últimas 3,8 décadas, y proporciona estadísticas sobre su extensión y cambio para respaldar una toma de decisiones mejor informada sobre la gestión del agua.
- Observatorio de Aguas Superficiales y Topografía Oceánica (SWOT del inglés Surface Water and Ocean Topography)⁷. SWOT está siendo desarrollado conjuntamente por la NASA y el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) de Francia, con contribuciones de la Agencia Espacial Canadiense (CSA) y la Agencia Espacial del Reino Unido. El Observatorio se lanzó en diciembre de 2022 y completó su órbita repetida de un día para la fase de "muestreo rápido" o "calibración" de la misión a principios de julio de 2023. Posteriormente, SWOT pasó a una órbita repetida de 21 días en agosto de 2023 para iniciar su fase "científica", que se espera que continúe hasta 2025 (<https://swot.jpl.nasa.gov/mission/overview/>). Las variables relevadas son útiles para diversas aplicaciones, tales como el monitoreo de los niveles de agua durante inundaciones y sequías, el seguimiento de los cambios en el almacenamiento en los embalses y, la evaluación de niveles en ríos transfronterizos, entre otros.

⁴ Informe Final - Etapa I "Metodología para estimación perfiles de cotas (IGN) del nivel de agua a lo largo del río Paraná, en diversas condiciones de caudal – análisis de datos hidrométricos río Paraná". Beca de servicio (UTN), estudiante avanzado ingeniería civil, Andrés Obregón Gómez. Directora: María Rosana Mazzón, Co-director: Adolfo Villanueva. INA-SCRL. Diciembre 2024.

⁵ IGN, Instituto geográfico nacional. (2017). Comparación de orígenes altimétricos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Instituto geográfico nacional de la República Argentina, Dirección de geodesia.

https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Vinculacion_altimetrica_IGN_CABA.pdf

⁶ Explorador de Aguas Superficiales (GSWE del inglés Global Surface Water Explorer). <https://global-surface-water.appspot.com/#>

⁷ Observatorio de Aguas Superficiales y Topografía Oceánica" (SWOT del inglés Surface Water and Ocean Topography)

<https://swot.jpl.nasa.gov/>

4. METODOLOGÍA

La primera parte del trabajo considera las series históricas de **alturas hidrométricas y caudales** en estaciones de referencia mencionadas en el ítem 3. El análisis descriptivo de alturas hidrométricas y caudales en los ríos Paraguay y Paraná, incluyó las siguientes etapas:

- Presentar gráficamente las series de datos de las alturas hidrométricas asociadas a cotas IGN.
- Incluir referencias sobre los máximos y mínimos de alturas-cotas identificados en las series de datos disponibles para cada estación.
- Graficar los caudales medios anuales (estimados en base a alturas hidrométricas), indicando valores medios en estaciones de referencia para el período disponible.
- Determinar la media anual de caudales para la serie completa (período disponible), comparando con la media incluida en el Análisis Diagnóstico Transfronterizo que consideró la serie 1971-2010.
- Identificar los eventos extremos en Corrientes y analizar en primera instancia los caudales medios mensuales, verificando los períodos bajo el fenómeno El Niño-La Niña disponibles a partir de 1950.
- También para los eventos extremos se grafican:
 - Las alturas mínimas diarias anuales, identificando las bajantes históricas.
 - La serie de cotas medias diarias para cada año con bajantes extremas, identificando fecha y registro.
 - Las alturas máximas diarias anuales, identificando las crecientes históricas.
 - La serie de cotas medias diarias para cada año con crecientes extremas; identificando fecha y registro.

Para la segunda parte del trabajo se incorpora al análisis **la información satelital** observada en un sector del río Parana compartido entre Argentina y Paraguay. Esto incluye:

- Identificar en el Explorador de Aguas Superficiales (GSWE) información hidrológica presentada a través de mapas/capas según detalle: ocurrencia de agua (1984-2021), intensidad de cambio de la ocurrencia de agua (1984-1999 / 2000-2021), estacionalidad (2021), máxima extensión cubierta por agua (1984-2021), transiciones hídricas (1984-2021).
- Identificar datos e información hidrológica satelital (radar) desde el año 2022 disponibles en el observatorio sobre “Topografía de Aguas Superficiales y Océanos (SWOT)”, en tramos longitudinales. Entre las variables de interés se consideran: ubicación del tramo (Longitude-Latitude), ID del tramo (reach ID), longitud del tramo (reach length), nodos en el tramo (node count), elevación promedio de la superficie del agua (average water surface elevation – WSE), ancho promedio (average width) pendiente media de la superficie del agua (average reach slope), ID del tramo aguas arriba (upstream reach ID), ID del tramo aguas abajo (downstream reach ID)

5. RESULTADOS

5.1 Análisis basado en alturas hidrométricas y caudales⁸

5.1.1 Análisis de series históricas

A) Alturas-cotas hidrométricas medias diarias

Los datos de alturas hidrométrica medias diarias se han convertido a cotas IGN en aquellas estaciones donde la información está disponible. Los gráficos de las series disponibles se incluyen en el Anexo 1. En la Tabla 2 se presentan para cada estación: período de datos disponibles, fecha-altura-cota máxima registrada y fecha-altura-cota mínima registrada.

Tabla 2: Alturas-cotas máximas y mínimas diarias (medias diarias)

Estación	Período	Fecha del máximo	Altura máxima (m)	Cota máxima (m)	Fecha del mínimo	Altura mínima (m)	Cota mínima (m)
Puerto Pilcomayo	02/ene/1910 31/jul/2024	30/may/1983	9,22	88,40	06/oct/2021	-0,28	78,90
Puerto Bermejo	02/ene/1910 31/ago/2024	29/may/1983	9,76	62,05	25/nov/1916	-0,98	51,31
Itá Cajón	07/nov/1987 09/jun/2014	31/may/1992	47,22	126,40	09/oct/1988	10,84	90,02
Itatí	01/jul/1910 31/mar/2024	17/jul/1983	10,11	55,23	07/oct/1944	-0,84	44,28
Corrientes	01/ene/1904 31/mar/2024	18/jul/1983	9,01	50,87	07/oct/1944	-0,82	41,04

En el caso de las alturas-cotas **máximas** diarias identificadas, ocurrieron: en 1983 en Pto. Pilcomayo, Pto. Bermejo, Itatí y Corrientes y en 1992 en Ita Cajón.

En relación a las alturas-cotas **mínimas** diarias se observan: en 1944 en Itatí y Corrientes, en 2021 en Pto. Pilcomayo, en 1916 en Pto Bermejo y en 1988 en Ita Cajón.

Según este análisis de máximas y mínimas, la crecida ocurrida en 1983 se refleja en todo el Sistema Paraná-Paraguay, en cambio la bajante extrema de 1944 es más evidente en el río Paraná que en el río Paraguay.

B) Caudales medios anuales

En el análisis diagnóstico transfronterizo de la Cuenca del Plata (2017)⁹ se tomaron como referencia los caudales medios para el período 1971-2010:

- Río Paraguay en Puerto Bermejo aguas arriba de la desembocadura en el río Paraná, está estimado en 4.696 m³/s, drenando un área de aporte de 1.135.624 km².

⁸ Del informe "Incorporación de información satelital al análisis hidrológico de eventos extremos en los ríos Paraná y Paraguay" (2024). Rafaelli S., Mazzón R., Obregón Gómez, A. Instituto Nacional del Agua, <https://repositorio.ina.gob.ar/handle/123456789/757>

⁹ Del Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT) de la Cuenca del Plata. https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analisis_diagnostico_transfronterizo_de_la_cuenca_del_plata.pdf

- Río Paraná en Itatí aguas arriba de la desembocadura del río Paraguay, está estimado en 13.916 m³/s (Itatí), drenando un área de 953.950 km².
- Río Paraná aguas abajo de la confluencia Paraná-Paraguay, en Corrientes estimado en 18.989 m³/s, drenando un área de aporte de 1.950.000 km².

La información en la estación Corrientes refleja la situación de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, donde aproximadamente el 75% del caudal proviene del Alto Paraná, mientras que el 25% del caudal proviene del río Paraguay. La misma relación se observa en el análisis de la serie actualizada hasta 2022, según se refleja en la Tabla 3.

Tabla 3: Caudales medios anuales en estaciones que disponen datos

Estación	Período	Q medio de la serie (m ³ /s)	Q medio desde 1970 hasta el último valor disponible (m ³ /s)	Q medio del ADT Cuenca del Plata Periodo 1971-2010
Puerto Pilcomayo	1910-2022	3537	Serie con faltante	-
Puerto Bermejo	1911-1994 2016-2022	3874 4310	Serie con faltante	4696
Itatí	1911-1920	10036	13573	13916
	1929-2022	12583		
Corrientes	1904-2022	17087	18805	18989

En el Anexo 2 se incluyen los gráficos de los datos disponibles de las series de caudales medios anuales en las estaciones de referencia y se destaca que desde 2019 los caudales medios anuales estuvieron por debajo de los valores medios en todas las estaciones, coincidente la sequía registrada en la Cuenca del Plata. A modo de ejemplo se incorpora en la Figura 3 los registros para la estación Corrientes.

Durante las últimas décadas se ha considerado que desde el año 1970 se reflejaba un cambio significativo en la serie de caudales (con medias superiores en un 10% aproximadamente) y por tal motivo en la Tabla 1 se incluyen los valores promedios para la serie completa y para la serie a partir de 1970. Durante la sequía 2019-2022 se registran valores mínimos comparables con la bajante de 1944 pero la tendencia antes mencionada se mantiene.

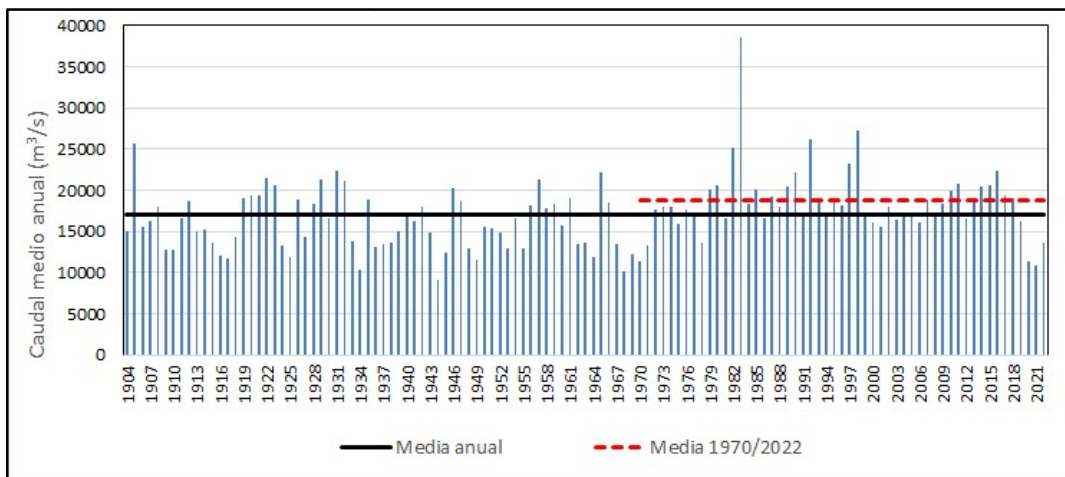


Figura 3: Caudales medios anuales en Corrientes

5.1.2 Análisis de eventos extremos en la estación Corrientes¹⁰

Para realizar el análisis se despliega con mayor detalle los eventos hidrológicos en la serie de la estación Corrientes (suma de los caudales de los ríos Paraguay y Paraná en su confluencia) que representa el ingreso al tramo medio inferior del río Paraná. Los datos incluyen los máximos y mínimos desde el año 1905 hasta 2023.

A) Alturas medias diarias

Se analizó la serie de alturas medias diarias y se identificaron las bajantes y crecientes históricas anuales detalladas en las Figuras 4 y 5 respectivamente. En cada caso se incluyó un gráfico con las alturas mínimas y máximas diarias anuales, destacando los años con eventos extremos. Luego se graficaron los datos diarios para dichos años utilizando cotas hidrométricas. En las Tablas 4 y 5 se resumen la fecha, altura, cota y caudal para cada evento extremo citado anteriormente.

Sobre bajantes históricas identificadas, se destaca que el reciente nivel mínimo de enero de 2022 le antecede el mínimo en septiembre de 1969 (distante más de 50 años).

Con relación a las crecientes históricas en la estación Corrientes, la mayor frecuencia ocurre durante los últimos 50 años, identificando la más reciente en 2015-2016.

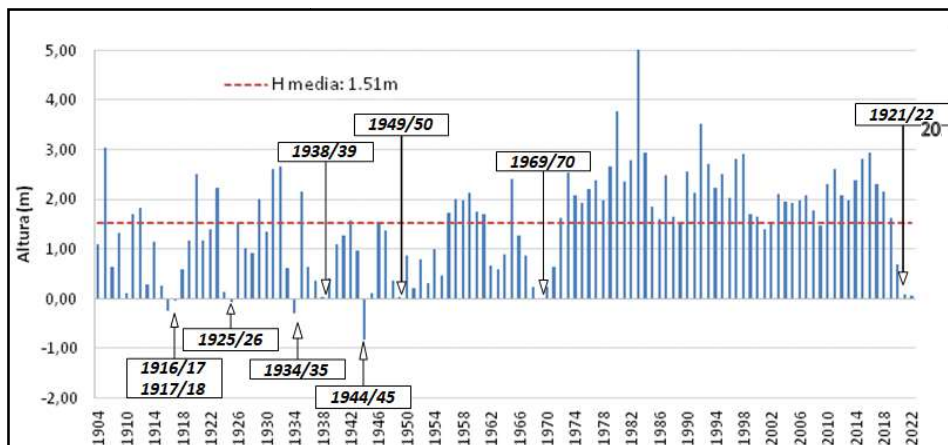


Figura 4a: Bajantes históricas – Alturas mínimas diarias anuales de cada año hidrológico

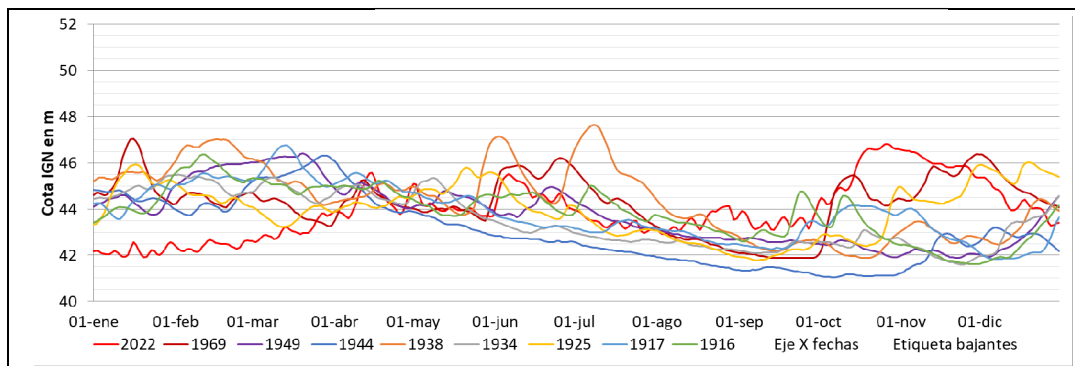


Figura 4b: Bajantes históricas – Cotas medias diarias para cada año con bajantes extremas

¹⁰ Tomando como antecedente: Informe de avance. Proyecto interinstitucional PITES: “Socioecosistema fluvial Paraná-Paraguay estudio argentino en el escenario de cambios globales. Objetivo 2.4 Relación de las bajantes y las crecientes de los ríos Paraná y Paraguay con su impacto sobre los servicios ecosistémicos . Equipo de trabajo: Silvia Rafaelli, Rosana Mazzon, María José MÜLler, Micaela Milano. INA-SCRL Febrero 2023.

Tabla 4: Valores de eventos extremos - Bajantes históricas

Fecha	Altura (m)	Cota (m snm)	Caudal (m ³ /s)
07/oct/1944	-0.82	41.0	3945
24/nov/1934	-0.27	41.6	5151
27/nov/1916	-0.24	41.6	5221
08/sep/1925	-0.08	41.8	5600
06/dic/1917	-0.03	41.8	5721
14/sep/1969	0.01	41.9	5981
17/oct/1938	0.02	41.9	5818
22/nov/1949	0.03	41.9	5867
20/ene/2022	0.06	41.9	7336

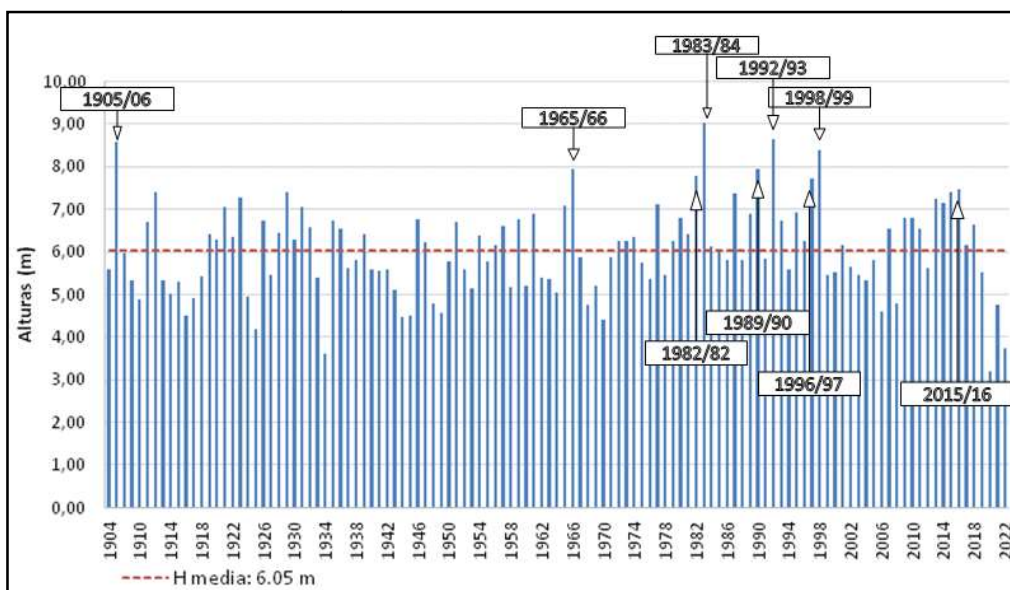


Figura 5a: Crecientes históricas - Alturas máximas diarias anuales de cada año hidrológico

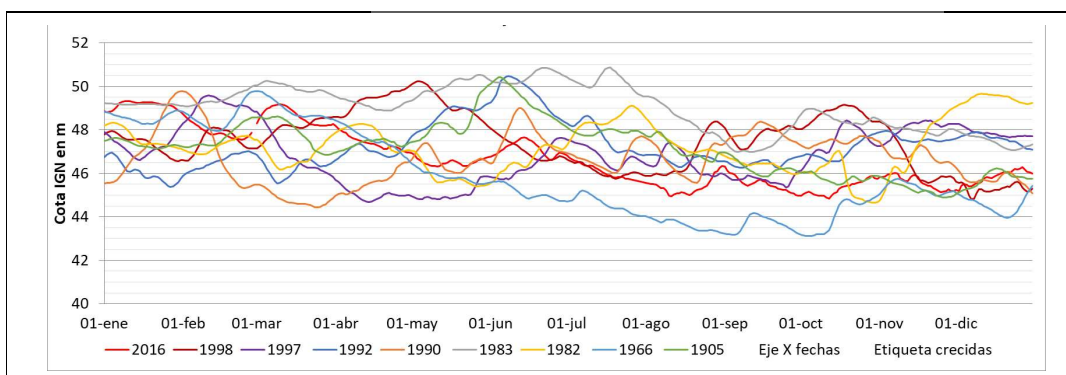


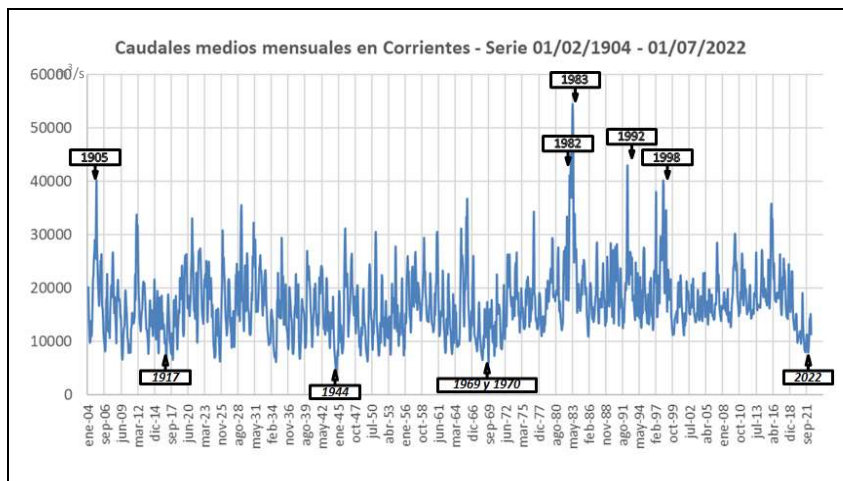
Figura 5b: Crecientes históricas – Cotas medias diarias para cada año con máximas crecidas

Tabla 5: Valores de eventos extremos - Crecientes históricas

Fecha	Altura (m)	Cota (m snm)	Caudal (m ³ /s)
18/jul/1983	9.01	50.9	60215
08/jun/1992	8.61	50.5	54000
04/jun/1905	8.56	50.4	49941
04/may/1998	8.38	50.2	48161
01/feb/1990	7.93	49.8	43829
01/mar/1966	7.93	49.8	43829
11/dic/1982	7.8	49.7	43252
11/feb/1997	7.72	49.6	41884
09/ene/2016	7.47	49.3	36927

B) Caudales medios mensuales

El análisis de los caudales mensuales en Corrientes permite identificar los meses críticos extremos que se presentan en la Figura 6. Además se identificaron a paso mensual el fenómeno El Niño-La Niña, utilizando como referencia meses Niño en rojo y meses Niña en azul, según el Centro de Predicción Climática de la NOAA. (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)



Bajantes		
Año	Mes	Q m ³ /s
1944	oct	4.093
1969	sep	6.108
1917	dic	6.581
1970	ago	7.391
2022	ene	7.933
Crecientes		
Año	Mes	Q m ³ /s
1983	jun	54.473
1992	jun	42.882
1982	dic	40.961
1905	jun	40.213
1998	abr	40.141

Figura 6: Eventos extremos considerando caudales mensuales en Corrientes

Tabla 6: Eventos extremos históricos en Corrientes considerando caudales mensuales
6a: Bajantes históricas -Caudales mensuales en m³/s

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Q MedioAnual
1916	12371	18571	15640	15235	12442	13288	12629	9691	10028	10232	6128	7709	11997
1917	13419	16799	18865	16282	13349	10014	9540	8284	7738	11582	9277	6581	11811
1918	9662	17743	17386	14227	13002	18506	15959	11235	8541	11765	14051	15977	14005
1943	17083	21868	21600	17173	11995	15656	13280	10452	8823	11983	15401	15202	15043
1944	13928	12593	18389	14172	9988	7952	6700	5343	4616	4093	6760	8381	9410
1945	7462	15768	19454	18532	12891	9823	13022	9009	7776	8257	9243	12740	11998
1968	14083	17380	14731	10963	9841	8244	7688	7081	6575	8082	11082	8972	10394
1969	16043	12577	11093	12621	10919	17420	12473	7569	6108	12724	16037	14825	12535
1970	12522	15268	17738	12056	9847	10023	12933	7391	8108	13716	9329	9115	11504
1971	22436	16674	15174	15256	16900	16509	15988	11743	8791	10139	8549	10238	14033
2018	25268	23757	23170	21290	17416	15541	14562	14914	14232	19203	24443	21547	19612
2019	19028	15656	16612	18769	23148	23105	16883	13995	13061	12065	12206	12529	16421
2020	15058	15193	12902	9811	10166	10702	11214	11024	11959	11348	9593	11402	11698
2021	12672	19107	13653	11261	9631	8474	8094	8032	9411	11257	11082	9445	10859
2022	7933	8717	10657	14278	13235	15142	11340	11676	11550	18814	19829	13949	13562
2023	11942	17354	23667	18937	17062	13253	13553	13568	15947*	19383*	s/d	22424*	17008*

Nota1: (*) Para 2023 se estiman caudales curva alta/caudal para sept., oct. y dic.. El promedio anual es calculado con 11 meses.

Nota2: A partir de 1950 se incluye la referencia del fenómeno El Niño (Meses Niño en rojo y Meses Niña en azul)

6b: Crecientes históricas- Caudales mensuales en m³/s

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Q MedioAnual
1904		20188	15329	11944	9788	10029	13866	11018	12286	16169	21132	22655	14946
1905	25589	27324	29049	25548	31805	40213	28300	24561	20698	18660	16684	18497	25577
1906	22364	25206	25058	26251	16698	16095	14042	11145	10061	9312	8158	9719	16176
1982	26959	24699	22464	27629	17950	21441	33406	25162	20275	17857	25511	40961	25359
1983	38790	40817	45098	36931	47838	54473	51271	34023	24797	33889	28794	25953	38556
1984	27297	22904	15584	17629	19573	20683	16394	16796	15711	16879		21475	19175
1991	13003	19682	16320	23591	20947	17090	17936	14081	12536	15379	13556	16360	16707
1992	18843	20993	19656	23282	34228	42882	27252	21426	20663	23537	26778	26520	25505
1993	22656	23567	25543	17708	18260	18597	16665	14742	14087	24778	17716	16025	19195
1997	24708	38034	23247	14585	14782	20783	22409	20890	17265	25962	29648	27999	23359
1998	25214	26037	29941	40141	39279	23809	19020	22584	27621	34511	21469	15603	27102
1999	19690	23476	20447	20090	17829	18448	21625	15007	13613	11985	11220	12030	17122
2015	19872	17476	18673	16752	18155	19658	25337	20673	16278	17599	22207	34113	20566
2016	35797	28906	32906	26092	21731	24703	20092	17708	18022	17403	18360	19199	23410
2017	18767	18094	18165	19568	23182	26227	18303	15610	15002	17866	22031	19862	19390

Nota: A partir de 1950 se incluye la referencia del fenómeno El Niño (Mes Niño en rojo y Mes Niña en azul)

De las Tablas 6a y 6b se observa claramente que las crecidas identificadas se enmarcan en períodos El Niño y las bajantes en períodos La Niña, cada una ocurriendo luego de varios meses bajo esa situación.

5.2. Información satelital con información hidrológica de interés ^{6, 7 y 11}

La extensión global de las aguas superficiales ha sido mapeada utilizando datos satelitales ópticos, como los proporcionados por las misiones Landsat y los sensores MODIS a bordo de los satélites Aqua y Terra.

Desde 1992, se ha utilizado una serie de satélites de la NASA equipados con altímetros para estimar la altura de la superficie oceánica, así como de lagos interiores con un área superior a 50 km². La altimetría es utilizada para medir la altura de una superficie. En el contexto satelital, esta técnica emplea un instrumento denominado altímetro de radar, el cual emite pulsos electromagnéticos hacia la superficie terrestre u oceánica. En la Figura 7 se incluyen las misiones históricas y actuales con altímetro de radar.

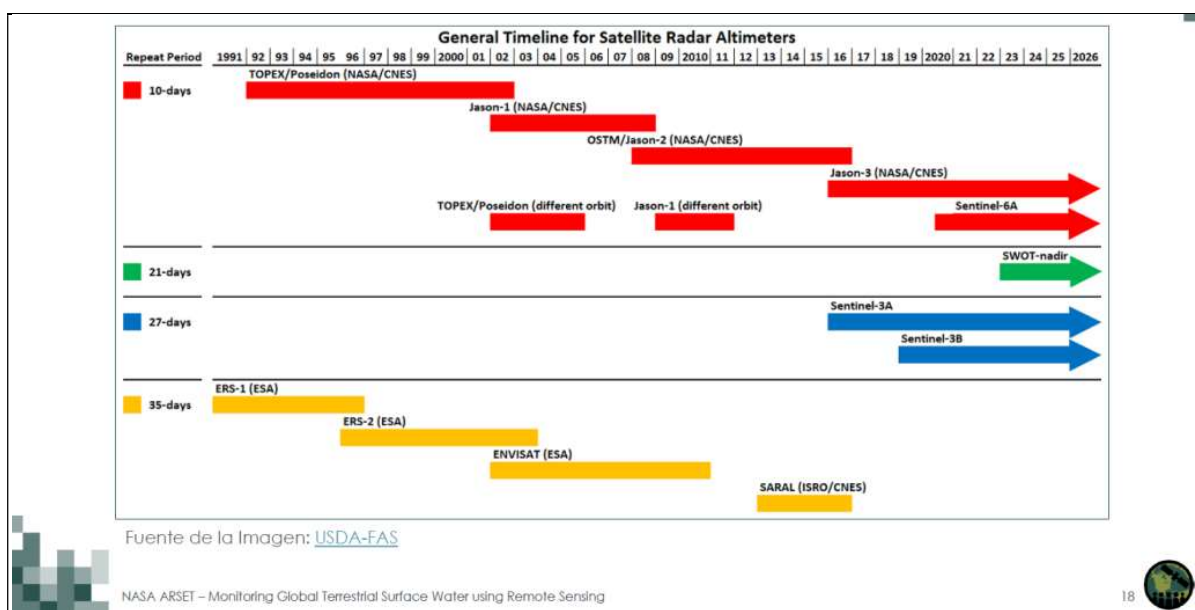


Figura 7: Misiones históricas y actuales con altímetro de radar. Fuente: NASA-ARSET

Entre los nuevos desarrollos utilizando imágenes de satélite, se incluye la referencia del Explorador de Aguas Superficiales (GSWE).

Se analiza la capa de ocurrencia de agua (Water Occurrence) que muestra dónde se identifica presencia de agua superficial entre 1984 y 2021 y proporciona información sobre la dinámica general. Este producto captura la variabilidad y los cambios intra e interanuales. En la Figura 8 se presenta el tramo analizado, observándose en azul oscuro la ocurrencia del 100 % de presencia de agua y se indican el sector y el tramo referido en las Figuras 9 y 11 respectivamente.

¹¹ Entrenamiento ARSET - El Monitoreo Global del Nivel de la Superficie del Agua Terrestre Mediante la Teledetección. <https://appliedsciences.nasa.gov/get-involved/training/spanish/arsel-el-monitoreo-global-del-nivel-de-la-superficie-del-agua>



Figura 8: Información del Explorador de Aguas Superficiales GSWE – Mapa de Ocurrencia de Agua Tramo del Río Paraná entre Central Hidroeléctrica Yacyretá-Apipé hasta confluencia Paraná-Paraguay

En la Figura 9 se ilustra una vista del mapa con transiciones hídricas en un tramo del río Paraná que documenta los cambios en el estado del agua entre 1984 y 2021. Este análisis de la información satelital histórica nos permite observar la máxima áreas ocupadas por agua y las mínimas (crecidas y bajantes respectivamente) y los estados intermedios, pudiendo además generar gráficos temporales de esta información en sitios puntuales (identificando años con y sin agua). En este mapa se diferencian situaciones observadas en el período de análisis:

- Nuevas superficies de agua permanentes
- Superficies de agua permanentes e inalterables
- Pérdida de superficies de agua permanentes
- Nuevas superficies de agua estacionales
- Superficies de agua estacionales invariables
- Pérdida de superficies de agua estacionales
- Conversión de agua permanente en agua estacional
- Conversión de agua estacional en agua permanente
- Agua permanente efímera (es decir, no hay lugares de agua reemplazados por agua permanente que posteriormente desapareció dentro del período de observación)
- Agua estacional efímera (es decir, no hay lugares de agua reemplazados por agua estacional que posteriormente desapareció dentro del período de observación)

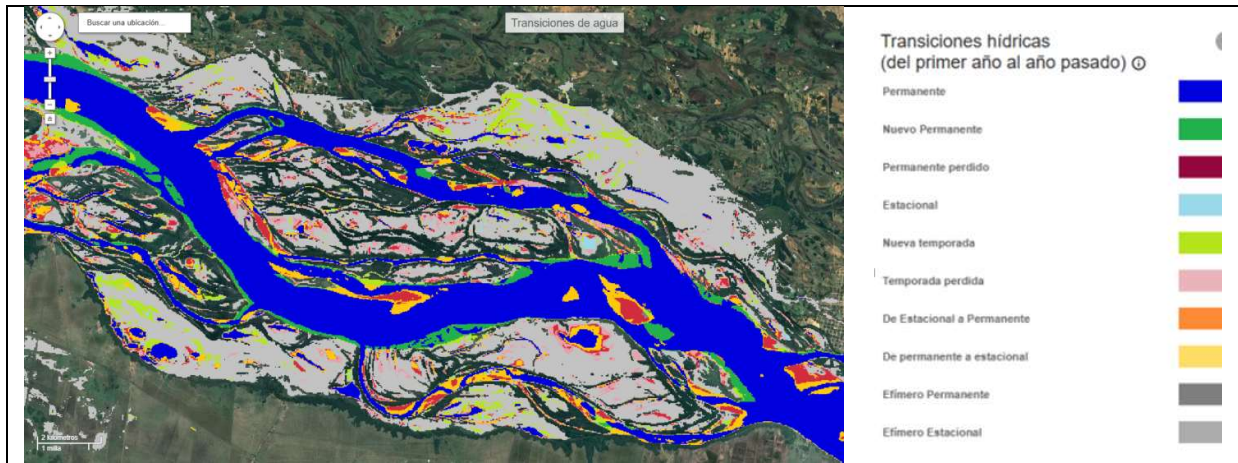


Figura 9: Información del Explorador de Aguas Superficiales GSWE – Mapa Transición Hídrica Zona de interés para la reproducción

El mapa de transiciones hídricas proporciona además perfiles temporales que registran el historial completo de cada píxel. Esto permite definir mensualmente la presencia o ausencia de agua (y también la ausencia de observación) a lo largo del archivo. Utilizando los perfiles es posible identificar meses/años específicos en los que las condiciones cambiaron, por ejemplo, la fecha de presentación de una nueva presa, o el mes/año en el que desapareció un lago. Además, se proporcionan perfiles que documentan la estacionalidad (y la posible transición de la estacionalidad). Estos perfiles permiten discriminar entre los cambios de ocurrencia resultantes de la variabilidad intra e interanual o resultantes de la aparición o desaparición de superficies de agua estacionales o permanentes.

En la Figura 10 se presenta un ejemplo de la información que se puede obtener a nivel de píxel. En este caso se eligió un curso secundario de interés para el recurso ictícola, que según el mapa de transición pasó de permanente a estacional y donde la historia de tiempo indica que hasta 2017 era permanente, a partir de 2018-2019 era estacional y en 2020-2021 no registró nivel de agua coincidiendo con la bajante extrema. Este gráfico puede mostrarse también con información a nivel mensual.

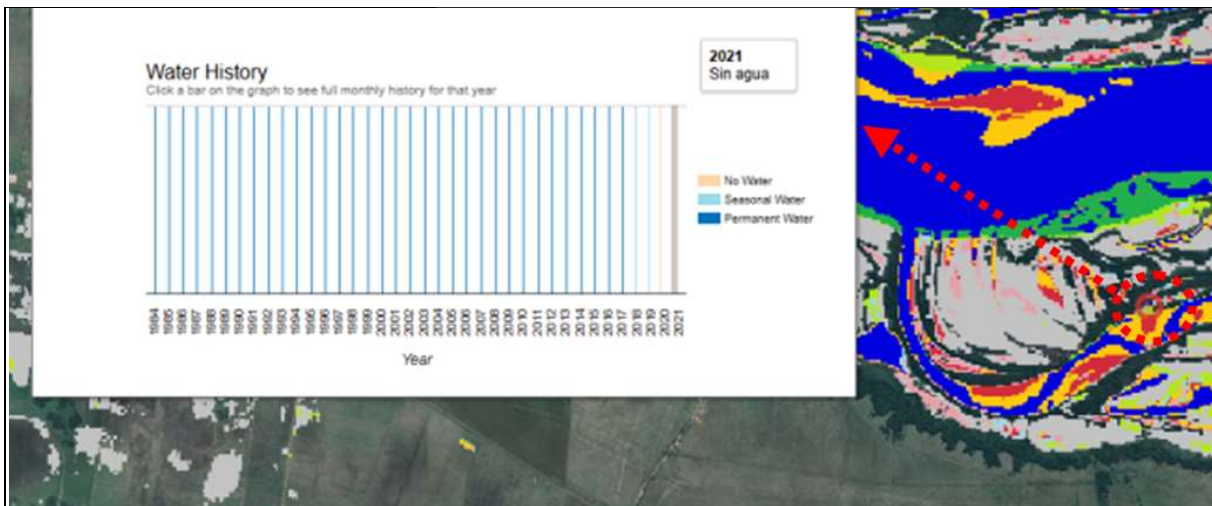


Figura 10: Transición de agua en superficie. Información de GSWE. Datos en un píxel en la zona de interés para la reproducción

Por otra parte se presentan los recientes productos del Observatorio de Aguas Superficiales y Topografía Oceánica (SWOT) que brinda datos e información sobre océanos y agua superficial terrestres, como lagos, ríos y humedales, desde el año 2022. En la Figura 11 se presenta la ubicación de uno de los tramos relevados por el satélite y los parámetros estimados tales como: ubicación del tramo (Longitude-Latitude), ID del tramo (reach ID), longitud del tramo (reach length), nodos en el tramo (node count), elevación promedio de la superficie del agua (average wáter surface elevation – WSE), ancho promedio (average width) pendiente media de la superficie del agua (average reach slope), ID del tramo aguas arriba(upstream reach ID), ID del tramo aguas abajo(downstream reach ID)

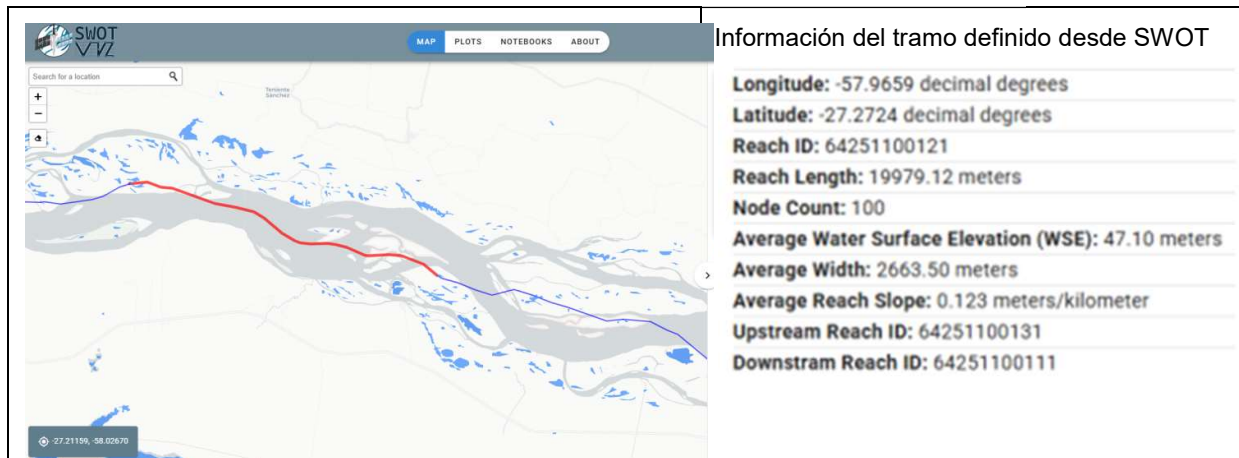


Figura 11: Tramo definido por SWOT dentro del área de interés (entre Yacyretá y Confluencia).

A futuro, se pretende avanzar en la validación de esta información con datos de terreno. Las observaciones a través de sensores remotos ha sido presentada como potencial información de consulta para evaluar el comportamiento de la fauna íctica frente a la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos.

6. CONSIDERACIONES FINALES

El análisis realizado ha permitido caracterizar los eventos hidrológicos extremos en los tramos de los ríos Paraná y Paraguay, compartidos entre Argentina y Paraguay. Se incluyo observaciones satelitales complementarias a los datos de terreno, considerando que el uso conjunto de esta información permitirá mejorar el análisis integrado del comportamiento la fauna íctica frente a eventos hidrológicos extremos.

ANEXOS

Anexo 1: Alturas –cotas medias diarias

Anexo 2: Caudales medios anuales

ANEXO 1

ALTURAS Y COTAS MEDIAS DIARIAS

- Río Paraguay:
 - Puerto Pilcomayo
 - Puerto Bermejo
- Río Paraná
 - Itá Cajón
 - Itatí
 - Corrientes

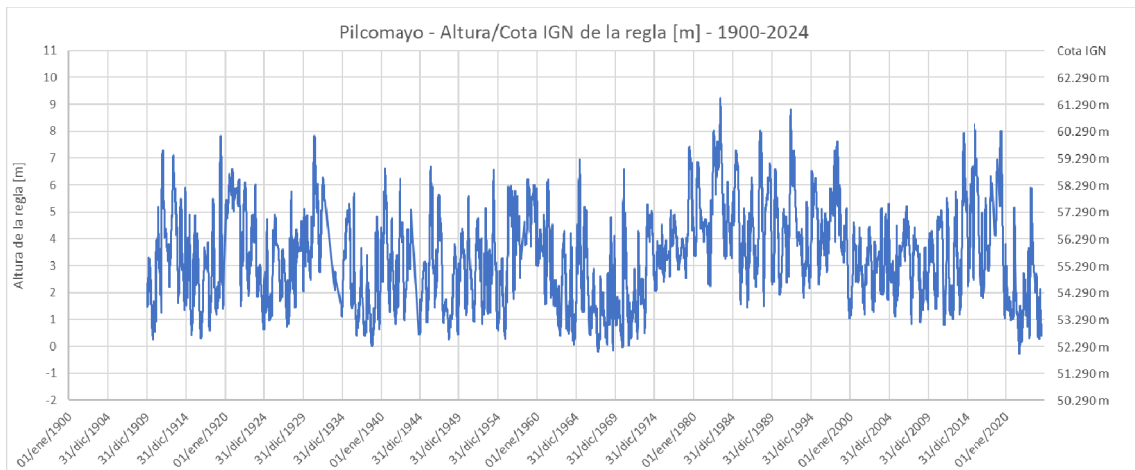


Figura A1_1: Alturas y cotas hidrométricas en Puerto Pilcomayo

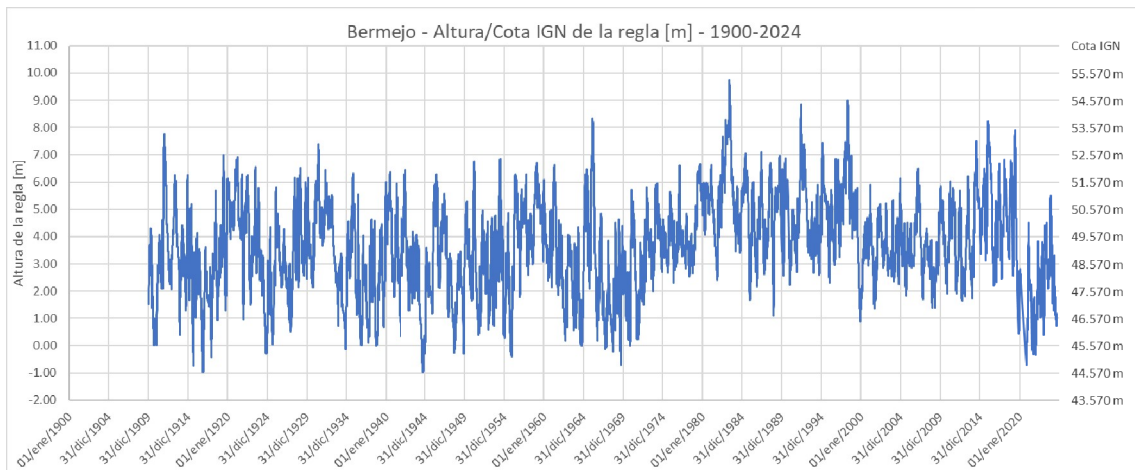


Figura A1_2: Alturas y cotas hidrométricas en Puerto Bermejo

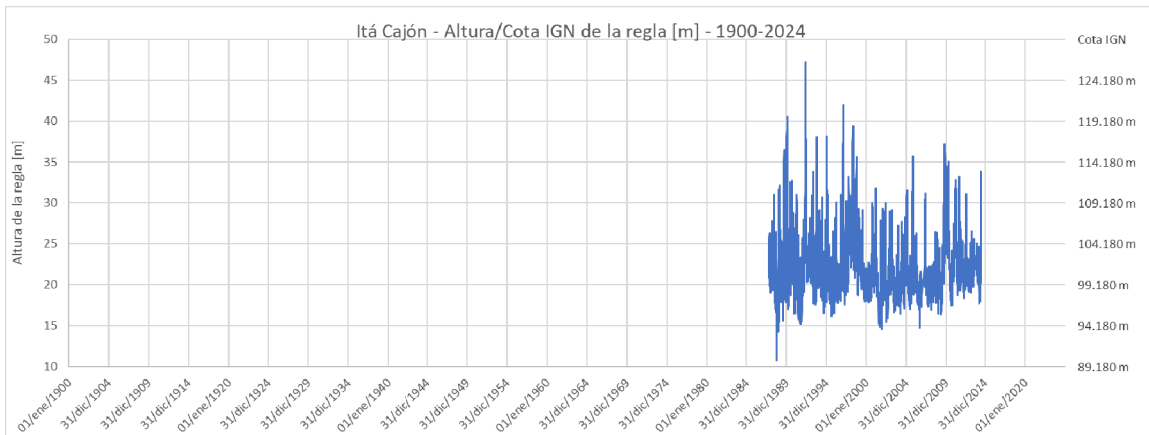


Figura A1_3: Alturas y cotas hidrométricas en Itá Cajón

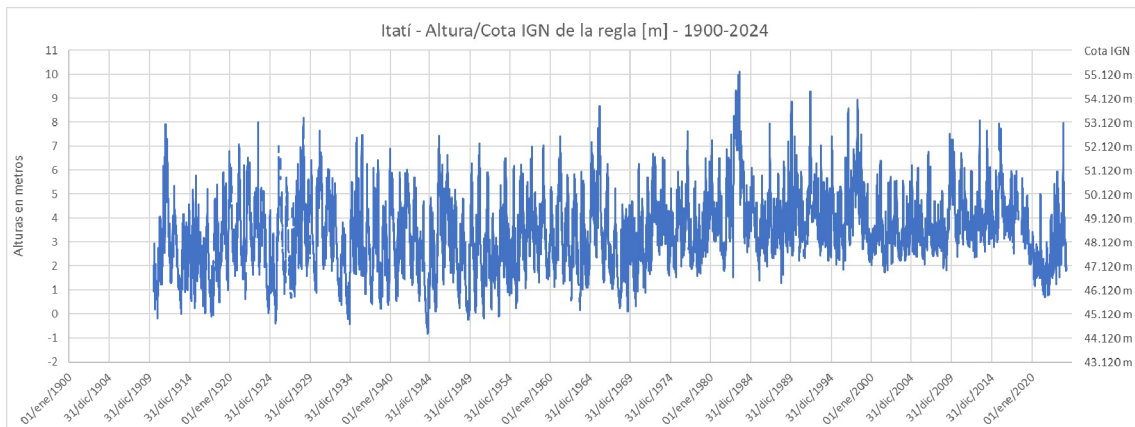


Figura A1_4: Alturas y cotas hidrométricas en Itatí

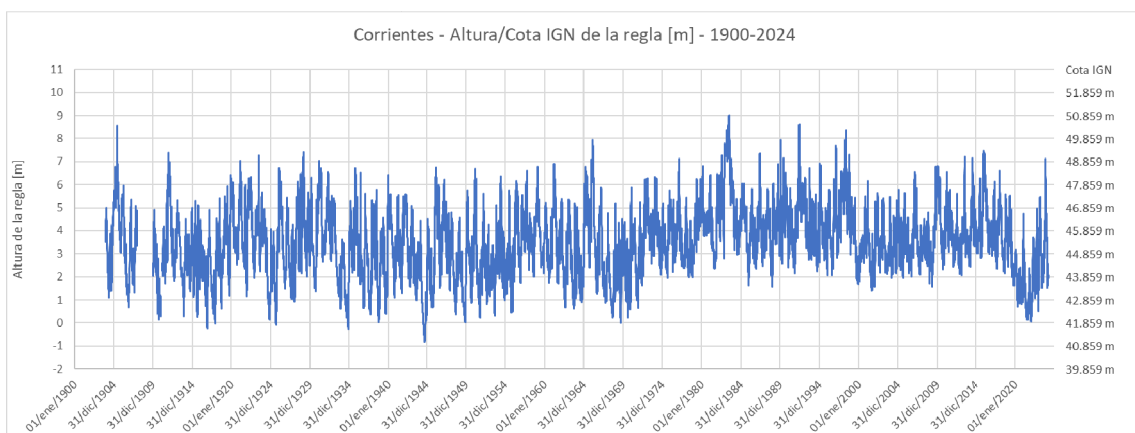


Figura A1_5: Alturas y cotas hidrométricas en Corrientes

ANEXO 2

CAUDALES MEDIOS ANUALES

- Río Paraguay:
 - Puerto Pilcomayo
 - Puerto Bermejo
- Río Paraná
 - Itatí
 - Corrientes

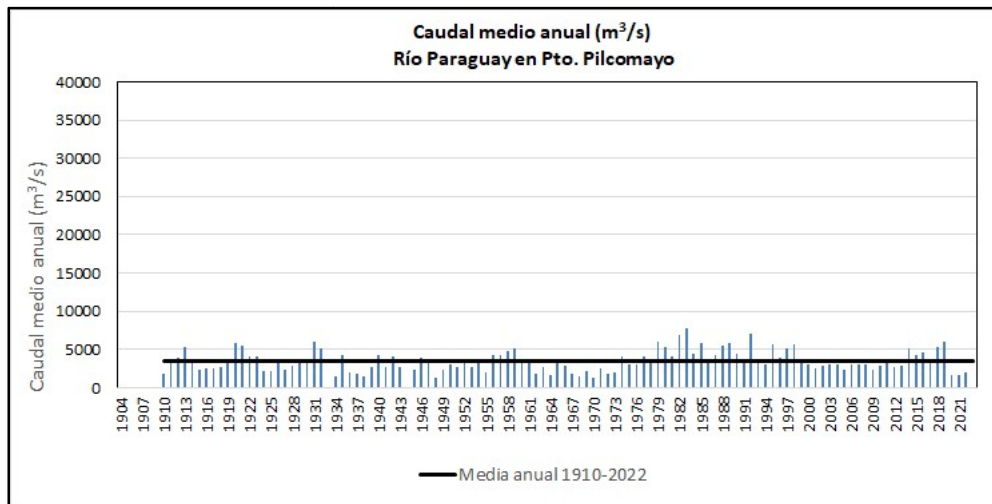


Figura A2_1: Caudal medio anual en Puerto Pilcomayo

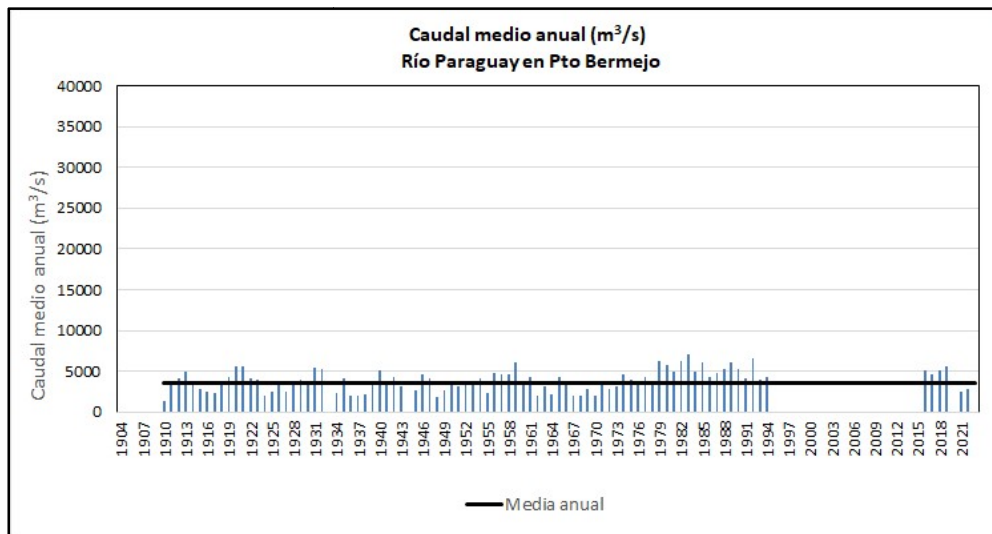


Figura A2_2: Caudal medio anual en Puerto Bermejo

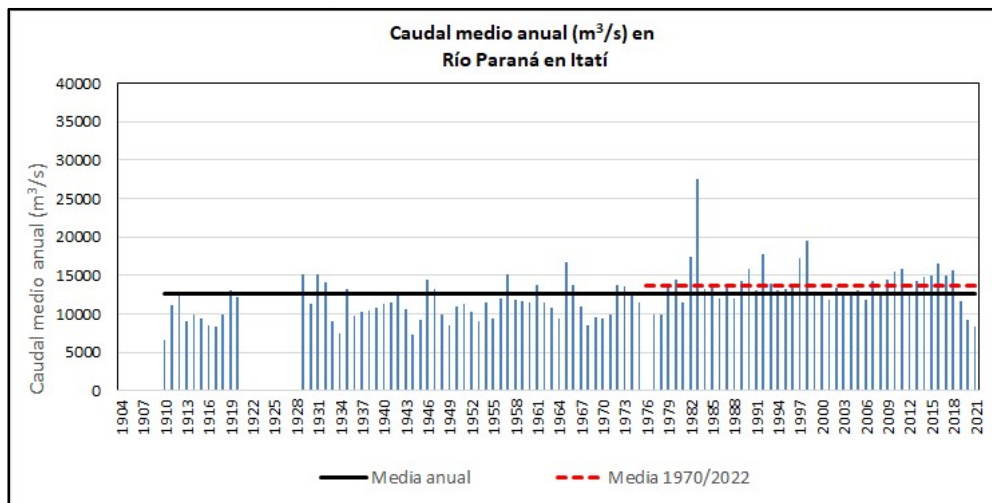


Figura A2_3: Caudal medio anual en Itatí

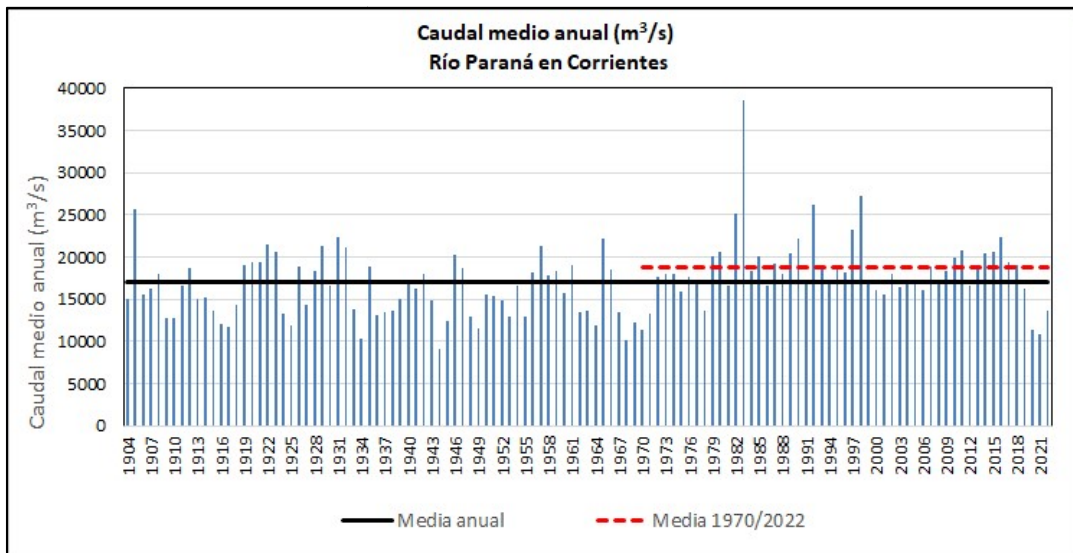


Figura A2_4: Caudal medio anual en Corrientes

