



CUENCA DEL PLATA	BAJANTE EXTRAORDINARIA Reporte de Situación y Perspectiva	Fecha: 13/ago/2021
------------------	--	--------------------

ALERTA ROJO

La tendencia descendente observada en los niveles continuará en las próximas semanas, con muy alta probabilidad de que la bajante persista durante resto del invierno y con posibilidades de alcanzar valores mínimos durante la primavera.

I. Síntesis Diagnóstica y perspectiva

- **Recesión Dominante desde Junio de 2019:** se definió la tendencia que debe esperarse en los próximos meses. La sequía y su bajante asociadas no han mostrado cambios sensibles. La bajante observada este año es la **continuidad del mismo escenario**
- La evolución hidrométrica en junio planteó la definición de **1944 como el año de referencia** para establecer probables trazas de niveles en todas las secciones del río en su tramo en territorio argentino. Específicamente, **el proceso de bajante actualmente observado no sólo es inusual en términos de intensidad sino, sobre todo, en términos de permanencia o duración.** Por otro lado, **la bajante de 1944 brinda indicios específicamente sobre la fase de descenso**, sin necesariamente brindar información sobre la fase de ascenso o recuperación. Fundamentalmente, debido a que los datos de la fase de ascenso observada durante fines de año de 1944 se corresponden con un sistema no regulado (no intervenido por represamientos).
- El sostenido **déficit de precipitaciones** en las **áreas fuente** (Alto Paraná, Alto Paraguay e Iguazú) dio lugar al predominio del consumo de las reservas superficiales y subterráneas sobre la recarga de humedad. En consecuencia, se observa una **disminución significativa del caudal base** ingresante al territorio argentino. En condiciones ideales y óptimas (normalización repentina del aporte del río Paraguay y el aporte del Alto Paraná e Iguazú), la recuperación de este caudal de base, el retorno a rango normal, implicaría más de 3 meses en un escenario benigno. En pocas palabras, los almacenamientos superficiales y subterráneos presentan una **gran capacidad de amortiguación** de eventuales precipitaciones debido a su bajo stock de reserva.
- Actualmente, **persiste la tendencia recesiva y no se prevén cambios a nivel mensual o estacional**, puesto que se presenta el desarrollo de la **estación seca** en las principales áreas generadoras del caudal que ingresa por Corrientes.

- Asimismo, la **comparación** en relación a los **5 años con los registros mínimos más extremos observados** (a fin de incorporar incertidumbre) permite sugerir cómo un primer escenario posible que el valor **mínimo** del caudal ingresante por Corrientes bien podría alcanzarse entre los meses de **septiembre y noviembre** del presente año.

II. Situación Meteorológica y escenarios climáticos

a. *Patrones climáticos*

El último mes no se observaron anomalías significativas en la región del océano Pacífico ecuatorial, las condiciones de la evolución de distintas variables meteorológicas son coincidentes con condiciones neutrales para El Niño Oscilación del Sur (ENOS). La perspectiva para los trimestres próximos es que persistan estas condiciones (Fig 1)

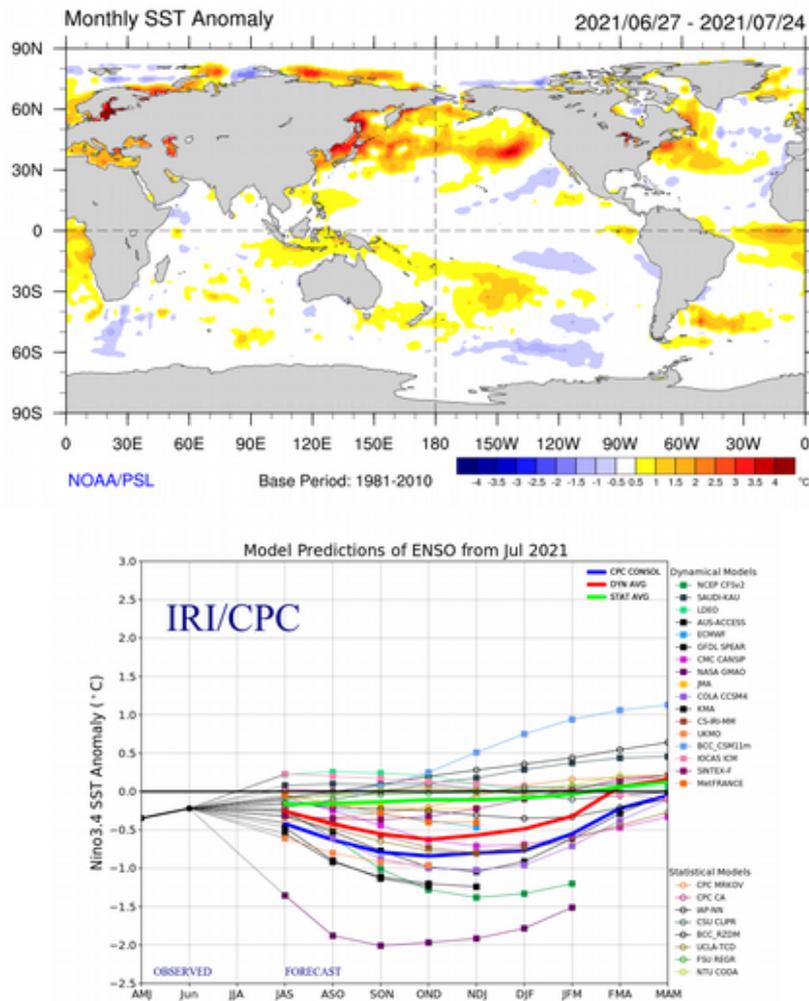


Fig 1: Superior: Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para el mes de junio de 2021. Inferior: Pronóstico del ENOS para los próximos trimestres.

En lo que se refiere a circulación cercana a superficie, no se observaron anomalías significativas de presión sobre la cuenca durante los últimos tres meses (mayo-junio-julio). Por otro lado, sobre la costa del océano Pacífico sur se observó un patrón estacionario de anomalías negativas. Esto último se asocia con una inhibición en los pasajes frontales.

El patrón del índice modo anular del Sur (SAM), presentó eventos positivos durante los primeros días del mes de Julio, luego se mantuvo en eventos negativos presentando tendencia negativa para

principios de Agosto lo que se asocia a condiciones más inestables en Argentina producto del favorecimiento de los pasajes frontales.

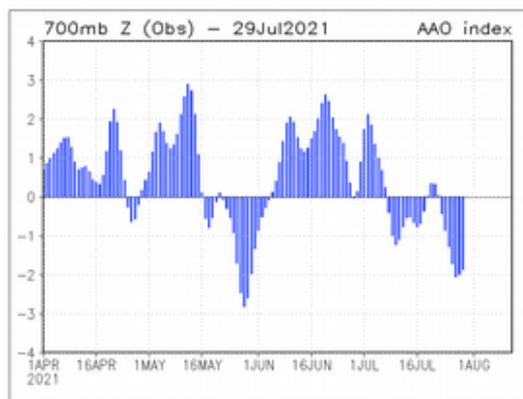


Fig 3: índice SAM 01/04 - 29/07

b. Precipitación

Durante los últimos 30 días se observaron precipitaciones predominantemente normales o levemente por encima de los valores normales sobre las nacientes de los ríos Paraná y Paraguay (Fig. 4). Asimismo, debe considerarse que julio es un mes climatológicamente seco, por lo que la normalidad o desvíos leves no suponen cambios significativos en términos del déficit de humedad antecedente.

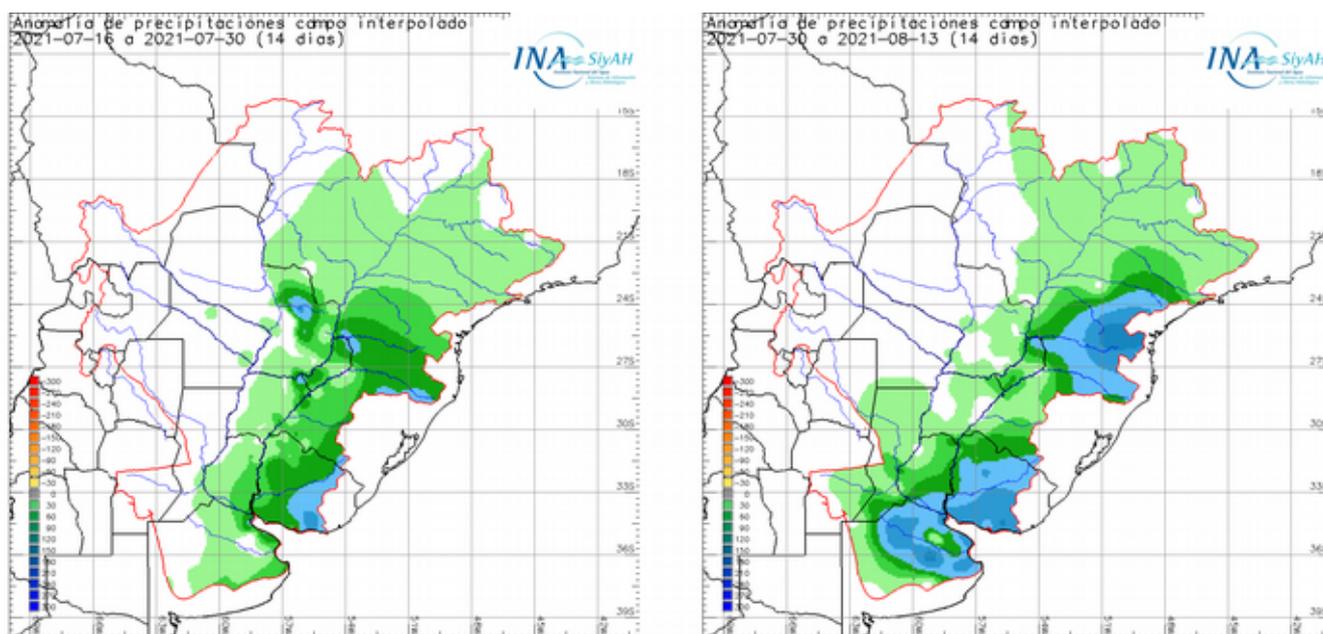


Fig 4: Izquierda: Anomalía quincenal de precipitación 16/7 a 30/7 Derecha: Anomalía quincenal de precipitación 31/7 a 13/8.

El último semestre se caracterizó por la presencia de precipitaciones inferiores a lo normal respecto al período climatológico en gran parte de la cuenca del Plata, siendo las más notorio esto sobre las áreas fuente del río Paraná y en las nacientes del río Paraguay. Cabe destacar las precipitaciones normales a levemente inferiores a lo normal sobre el tramo medio-inferior del río Paraguay y cuenca del río Uruguay (Fig. 5)

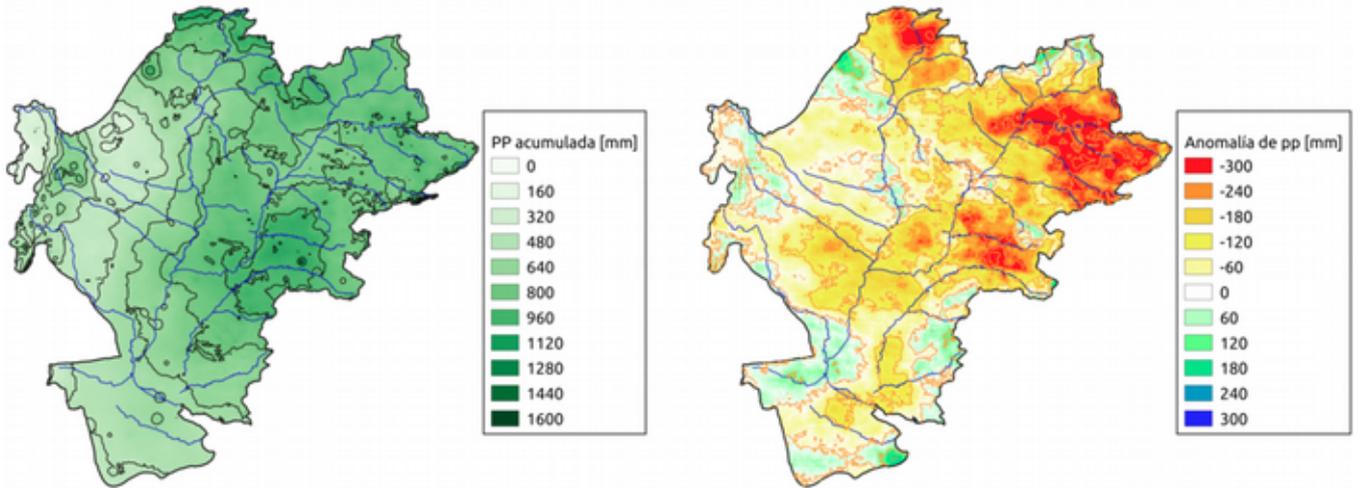


Fig 5: Izquierda: Precipitación climatológica acumulada para el semestre enero-junio de 1981-2010. Derecha: Anomalía de precipitación acumulada para el semestre enero-junio de 2021.

El índice de precipitación estandarizado (SPI) es un índice de sequía que se basa en la precipitación. La estandarización del índice permite que este brinde información sobre la severidad de la sequía en relación a las condiciones normales en cada sitio. El SPI fue diseñado para mostrar que es posible que se presenten simultáneamente tanto condiciones húmedas como secas, en una o más escalas temporales. En la figura 6 se muestran los SPI a distintas escalas de tiempo: 3-meses, 6-meses y 9-meses.

Observando el SPI-3 podemos evaluar cómo se distribuyó la precipitación de mayo-junio-julio en comparación a la distribución media o climatológica (1981-2010), destacándose los valores amarillos y rojos a lo largo de las cuencas altas del río Paraná y Paraguay asociados a sequías extremas. A escala semestral (SPI-6), se comparan los valores del semestre febrero-marzo-abril-mayo-junio-julio donde se observa tendencias negativas a mediano plazo de precipitación. Los valores de SPI-9 por debajo de -1,5 para estas escalas de tiempo suelen ser una buena indicación de que se están produciendo impactos bastante significativos en la agricultura y que también pueden aparecer en otros sectores, en la figura se observan estas condiciones en las cuencas del río Paraná y Paraguay, mientras que se aprecian valores menores en la provincia de Corrientes y cuenca inferior del río Uruguay.

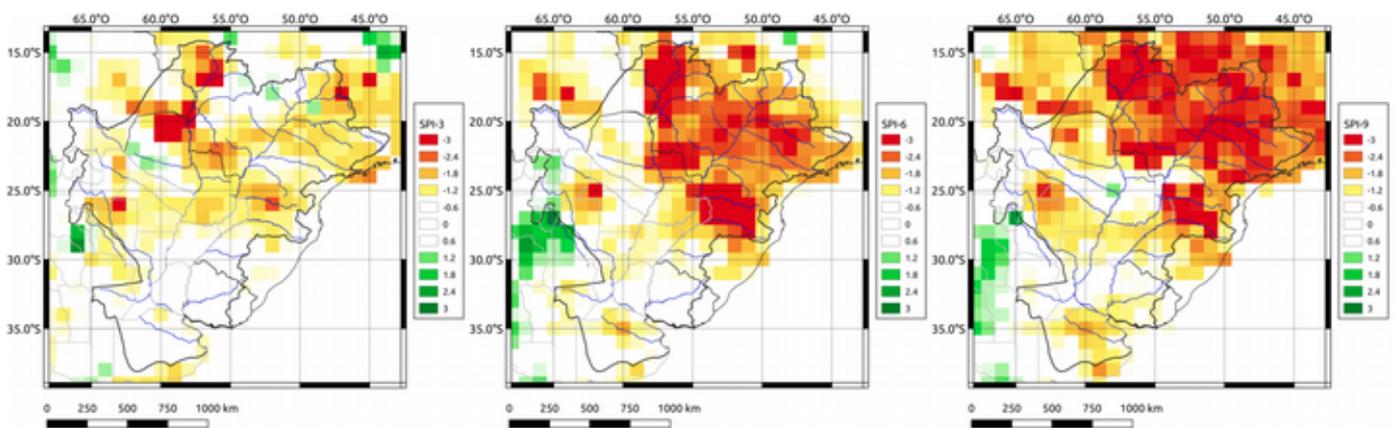


Fig 6: Izquierda: SPI-3. Centro: SPI-6. Derecha: SPI-9. Período base 1981-2010 con el mes julio como referencia.

c. Pronósticos climáticos

Para los próximos trimestres se esperan condiciones NEUTRALES del ENOS. A su vez, para el trimestre próximo el pronóstico estacional por consenso, emitido por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), sugiere condiciones de precipitación normales a deficitarias en la región centro-norte del litoral, mientras que se prevén condiciones inferiores a lo normal en la región sur (Fig.7). De forma similar, se observan condiciones normales para las cuencas del río Paraguay y Paraná para el trimestre agosto-

septiembre-octubre en el pronóstico probabilístico de precipitación a escala estacional emitido por el ECMWF (Fig. 8). El pronóstico para la cuenca media baja del río Uruguay, observando el emitido por la OMM, es de precipitaciones inferiores a las normales. No obstante, el Instituto Nacional de Meteorología de Brasil (INMET) indica más bien lluvias normales sobre la cuenca media.

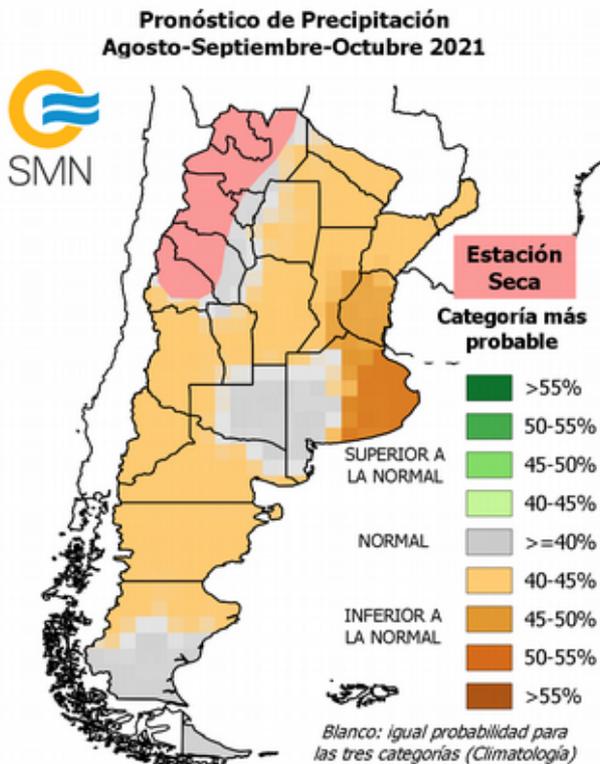


Figura 7: Tendencias Climáticas SMN

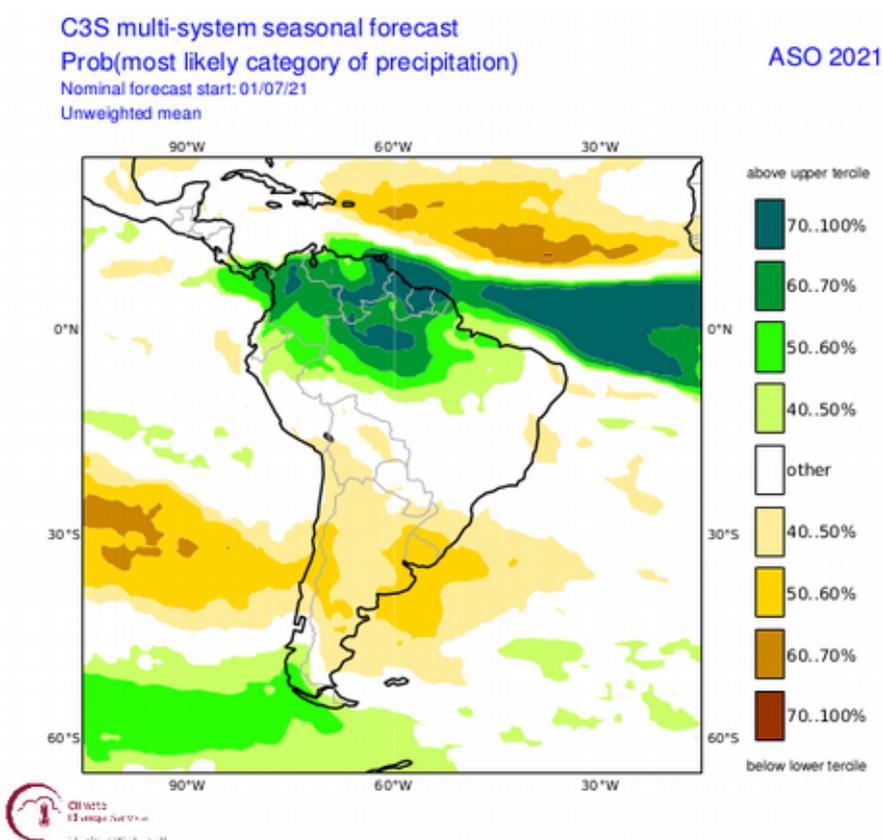


Figura 8: Pronóstico probabilístico del ensamble de multimodelos del ECMWF

d. Perspectiva quincenal

Las dos próximas semanas, se esperan precipitaciones superiores a lo normal en el tramo medio del río Paraná (Fig. 9). En particular se asignan probabilidades superiores al 50% al tercil superior (precipitaciones superiores a lo normal). Mientras que para el resto de la cuenca del Plata se esperan condiciones normales de lluvia.

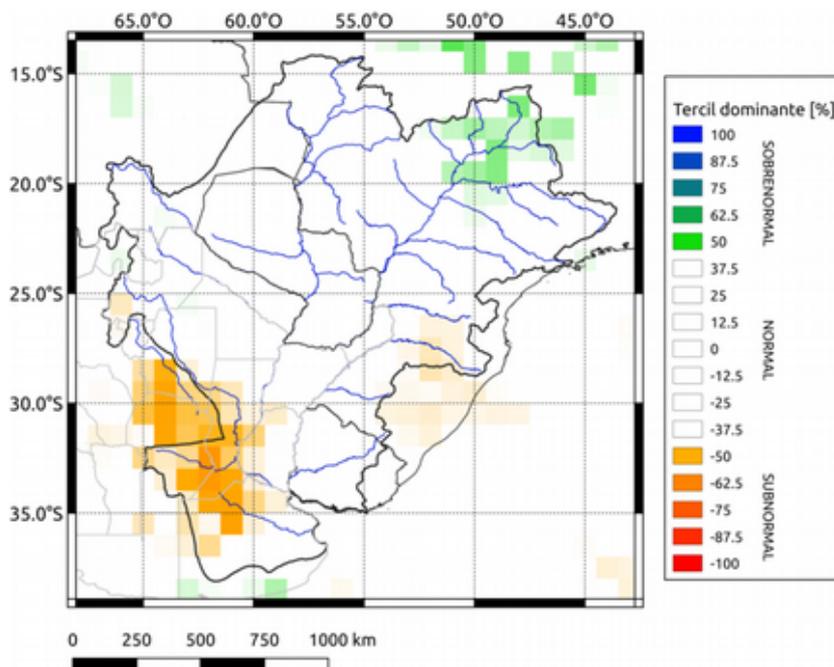


Fig. 9 Pronóstico sub-estacional de precipitación 14/08-27/08

III. Situación Hidrológica

a. Almacenamiento (áreas fuente)

La Figura 9 muestra el déficit de almacenamiento útil sobre los sistemas de embalses del río Uruguay (Alto Uruguay, al sureste de la imagen), río Iguazú (al sureste de la imagen y al norte del río Uruguay) y del Alto Paraná y sus principales afluentes al día 10/8 (desde centro este hacia el norte de la imagen: ríos Paranapanema, Tieté, Grande y Paranaíba), a partir de datos provistos por ONS, Brasil. En esta representación el radio de los círculos blancos es proporcional al almacenamiento máximo, mientras el radio de los círculos azules lo es al almacenamiento actual. Luego, círculos blancos de mayor radio están asociados a embalses con mayor capacidad de almacenamiento absoluto y círculos azules pequeños a un menor volumen almacenado. Consecuentemente, puede apreciarse el **estado crítico del almacenamiento en los embalses de mayor capacidad situados al norte del sistema**, particularmente sobre el **río Grande** y el **río Paranaíba**. Así, la **capacidad de amortiguación** de estos reservorios frente a eventuales lluvias **continúa siendo muy elevada**. A la vez, durante el mes de julio se apreció una notoria disminución en la erogación de estas presas, de forma tal que **el aporte neto de caudal al territorio argentino oscila en torno a 4500 m³/s** cuando el valor promedio para el intervalo 1989-2018 se estima en torno a 11500 m³/s (conformando un 39% del caudal normal).

La fig. 10 muestra el producto MODIS de anomalía mensual (desvío del valor mensual observado al respecto del valor promedio mensual) del valor del índice normalizado de vegetación (NDVI MODIS). La anomalía se expresa en porcentaje del valor medio mensual. Este índice se asocia positivamente al estado de salud de la vegetación, de forma tal que las anomalías fuertemente negativas se vinculan con condiciones de estrés para la vegetación. En el caso actual, presumiblemente por estrés hídrico. Por ejemplo, por déficit sostenido en la reserva de humedad en el suelo. Nótese la condición observada para el Alto Paraná y el Alto Paraguay, en donde se aprecian valores negativos de relativa intensidad.

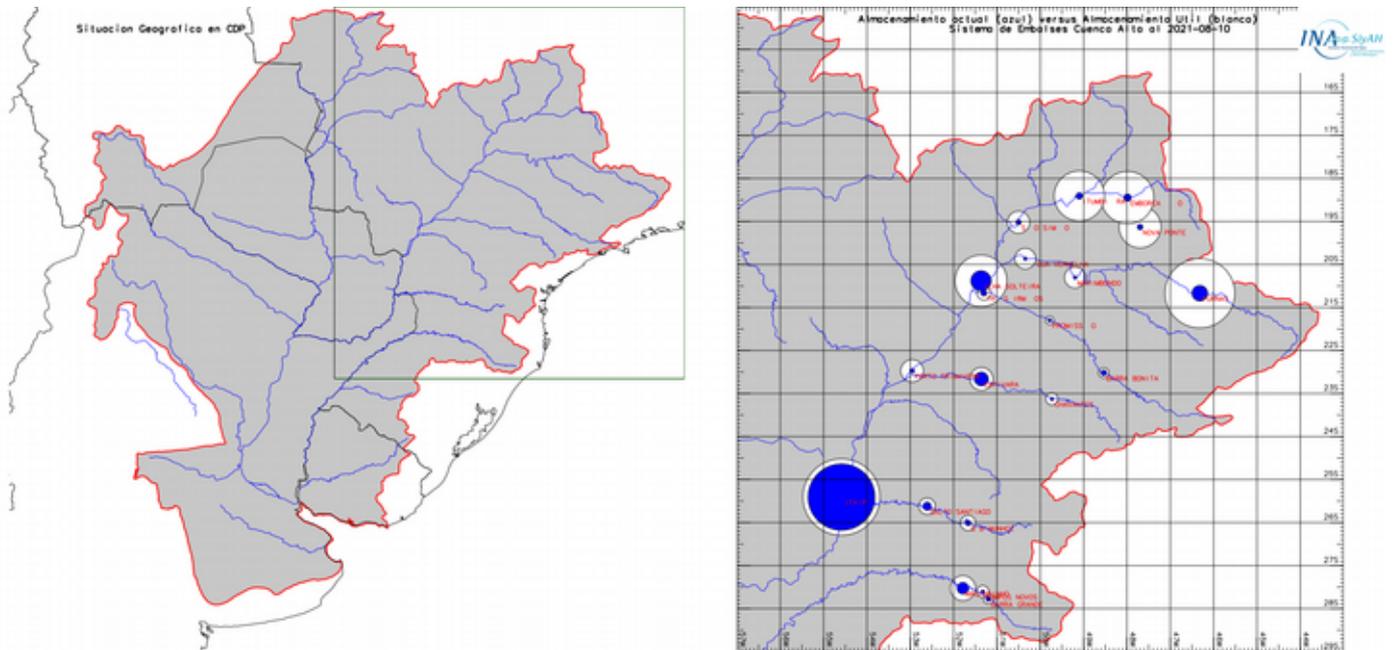


Fig. 9. Izquierda: situación geográfica del sistemas de embalses del Alto Paraná en la Cuenca del Plata. Derecha, desde sureste a norte de la imagen: déficit del almacenamiento en sistemas de embalses de los ríos Uruguay (Alto Uruguay), Iguazú y Paraná (Alto Paraná). Nótese el predominio de déficit crítico sobre los embalses del Alto Paraná sobre la cabecera del sistema (ríos Grande y Paraíba). Elaboración sobre la base de datos de ONS, Brasil

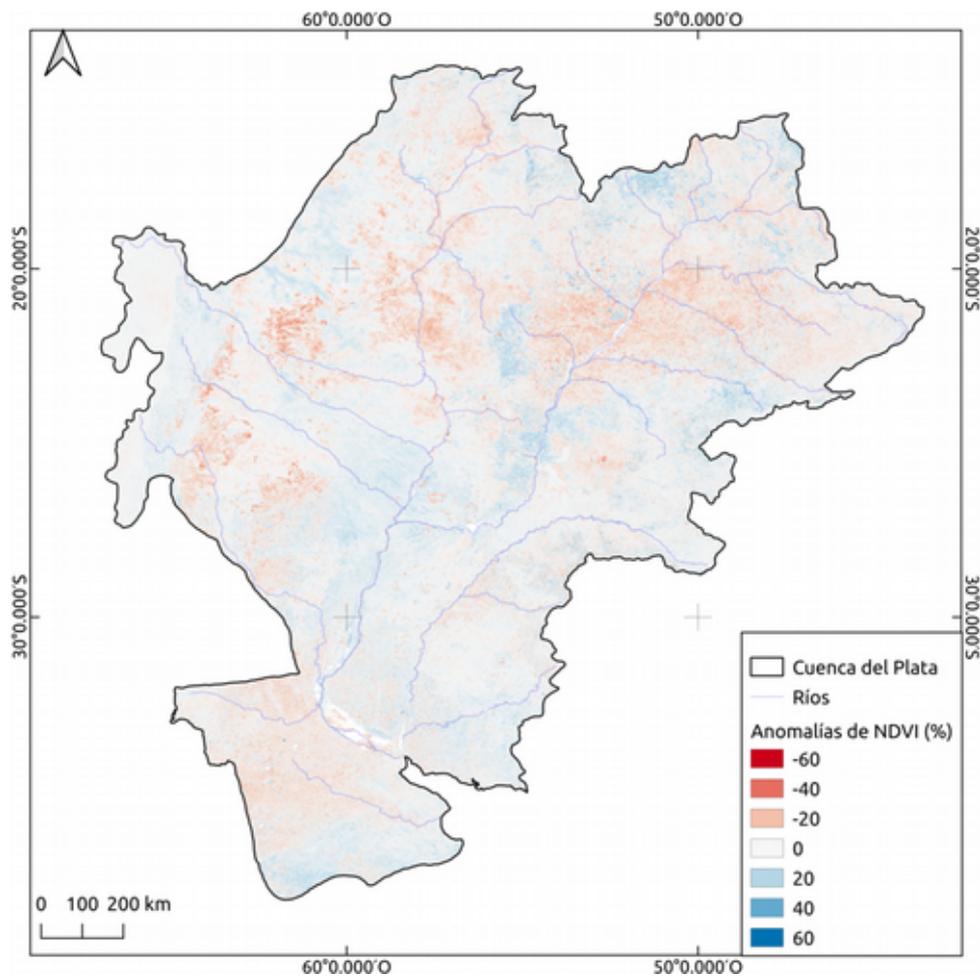


Fig. 10. Anomalia mensual de valor NDVI MODIS, correspondiente a julio de 2021. Nótese el predominio de condiciones de estrés para la vegetación, asociado al déficit persistente de humedad en el suelo sobre una proporción significativa de las áreas fuente de la Cuenca del Plata (Alto Paraná y Alto paraguay)

b. Caudal (afluencia)

Se presentan series temporales de anomalía de caudal mensual en distintas estaciones de referencia de los ríos Iguazú, Paraguay y Paraná. Estas estaciones resumen la afluencia de caudal ingresante a los tramos medio inferior e inferior del río Paraná. Este es el principal factor de control sobre la dinámica del caudal base en el tramo definido aguas abajo de la ciudad de Corrientes y, por tanto, sobre la dinámica de estiajes pronunciados. La información se presenta a fin de evaluar el proceso de estiaje severo, actualmente observado, en relación a la estadística disponible para escenarios recientes o escenarios históricos semejantes.

La **anomalía de caudal mensual** para una sección fluvial se define como el desvío del valor mensual observado respecto del valor medio para un período de referencia (1976-2014). Así, el valor obtenido es un **indicador de la inusualidad del caudal mensual**, para la época del año. Asimismo, como se podrá observar en las gráficas, las anomalías de caudal se presentan en secuencia de pulsos en bloque o *trenes* con una duración determinada. Para el caso de las anomalías negativas, la duración del *tren* está asociada a la severidad del **estiaje: a mayor duración de bloques o trenes de anomalía negativa, mayor severidad**. A la vez, en algunos casos se presentan los limnigramas o gráficas del nivel del río, con curvas que indican la distribución estadística de valores para cada día del año. Esto último brinda información sobre la frecuencia de excedencia de los valores actualmente observados. La figura 11 muestra la situación geográfica de las secciones consideradas para el análisis

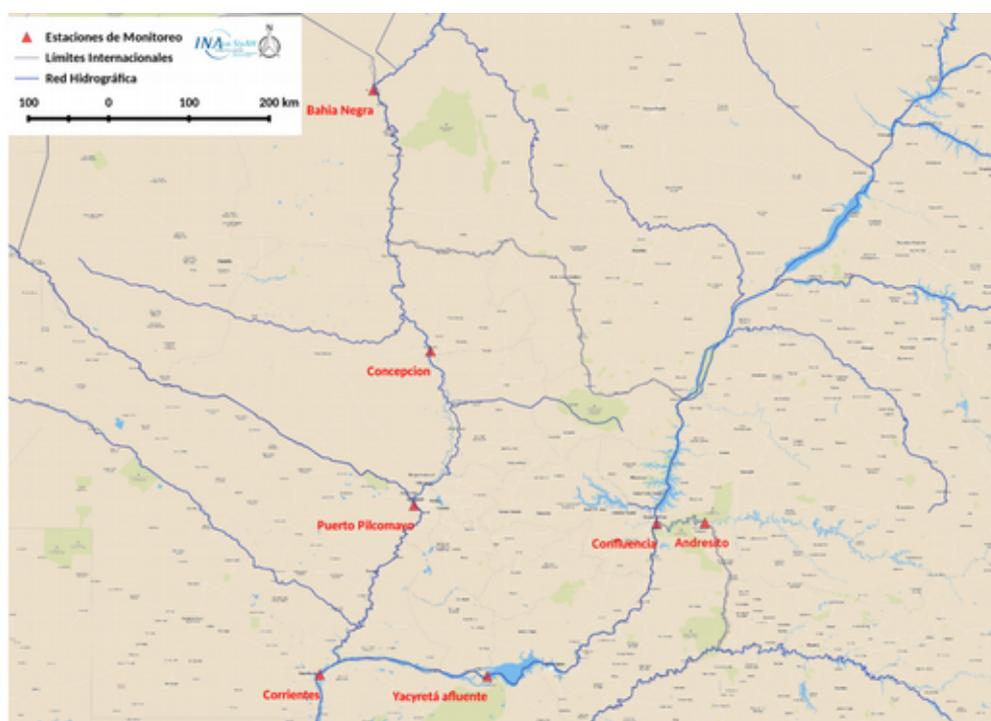


Fig. 11. Situación geográfica de las estaciones de referencia para el monitoreo del caudal mensual afluente

Las figuras 13 y 14, correspondientes a los caudales mensuales en Concepción (Paraguay) y Puerto Pilcomayo (Argentina), muestran un claro predominio de *trenes secos* sobre *trenes húmedos* durante el siglo XXI, en relación al período precedente para el río Paraguay. Particularmente, el caudal en Concepción resume el aporte proveniente desde El Pantanal (reservorio natural que domina las fluctuaciones de caudal base) y el aporte del río Apa (límite entre Paraguay y Brasil), más vinculado a la respuesta rápida o aportes significativos pero breves (repuntes de corta duración). La figura 12 muestra el limnigrama del año en curso para la estación Bahía Negra, situada aguas arriba de Concepción en la sección de cierre del **Pantanal**. En la misma puede observarse que la evolución del nivel hidrométrico, durante este año, se encuentra muy por debajo de los valores normales, exhibiendo un **patrón recesivo semejante al observado durante 1971** (si bien con niveles aun situados significativamente por encima). Asimismo, puede advertirse que la evolución anual no sólo se aparta significativamente de la evolución normal, si no que además **estos niveles mínimos se observan para una época en la que normalmente debiera observarse un repunte**. En efecto, este patrón de la descarga del Pantanal

dominó la primera veintena del siglo XXI y, en gran medida, es el factor que explica el predominio de los *trenes secos* aguas abajo sobre el mismo río. Así, al igual que el año pasado **no se prevé incremento invernal en los niveles del Paraná, por aporte directo del Pantanal, sino más bien propagación del pulso seco**. Al respecto, es muy probable que el valor mínimo anual se sitúe por debajo de 1 m, con alta probabilidad de registrarse entre septiembre y noviembre de 2021.

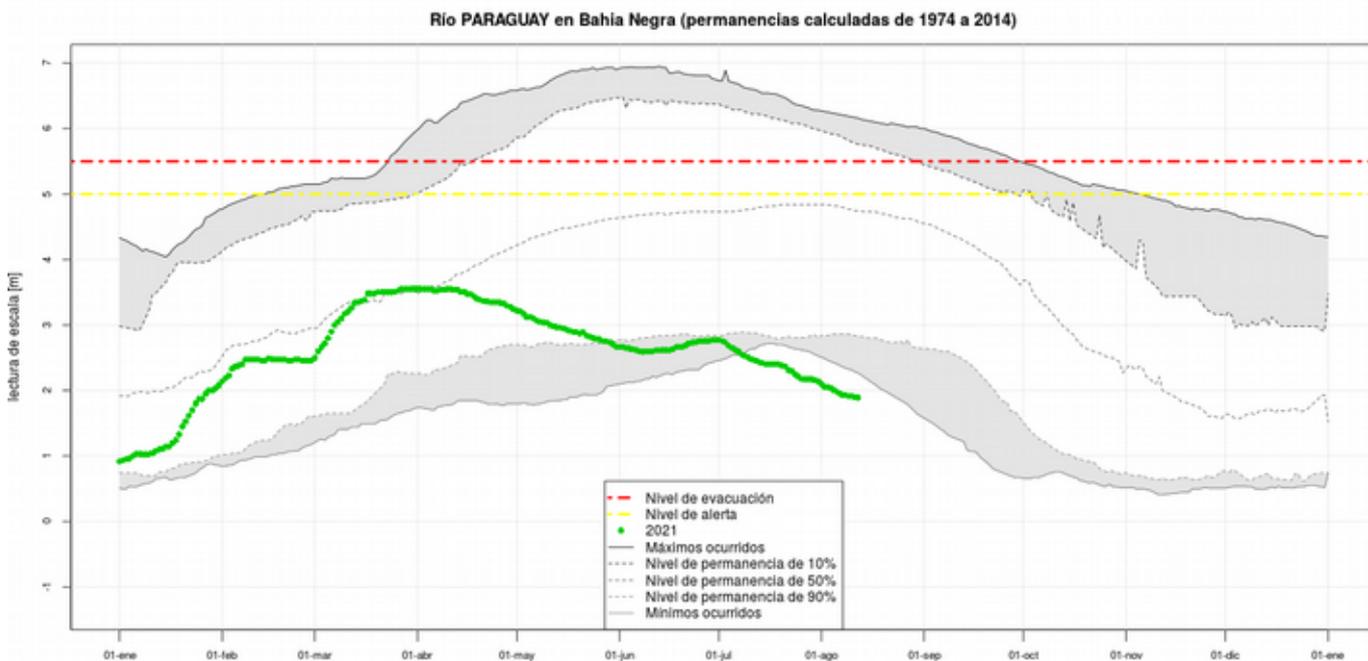


Fig. 12. Nivel hidrométrico en Bahía Negra (estación de control en cierre de El Pantanal). En puntos verdes se presenta la evolución del año en curso. Las demás curvas representan los valores mínimos y máximos y las referencias de valores que son excedidos el 10% (situación húmeda), 50% (situación normal) y 90% (situación seca), según día del año

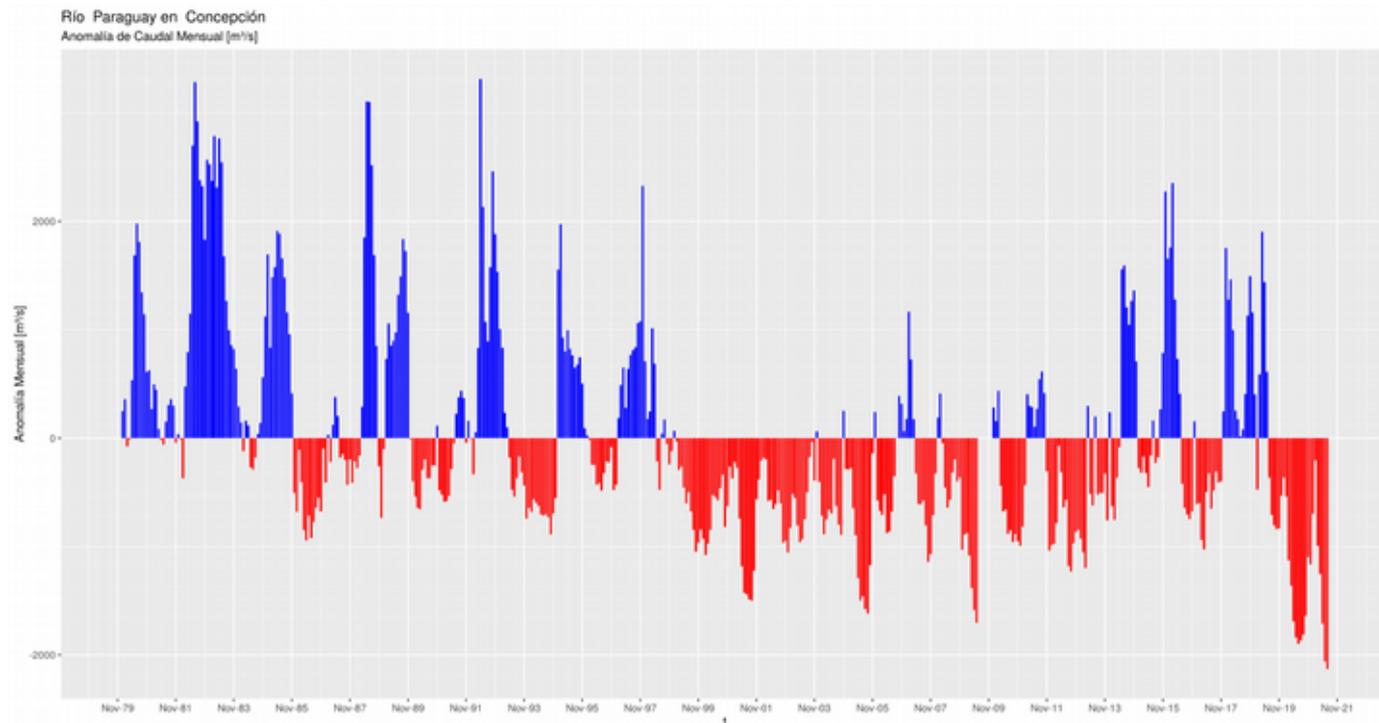


Fig. 13. Río Paraguay en Concepción. Anomalia mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

Nótese la interrupción breve del último *tren seco* para la anomalía de caudal mensual en Puerto Pilcomayo (Fig. 13). Esta variación positiva aislada es muy poco significativa en relación al predominio generalizado de anomalías negativas. Fundamentalmente, se explica por la rápida respuesta a los

eventos precipitantes observados durante principios de 2021 en las áreas de aporte de los afluentes por margen izquierda al tramo Concepción - Asunción/Puerto Pilcomayo. Esto último también muestra que, **durante los escenarios como el actual, el desarrollo de repuntes no necesariamente se asocia a una señal de normalización puesto que la acotada localización espacio-temporal implica un breve efecto**. En otras palabras, la recarga debiera ocurrir a mayor escala temporal y espacial para que se normalizara el caudal de base. Para el río Paraguay, **debe normalizarse en primer lugar el aporte base proveniente de El Pantanal**.

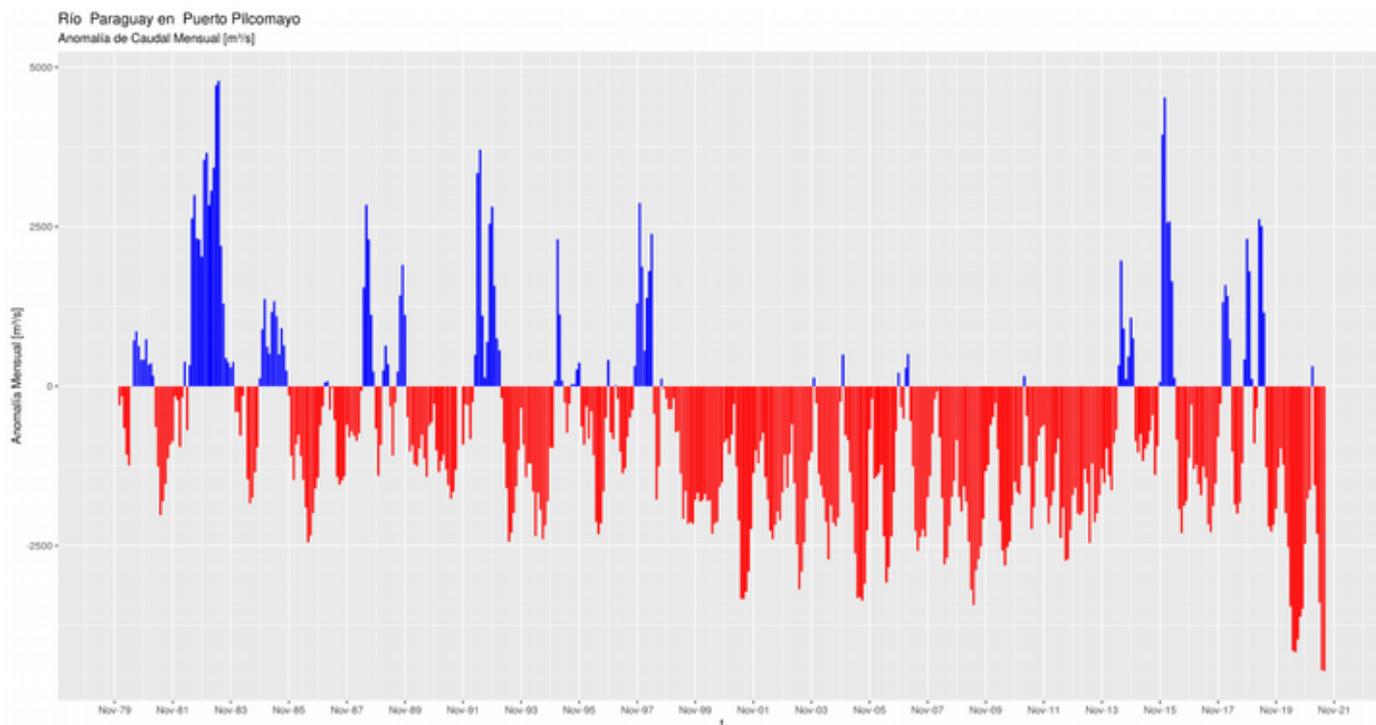


Fig. 14. Río Paraguay en Puerto Pilcomayo. Anomalía mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

La figura 15 muestra la anomalía de caudal mensual para Andresito, estación de monitoreo sobre el río Iguazú. Particularmente, se destaca el predominio de los *trenes secos* a partir de 2017. Asimismo, el último *tren seco* (vigente) constituye el de mayor duración de la serie, semejante a los observados para la afluencia del Paraguay.

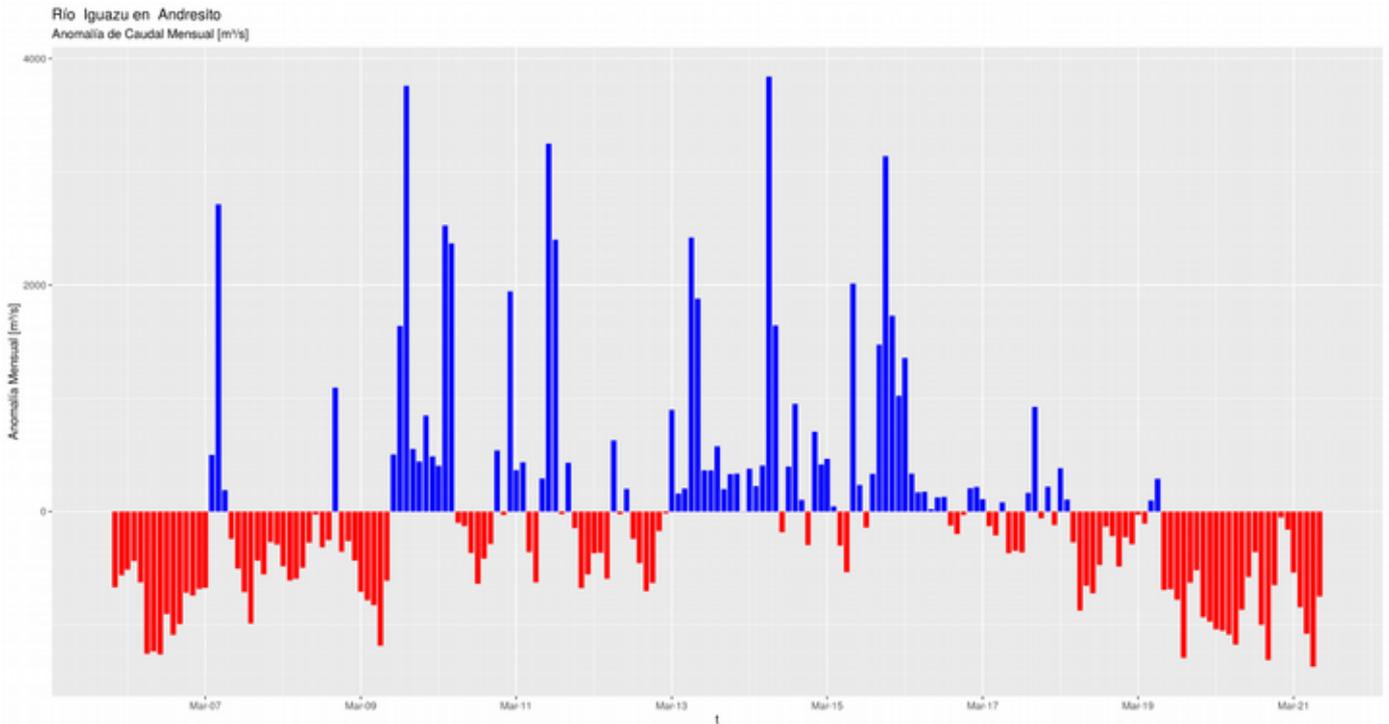


Fig. 15. Río Iguazú en Andresito. Anomalía mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

La figura 16 muestra la anomalía de caudal mensual para la confluencia de los ríos Paraná e Iguazú en el punto trifinio de Argentina. En esta gráfica puede advertirse el efecto combinado del **déficit sostenido de precipitación sobre el Alto Paraná** durante la mayor parte de los últimos veranos (estación húmeda o de recarga) y el déficit generalizado sobre la cuenca del río Iguazú observado desde 2017 y **prácticamente constante desde 2019**. Esto dio lugar a un *tren seco* récord para la serie y, además, de mayor duración que el observado en el río Paraguay y el río Iguazú, dando cuenta de la situación crítica del caudal base proveniente del Alto Paraná.

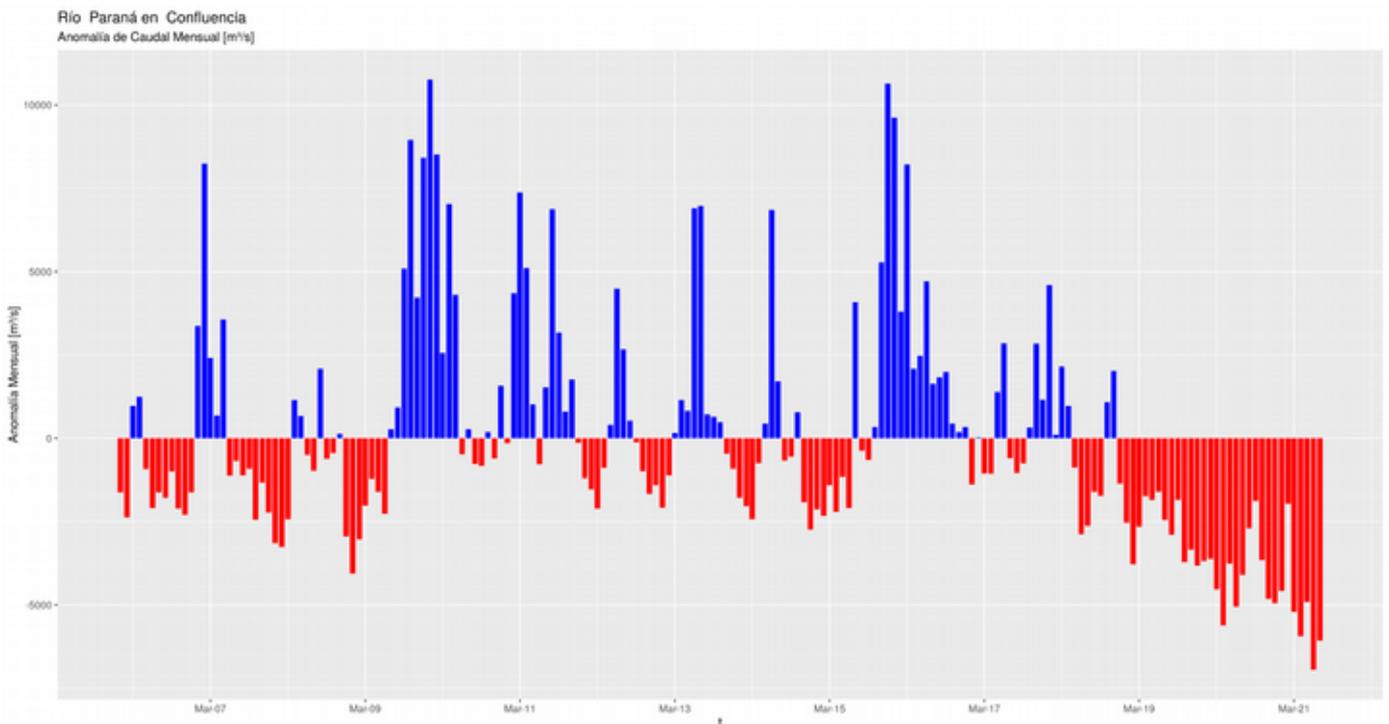


Fig. 16. Río Paraná e Iguazú en Confluencia. Anomalía mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

Las figuras 17 y 18 muestran las anomalías de caudal mensual afluyente a Yacyretá y a Corrientes. Nuevamente, el patrón es semejante al observado en Confluencia. Esto es, la propagación de pulsos secos aguas abajo y su combinación con los pulsos secos del río Paraguay.

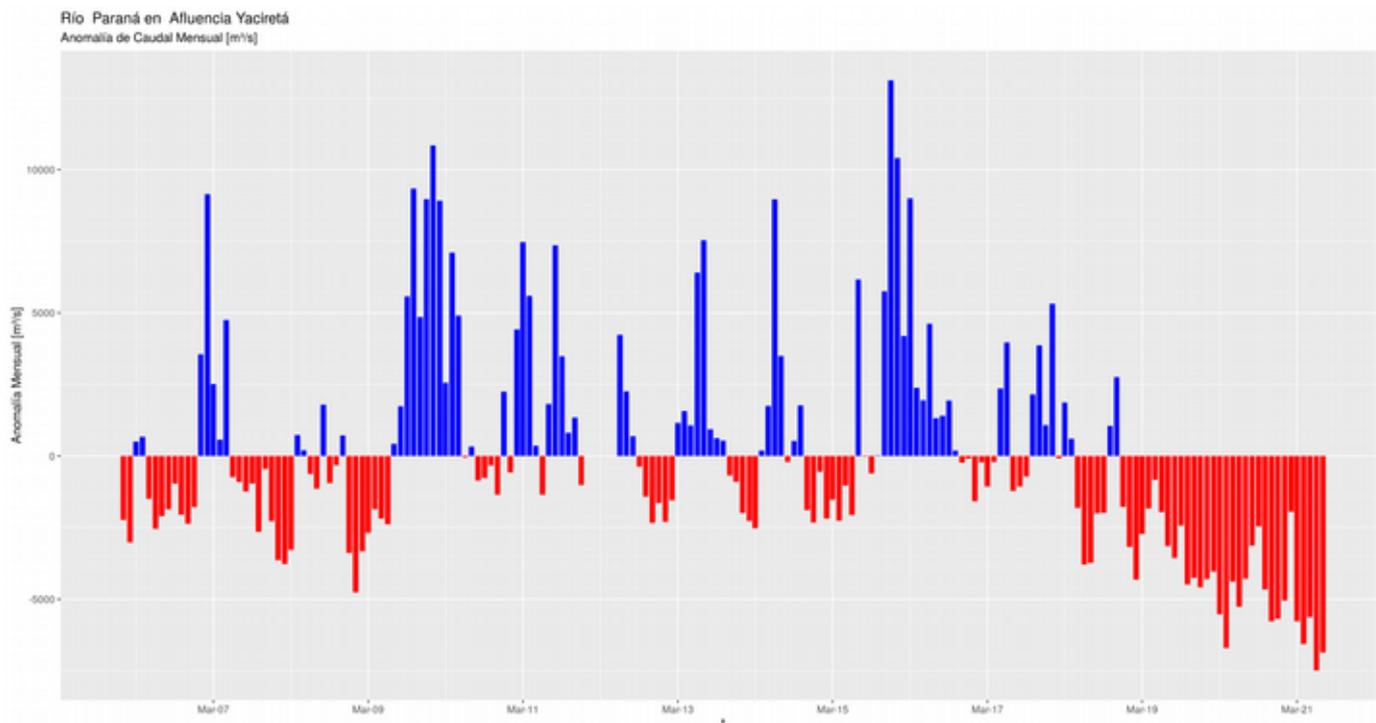


Fig. 17. Río Paraná en Yacyretá Afluyente. Anomalía mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

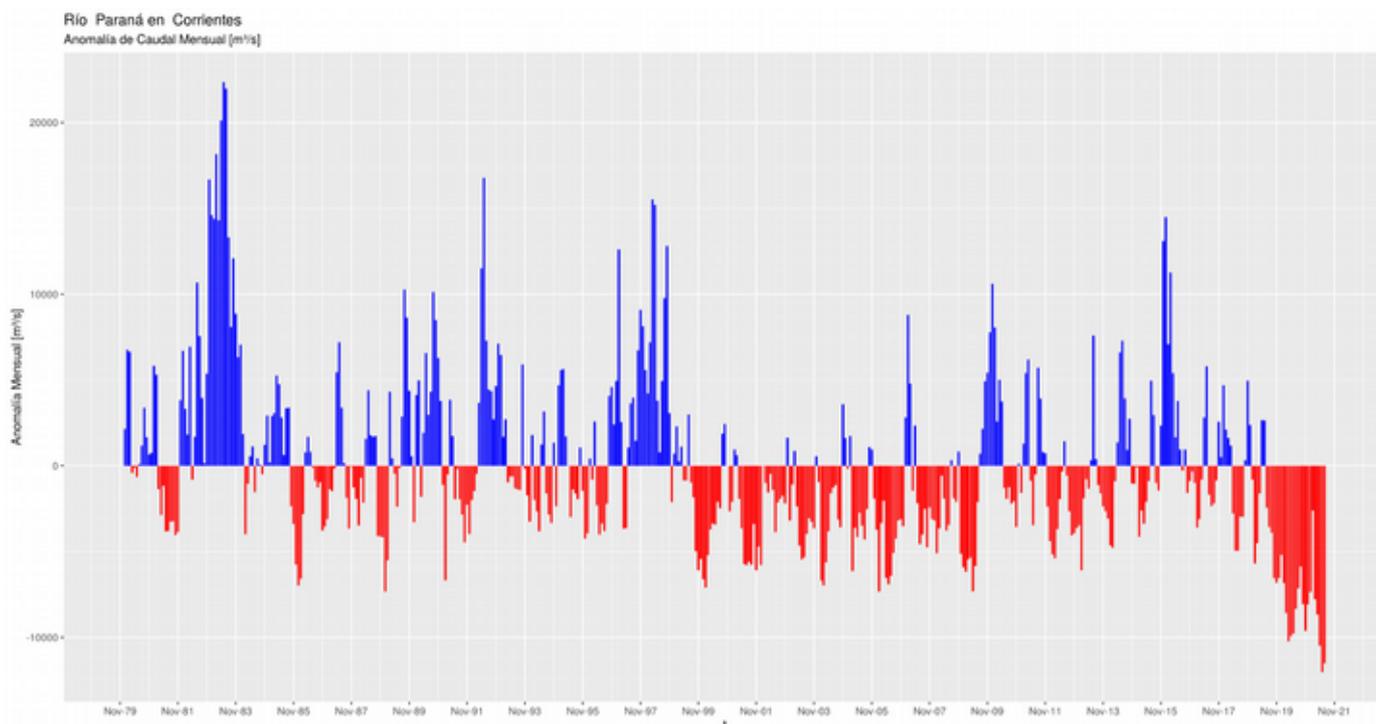


Fig. 18. Río Paraná en Corrientes. Anomalía mensual de caudal. En azul se presentan los valores positivos (superiores al promedio mensual) y en rojo los valores negativos (inferiores al valor promedio mensual).

Finalmente, dado que las observaciones de caudal en la estación Corrientes resumen el aporte proveniente desde las áreas fuentes (Alto Paraguay/Pantanal, Alto Paraná e Iguazú), se procedió a identificar un conjunto de escenarios semejantes al observado actualmente, a fin de poder establecer un primer conjunto de hipótesis de la evolución a largo plazo. Específicamente, **los 5 escenarios de caudales mínimos más similares corresponden al período previo a la regulación del caudal por**

intervención antrópica. Esto es, antes de la implantación masiva de presas en las áreas fuente o generadoras de escorrentía. **En la mayoría de estos escenarios se observa que el mínimo en Corrientes se situó entre los meses de septiembre y noviembre.** En consecuencia, esto brinda **indicios de un escenario posible**, tanto como muestra que actualmente el sistema está respondiendo de forma semejante a la que respondía en el período previo a la intervención, más allá del error presente en estimaciones. La Figura 19 da cuenta de esto.

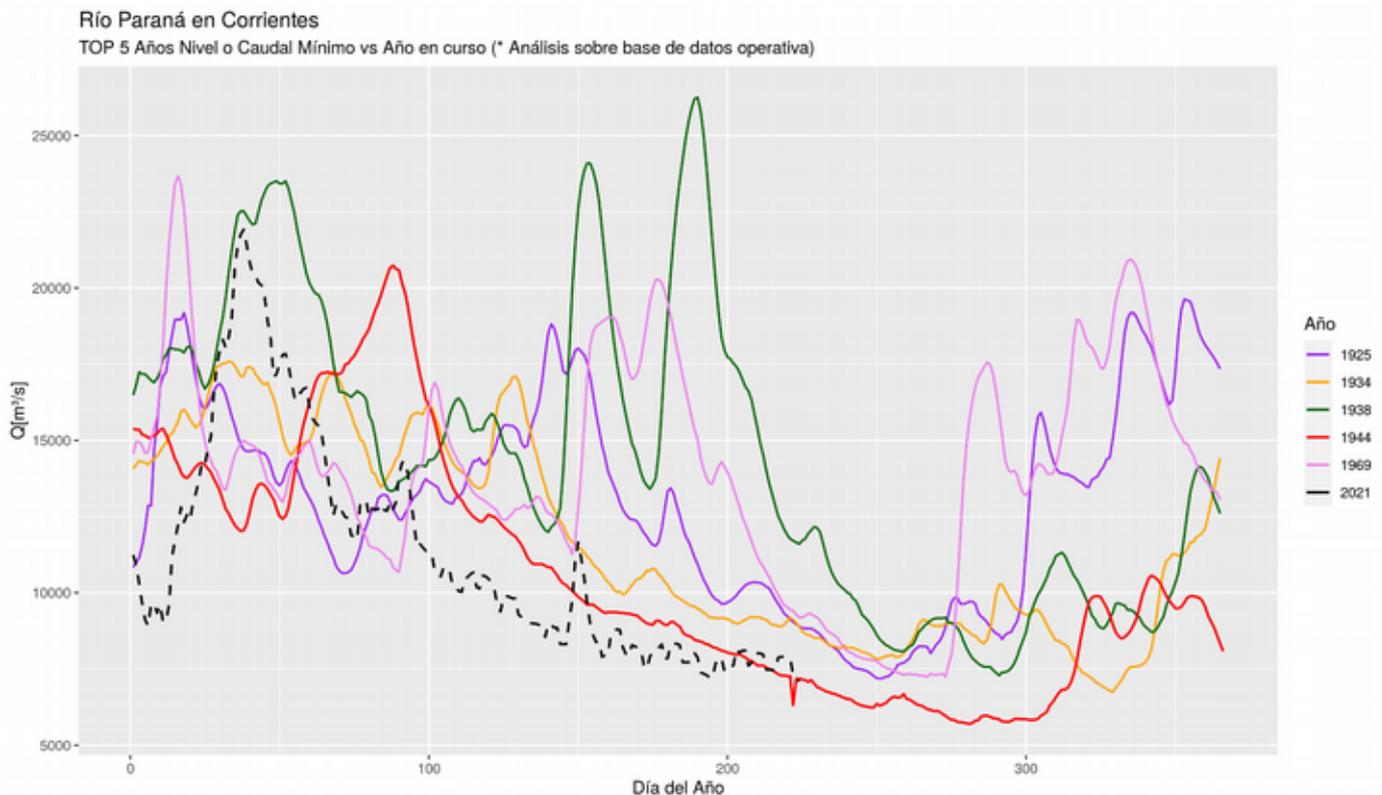


Fig. 19. Evolución anual comparativa del nivel hidrométrico según día del año durante 2021 en relación a los 5 años con los menores valores de caudales mínimos (base de datos operativa SlyAH-INA)

En otras palabras, **la tendencia actual es semejante a la observada en los años 1934 y 1944.** Asimismo, si la tendencia recesiva del caudal base es semejante puede asumirse que el nivel actual de almacenamiento (agregado) en los reservorios (naturales y antrópicos) que aportan a este caudal es semejante al de 1944. Así, si bien el incremento del almacenamiento superficial pudo aumentar la *memoria o tiempos de residencia* del sistema, y esto muy posiblemente atenuó el descenso durante 2020, el consumo de la reserva superficial y subterránea es tan significativo que este efecto hoy en día ya no es tan evidente. La fig. 20 muestra la comparación del escenario del proceso de bajante observado actualmente y los dos más semejantes, durante 1934 y 1944 y años precedentes.

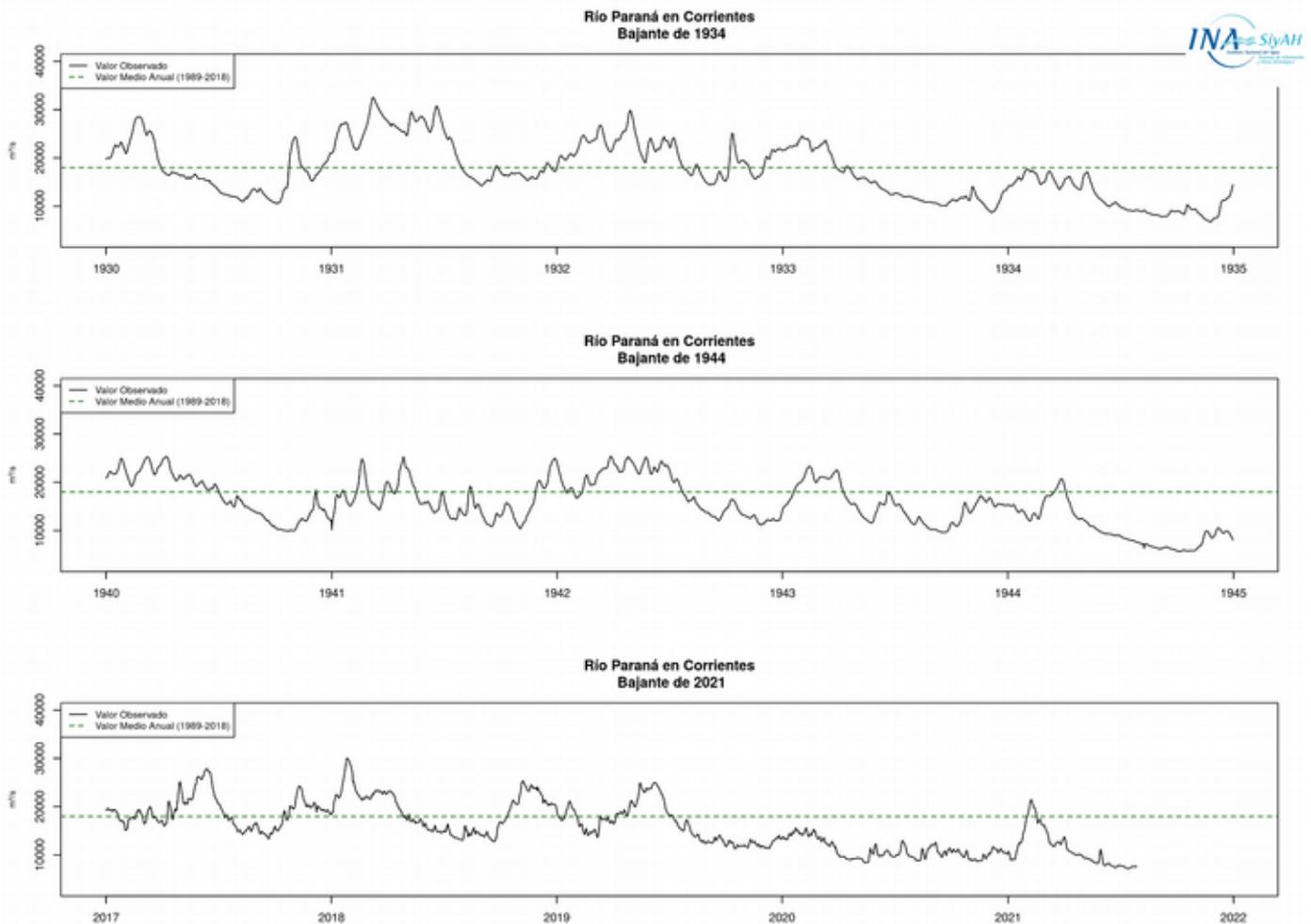


Fig. 20. Evolución comparativa interanual de caudales mínimos diarios durante los procesos de bajante actual y los correspondientes a los mínimos observados durante 1934 y 1944, para la estación Corrientes sobre el río Paraná (base de datos operativa SiyAH-INA). La línea verde horizontal representa el promedio anual del caudal medio diario para el período 1989-2018

c. Extensión de espejos de agua (tramos medio inferior e inferior)

Las figuras 21, 22 y 23 muestran productos de detección de cambio en la extensión de los espejos de agua, para los tramos medio inferior e inferior del río Paraná. Las figuras se presentan desde aguas arriba hacia aguas abajo. Los productos de detección de cambio presentados muestran la retracción de los espejos de agua en la situación observada, en relación a la *extensión normal* o de referencia. La extensión normal (color amarillo) se obtuvo a partir de análisis de datos históricos de la misión MODIS (período 2000-2018, resolución espacial de 500 m), elaborando mapas de frecuencia de anegamiento sobre la base de conjuntos de clasificaciones digitales, y definiendo de forma operativa a esta como la superficie compuesta por todas las unidades de terreno que presentan una frecuencia de anegamiento mayor o igual al 50% (con las restricciones impuestas por la resolución de los sensores utilizado y la aplicación de técnicas de clasificación sobre la base de umbrales de índices espectrales). La extensión actual (color azul) se obtuvo mediante el análisis de datos operativos MODIS obtenidos a partir del catálogo de productos de la aplicación operativa NRT Global Flood Mapping (producto P14x3TOT, resolución espacial de 250 m), correspondientes al período definido entre los días 30 de julio y 13 de mes de agosto de 2021, integrando todas las unidades de terreno que fueron clasificadas como anegadas durante este intervalo (técnica de envolvente de anegamiento).

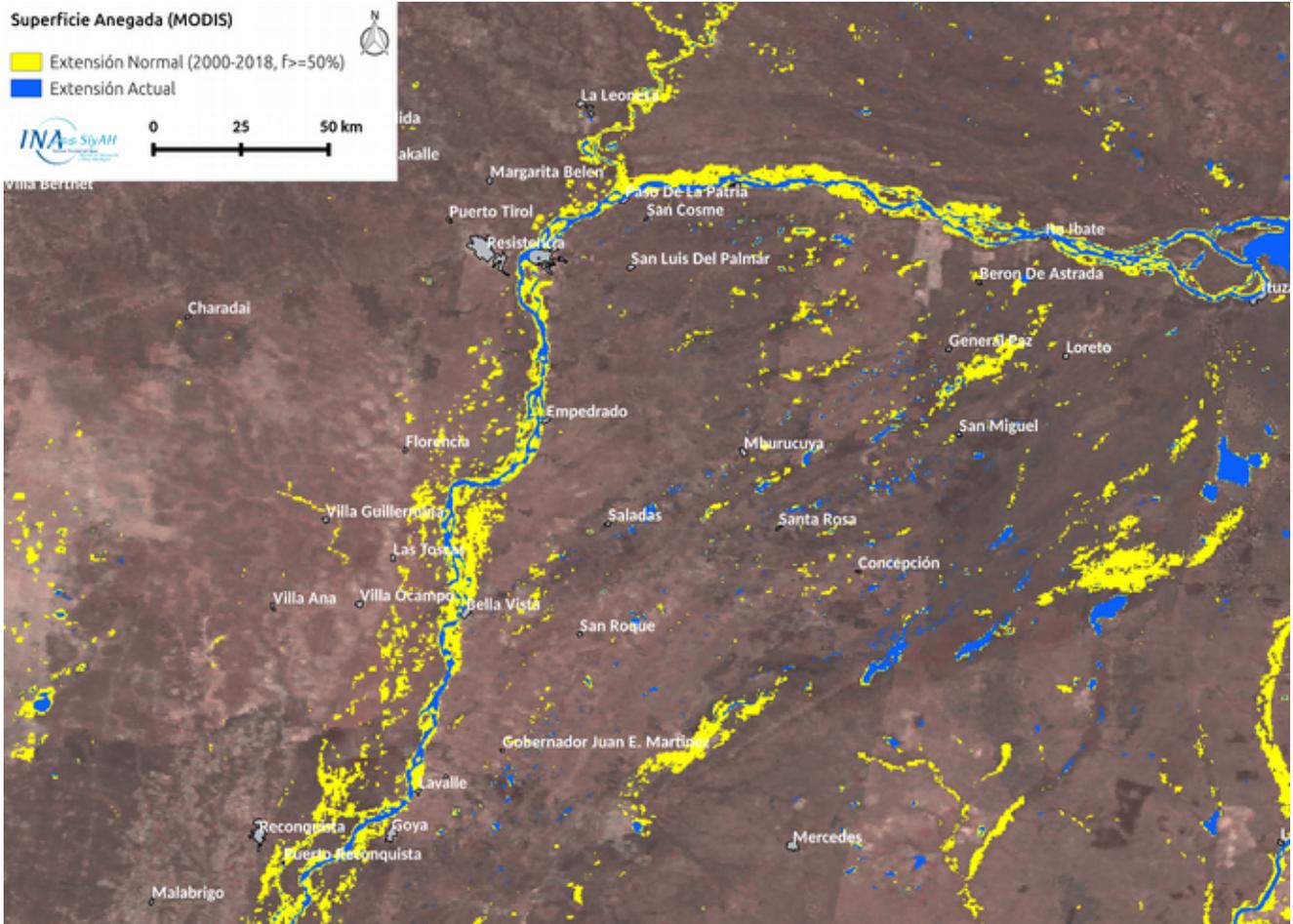


Fig. 21. Producto de detección de cambios MODIS para el tramo del río Paraná definido entre las secciones de Yaciretá y Goya, incluyendo confluencia con el Paraguay. Situación actual y extensión normal de espejos de agua. Imagen de fondo MODIS MOD09A1 falso color natural correspondiente a 2021-07-12 (Canal Rojo: banda 1, Canal Verde: banda 4 y Canal Azul: banda 3). Situación observada al 13/08/2021

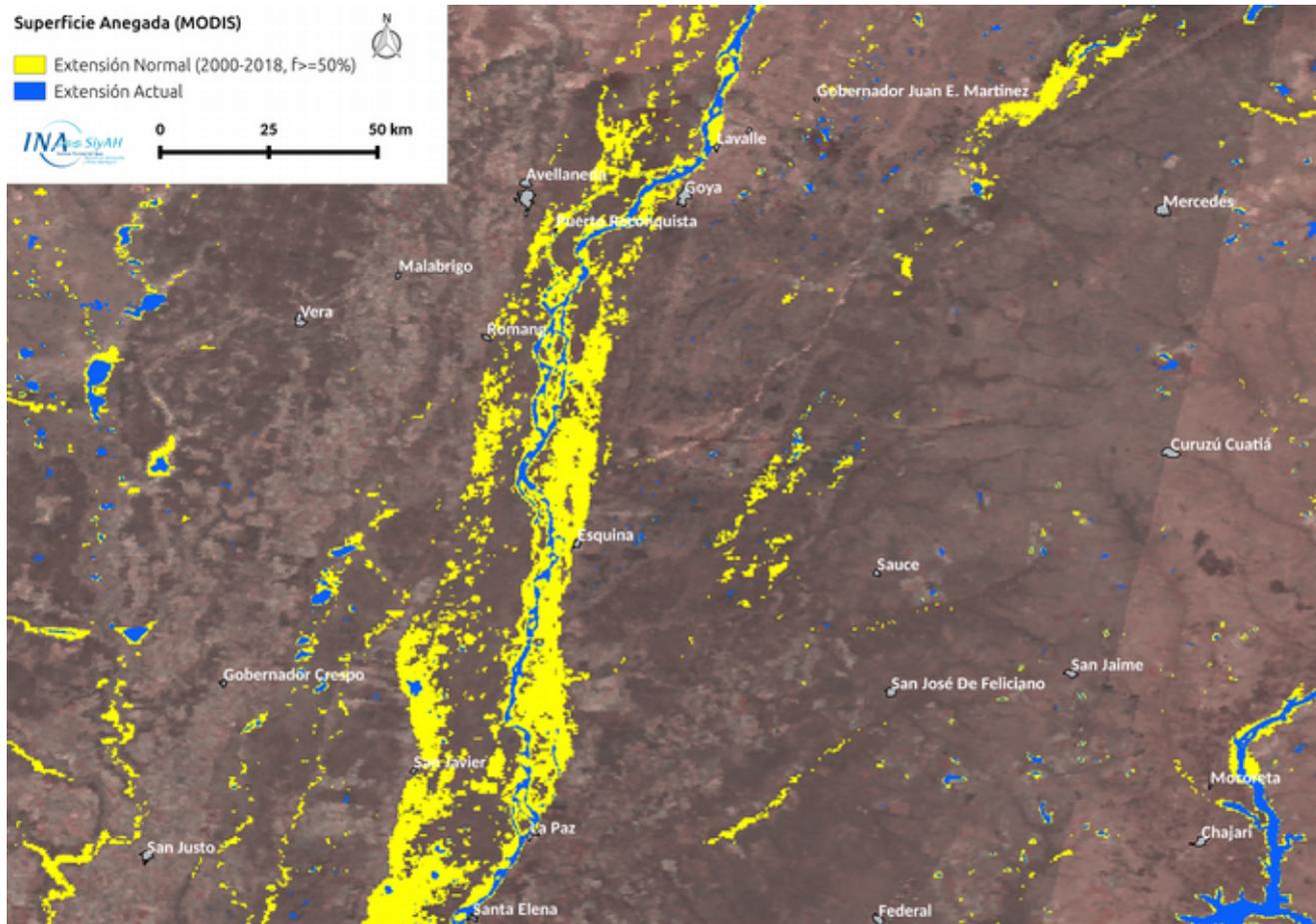


Fig. 22. Producto de detección de cambios MODIS para el tramo del río Paraná definido entre las secciones de Goya y La Paz. Situación actual y extensión normal de espejos de agua. Imagen de fondo MODIS MOD09A1 falso color natural correspondiente a 2021-07-12 (Canal Rojo: banda 1, Canal Verde: banda 4 y Canal Azul: banda 3). Situación observada al 13/08/2021

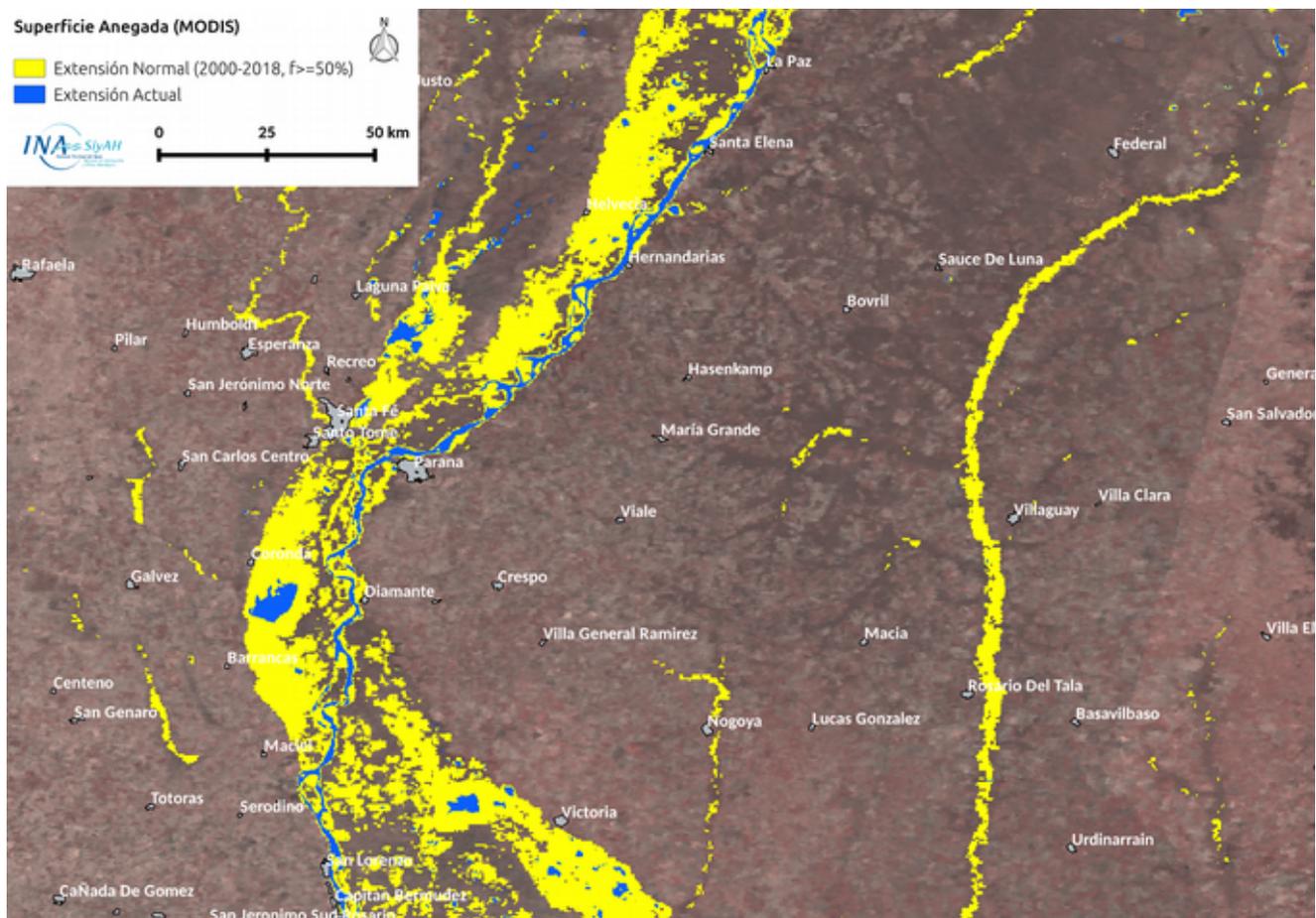


Fig. 23. Producto de detección de cambios MODIS para el tramo del río Paraná definido entre las secciones de La Paz y Victoria. Situación actual y extensión normal de espejos de agua. Imagen de fondo MODIS MOD09A1 falso color natural correspondiente a 2021-07-12 (Canal Rojo: banda 1, Canal Verde:banda 4 y Canal Azul:banda 3). Situación observada al 13/08/2021

Las actualizaciones de escenarios posibles a largo plazo se encuentran disponibles en <https://www.ina.gov.ar/alerta/index.php?seccion=8>. Para un seguimiento sistemático de la evolución de niveles a corto plazo sobre el Delta del Paraná se sugiere la consulta de las previsiones y pronósticos de tendencias actualmente disponibles en https://alerta.ina.gov.ar/pub/mapa?layer=alturas_hidrodelta_corr o en la sección de pronósticos en el mapa web en <https://alerta.ina.gov.ar>.