



*Ministerio de Obras Públicas
- Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica –
Subsecretaría de Obras Hidráulicas
Instituto Nacional del Agua*



“Las Malvinas son Argentinas”

Informe de
Actualización

OBSERVATORIO HIDROLÓGICO ARGENTINO

MAYO DE 2022

CONTENIDO

1.	PROPÓSITO GENERAL	1
2.	EQUIPOS DE TRABAJO	1
3.	MARCO CLIMÁTICO	2
4.	COBERTURAS DE NIEVE EN RÍOS CORDILLERANOS	3
5.	CUYO – COMAHUE	5
6.	PATAGONIA	9
7.	INUNDACIONES PAMPEANAS	14
8.	CUENCA DEL PLATA	20
9.	GLOSARIO	
10.	ACCIONES PREVISTAS	

1. PROPÓSITO GENERAL

El presente informe es el resultado del aporte interactivo de los equipos de trabajo multidisciplinarios del Instituto Nacional del Agua, los que abordan la problemática integral del agua en el país, en respuesta a la misión y funciones inferidas al Instituto.

La experiencia acumulada en los 49 años desde su creación permite abordar el seguimiento permanente de la condición hídrica de las distintas regiones en las que se caracteriza el recurso, con el apoyo de la información brindada por la Red Hidrológica Nacional, tanto en su estructura básica como en la operativa.

2. EQUIPOS DE TRABAJO

Para la elaboración del presente informe han aportado los siguientes profesionales:

SUBGERENCIA	PROFESIONAL	ÁREA
Centro Regional Andino	Inga. Patricia López	Cuyo-Comahue
Servicios Hidrológicos	Inga. Diana Chavasse	Patagonia
	Inga. Micaela Suriano	Patagonia
	Lic. Gustavo Almeira	Meteorología
Sistemas de Información y Alerta Hidrológico	Dr. Leandro Giordano	Cuenca del Plata y Llanura Pampeana
	Mgs. Juan Bianchi	
	Lic. Tomás Calvi	
	Ing. Juan Borús	Coordinación

3. MARCO CLIMÁTICO - SITUACION DE LA SEQUIA EN ARGENTINA

Desde hace más de dos años se presentan lluvias deficitarias en gran parte del país, con énfasis en el Litoral argentino y zona cordillerana (especialmente en Cuyo y Rio Colorado). Es importante destacar que esta situación trasciende a La Argentina, considerando que durante el primer trimestre de 2020 se observaba una condición de sequía generalizada en gran parte de Sudamérica, con una intensidad significativa en Chile y parte de Brasil y una gran cobertura espacial.

Esta situación descripta puede ser visibilizada rápidamente con el uso de un índice de sequía, como el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI en inglés) en diferentes escalas temporales de 3 a 12 meses (Figura 1). Con algunas diferencias en el espacio, se ve claramente las zonas deficitarias en tonos de marrón, con la ocurrencia de sequías moderada a excepcional. Se observa una recuperación en nuestro país, por las lluvias ocurridas durante el mes de abril.

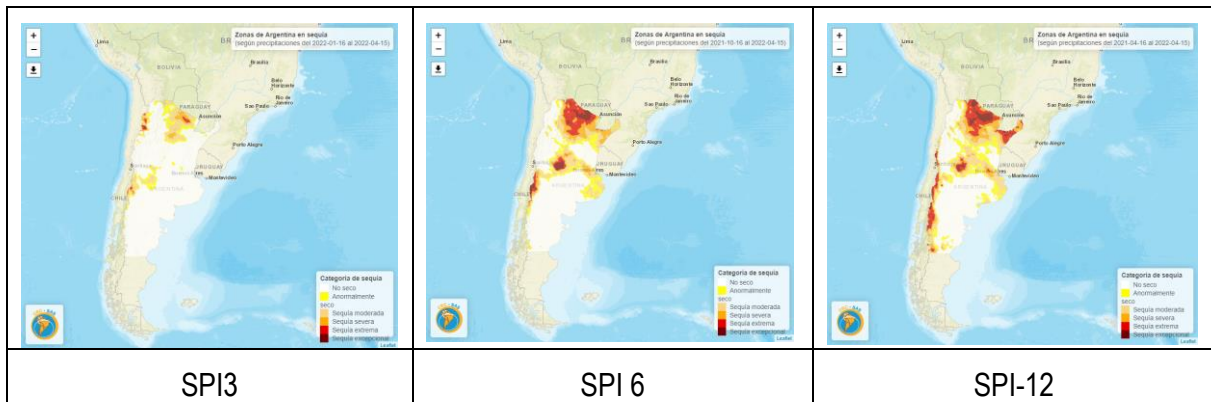


Figura 1: Índices de Sequías en Argentina, en diferentes escalas temporales. Fuente SISSA – SRC SAS (Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica)

En la Figura 2 se calculan las áreas de nuestro país en situación de no seca y en las diferentes condiciones de sequías, en las distintas escalas temporales. La información está actualizada a fines del mes de abril. Nuestro país está en condición de sequías entre 20% (actual) y 50% de su territorio, según un índice de sequía (trimestral, semestral y anual).

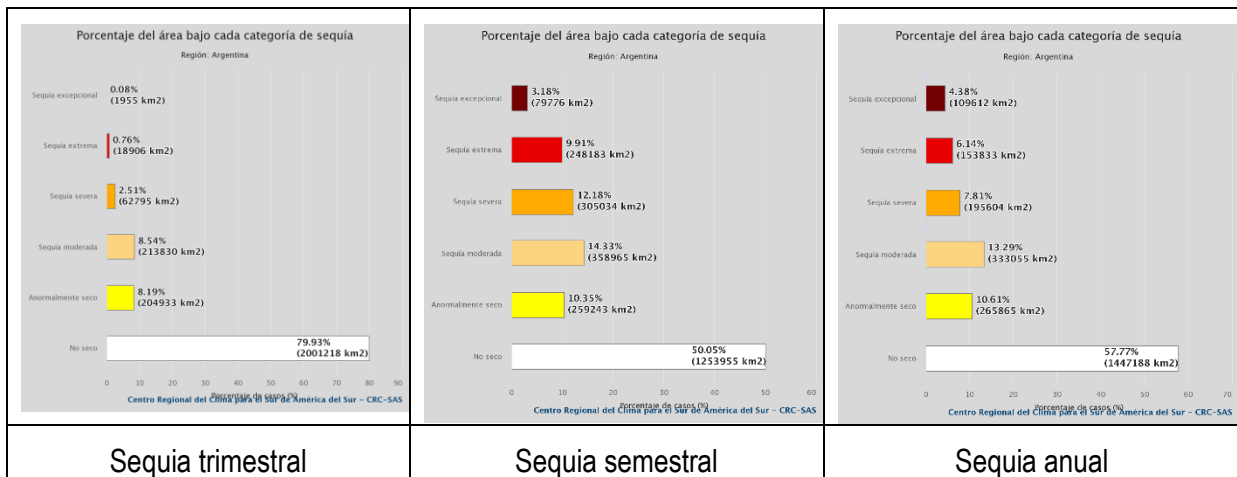
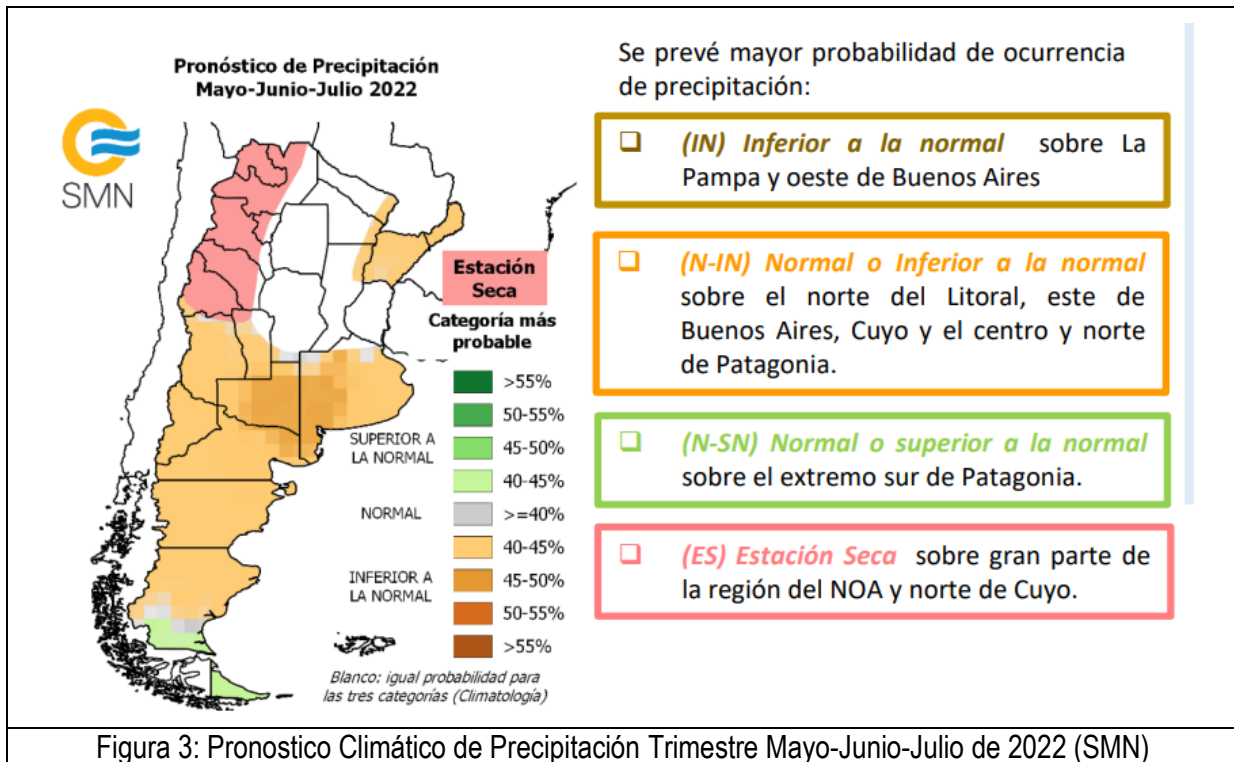


Figura 2: Áreas de Sequía y no seco en Argentina. Fuente SISSA – SRC SAS (Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica).

El último pronóstico climático elaborado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en colaboración con otros organismos, indica la continuidad de las precipitaciones por debajo de lo normal en la mayoría de nuestro país para el próximo trimestre (mayo-junio-julio 2022) (figura 3).



4. COBERTURAS DE NIEVE EN RÍOS CORDILLERANOS

COBERTURA DE NIEVE EN RIOS SAN JUAN Y JACHAL

La cobertura de nieve en los últimos 21 años en la cuenca del río San Juan muestra una tendencia decreciente en el tiempo (Figura 4 b) (Observatorio de Nieve - IANIGLA). Los valores con mayores coberturas de nieve se dieron entre los años 2001-2008 y luego se inició un periodo de coberturas menores. En especial en los últimos 3 años fueron los más deficitarios.

En particular en el último año de enero a diciembre 2021, la cobertura de nieve en la cuenca del río San Juan (Figura 4 a línea azul) fue muy de por debajo de lo normal (línea roja), con una disminución record de hasta -65% con respecto a la normal (Figura 6a).

Hay un claro de superávit de nieve con respecto a lo normal entre los años 2001-2008 (Figura 6a), con valores de hasta +60% en la cuenca del río San Juan. Pero a partir del 2009 los valores fueron deficitarios en la cobertura de nieve, salvo 2015/16, con los últimos 3 años con los mayores déficits (del orden de -60%) y persiste aún.

En tanto en la cuenca del Río Jachal se puede observar el mismo patrón deficitario de la cobertura de nieve, aunque con algunas particularidades. Presenta periodos de cobertura de nieve oscilando alrededor de la media (con excesos y déficit no tan marcados), pero a partir del 2019 también se caracteriza por los menores valores de cobertura de nieve sobre la cuenca (Figura 5b).

Esta situación de menor nieve se puede apreciar claramente en el último año 2021 (Figura 5a), pero de menor magnitud que la cuenca del San Juan; ya que ocurrieron pulsos de nieve de importancia. Hasta el año 2017 los valores de coberturas níveas oscilan con respecto a la normal (Figura 6b), aunque hay años de superávit muy alto (mayor a 100% en 2002 y 2016). Y en los últimos 4 años ocurrió una continua disminución de la cobertura de nieve entre -30 y -55%.

RIO SAN JUAN

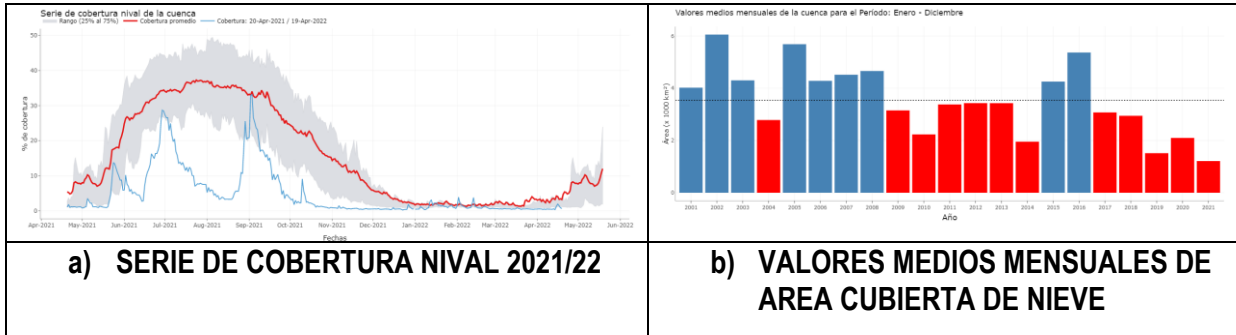


Figura 4. Cobertura de Nieve 2021 y valores medios del área con nieve en el Rio San Juan

RIO JACHAL

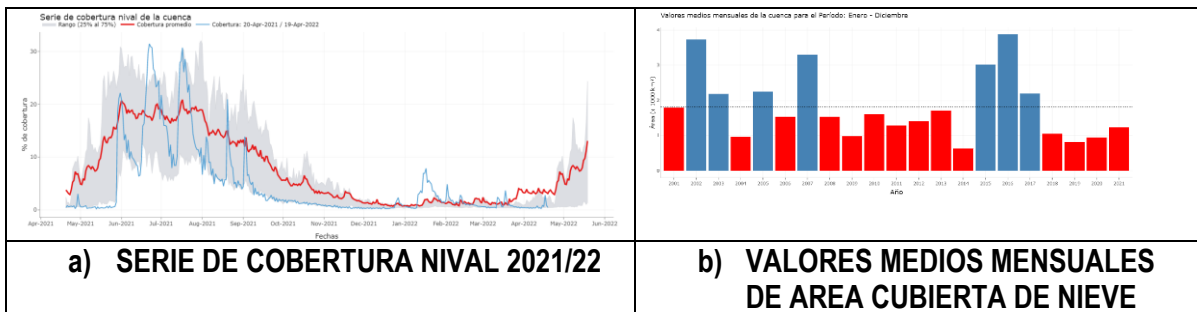


Figura 5. Cobertura de Nieve 2021 y valores medios del área con nieve en el Rio San Jachal

VARIACION DE LA COBERTURA DE NIEVE (%)

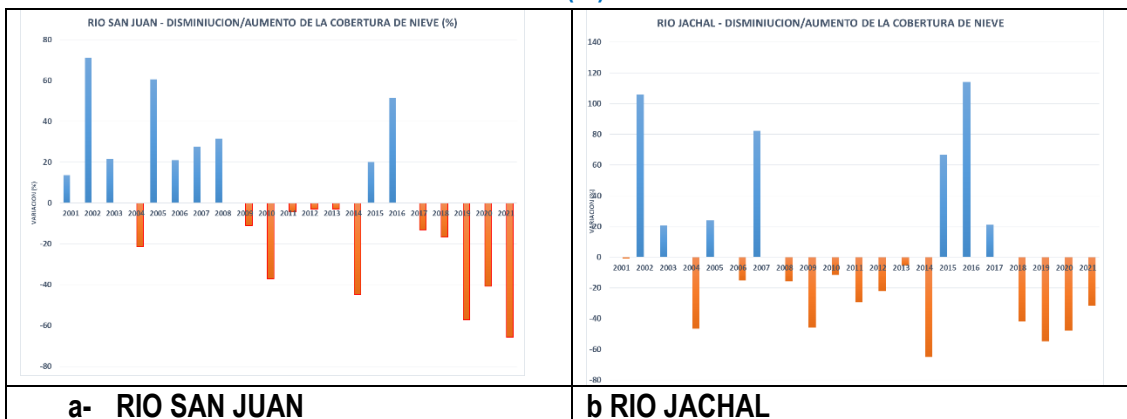


Figura 6. Variación de la cobertura de nieve en el Rio San Juan y Jachal

RIO MENDOZA

En tanto que en el Rio Mendoza también se observa que el último año, la ocurrencia de acumulación de nieve muy por debajo de lo normal (Figura 7a). En los últimos 12 años se inició y prolonga hasta el

día de hoy niveles deficitarios, a excepción de los años 2015 y 2016, constituyendo un fenómeno denominado “Mega-Sequia” en gran parte de la zona cordillerana de Argentina y Chile (Figura 7b).

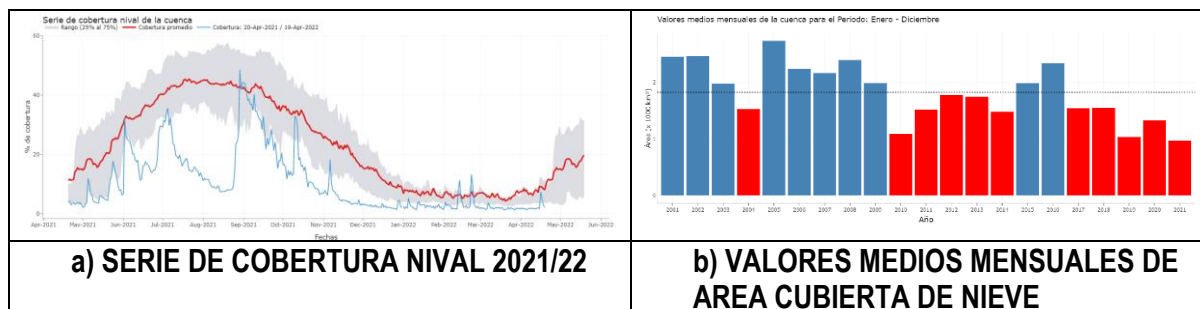


Figura 7. Cobertura de Nieve 2021 y valores medios del área con nieve en el Río Mendoza

RIO COLORADO

En el último año 2021/22 se registraron coberturas de nieve muy escasas hasta agosto 2021 y luego ocurrieron eventos de nevadas excepcionales de septiembre y octubre. Aunque se observa también un ciclo de cobertura de nieve por debajo de lo normal desde el año 2010 al presente año (Figura 8), coincidiendo con el inicio de la Mega-Sequia en gran parte de la zona cordillerana.

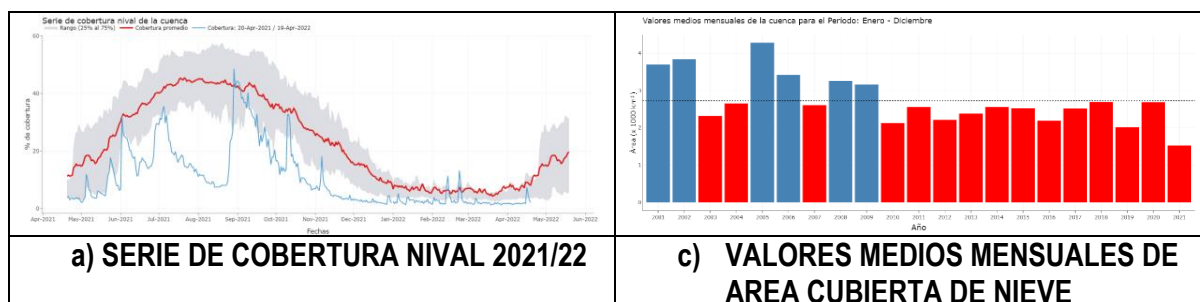


Figura 8. Cobertura de Nieve 2021 y valores medios del área con nieve en el Río Colorado

Los datos utilizados para la preparación de esta información fueron obtenidos del OBSERVATORIO DE NIEVE EN LOS ANDES DE ARGENTINA Y CHILE IANIGLA (CONICET) / CR2 (CHILE)

<https://observatorioandino.com/nieve/>

5. SITUACIÓN FLUVIAL EN CUYO Y COMAHUE

En la región varias instituciones (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, Departamento General de Irrigación de la Provincia de Mendoza, Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, Departamento de Hidráulica de San Juan) poseen redes automáticas de medición que proporcionan información hidrometeorológica en tiempo real desde sus sitios web o publican información de otras instituciones y, algunas de ellas, realizan pronóstico meteorológico e hidrológico.

En esta región los administradores y usuarios del agua están más acostumbrados a utilizar el concepto de caudal que el de nivel hidrométrico, por este motivo el INA puede complementar la información brindada por las instituciones anteriores proporcionando un análisis sobre el estado de las cuencas de

esta región realizando, a escala mensual, una síntesis del escurrimiento ocurrido en las estaciones de aforo de la Red Hidrológica Nacional (RHN) perteneciente a la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación (SIPH). El informe se realizará una vez finalizado el mes y, de ser posible, se incluirá una proyección para el mes siguiente.

Cuencas y estaciones seleccionadas

A continuación, se propone un listado principal de cuencas y estaciones seleccionadas a informar, al cual se puede añadir otras cuencas y estaciones en los informes sucesivos.

- **Cuenca río San Juan**
 - ✓ Estación: 1206 – La Plateada (río De los Patos, afluente del río San Juan)
 - ✓ Estación: 1211 – Km 101 (río San Juan)
- **Cuenca río Mendoza**
 - ✓ Estación: 1420 – Punta de Vacas (río Tupungato, afluente del río Mendoza)
 - ✓ Estación: 1413 – Guido (río Mendoza)
- **Cuenca río Tunuyán**
 - ✓ Estación: 1419 – Valle de Uco (río Tunuyán)
- **Cuenca Río Diamante**
 - ✓ Estación: 1423 – La Jaula (río Diamante)
- **Cuenca Río Atuel**
 - ✓ Estación: 1403 – La Angostura (río Atuel)
- **Cuenca río Colorado**
 - ✓ Estación: 1427 – La Gotera (río Grande, afluente del río Colorado)
- **Cuenca río Negro**
 - ✓ Estación: 2004 – Paso de Indios (río Neuquén, afluente del río Negro)

Las estaciones de aforo a ser consideradas se encuentran aguas arriba de los aprovechamientos emplazados en las cuencas.

Información validada disponible de la RHN

Caudales

Todas las cuencas propuestas para el informe cuentan con aforos mensuales, cuya frecuencia varía durante el año hidrológico reduciéndose, en general, a un aforo mensual en la época de estiaje. Finalizado el año hidrológico la empresa contratista, encargada de la operación y mantenimiento de la red, tiene tres meses para entregar las series de caudales medios diarios correspondientes al año hidrológico finalizado y cargarlas al servidor de la SIPH.

En el anexo al Acta de medición mensual, que certifica la Inspección de la RHN, se presentan los caudales aforados correspondientes al mes anterior.

Niveles hidrométricos, precipitación y temperatura

Los registros de estas variables hidrológicas se cargan en el servidor de la SIPH con un retraso de uno o dos meses.

Equivalente agua nieve (EAN)

Actualmente, la información de esta variable se encuentra disponible en el servidor de la SIPH hasta diciembre 2020. La SIPH envía informes periódicos, a algunos usuarios durante el período invernal, de los registros de equivalente agua nieve (EAN) en las estaciones nivológicas del año en curso.

Información no validada disponible de la RHN

La RHN cuenta con información telemétrica de sensores que envían información de niveles hidrométricos, precipitación, temperatura y EAN, base denominada SAT2. Esta información es el dato crudo del sensor y por lo tanto no está validada. Esta estructura telemétrica es la que conforma la llamada Red Hidrológica Nacional Operativa, la que demanda la definición del proceso de consistencia y validación que se encuentra en proceso.

Metodología utilizada en el presente informe

Se analizaron las series *validadas* de caudales medios diarios y de extremos, máximos y mínimos, a fin de identificar valores atípicos y tendencia estadísticamente significativa. En función de estos resultados se establecerá el período histórico a ser utilizado en las estimaciones de curvas de duración de caudales (CDC), funciones de frecuencias de extremos e hidrogramas anuales asociados a probabilidades de excedencia.

La CDC permite presentar el porcentaje del tiempo que un determinado valor de caudal es igualado o excedido durante el periodo analizado y representa de forma simple y directa el rango de variación de caudales en una sección del cauce. Se propone utilizar series de caudales diarios para su estimación.

Las funciones de frecuencias de extremos, mínimos y máximos, permitirán en la época de crecida y estiaje relacionar los caudales registrados con la recurrencia o período de retorno de los mismos a fin de cuantificar su severidad.

Las deficiencias hídricas durante el año hidrológico, se identificarán utilizando un procedimiento de nivel umbral variable que permite establecer hidrogramas anuales asociados a probabilidades de excedencia.

A fin de realizar el informe del estado mensual de cuencas se empleará la información no validada de la red telemétrica de la SIPH. Esta condición debe ser especificada en el informe. A medida que la información *validada* esté disponible, de ser necesario, se realizarán las modificaciones correspondientes.

En las estaciones de aforo seleccionadas, se calcularán los niveles hidrométricos medios diarios empleando la información horaria a fin de obtener caudales medios diarios empleando la curva de descarga vigente ajustada por la empresa contratista. Se obtendrán caudales mínimos, máximos y la mediana del mes correspondiente.

Los informes periódicos que envía la SIPH, durante el período invernal, de los registros de equivalente agua nieve (EAN) en las estaciones nivológicas, ayudarían a definir la magnitud de la acumulación nival y la disponibilidad para la fusión.

Si bien las estaciones meteorológicas de la RHN son escasas en la región, los datos de temperaturas de primavera y verano pueden ser útiles para determinar la evolución de la fusión nival y, de ser posible, realizar proyecciones para el mes siguiente.

Análisis particularizado en el Río Mendoza

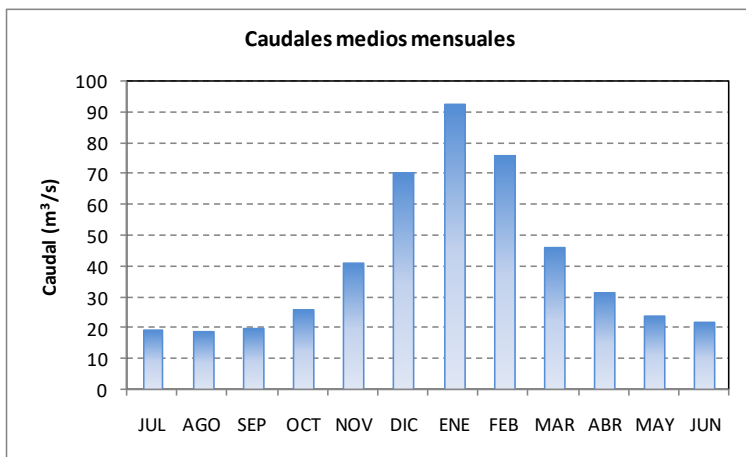
Para este informe se seleccionó la estación Guido (río Mendoza). La estimación de los caudales medios diarios del mes de marzo, se realizó utilizando la curva de descarga vigente y los valores medios diarios de niveles

hidrométricos calculados en función de los registros horarios del sensor telemétrico. Las estimaciones de la CDC, funciones de frecuencias de extremos e hidrograma anual asociado a probabilidades de excedencia se realizaron utilizando de caudales medios diarios validados en el periodo 1956-2020. Este período representa los 65 años de registro de la estación e incluye diversos eventos de sequía y crecidas.

Estación Guido – río Mendoza

Curva de duración de caudales (CDC) (1956-2020)

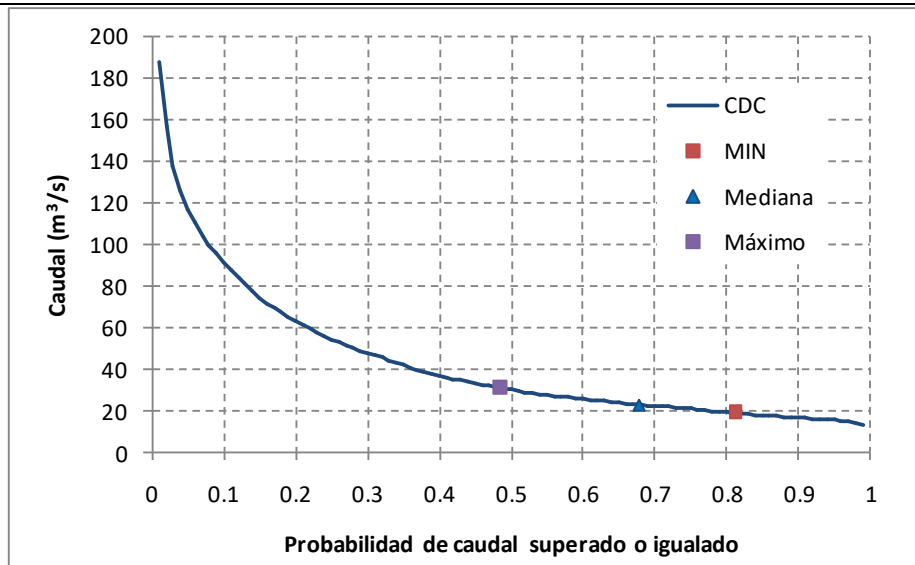
	Mínimo (1965)	90%	70%	50%	30%	10%	Máximo (1987)
Caudal (m³/s)	7.70	16.76	22.47	30.05	47.73	91.63	401.46



Mes: Marzo

Caudal ⁽¹⁾ (m³/s)

Mínimo 18.95
Mediana 23.07
Máximo 30.89



(1) Caudal estimado con datos de niveles hidrométricos telemétricos no validados

Los caudales son bajos para este mes, presentando una situación de deficiencia hídrica asociada a excedencias del 90%, valor adoptado internacionalmente como umbral de alerta de valores críticos de caudal bajo. Se prevé continuar en esta condición en el mes de abril.

6. PATAGONIA

Introducción

En este informe se presenta una primera evaluación actualizada de la situación hídrica en la República Argentina. Dado el gran volumen de información que es necesario procesar para tal análisis, la atención en este acápite está centrada en estaciones de la Patagonia.

Fuentes de Información

En esta etapa se trabajó con información de la mencionada Red Hidrológica Nacional del Sistema Nacional de Información Hídrica de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del Ministerio de Obras Públicas de la Nación.

En la regional Patagonia, figuran 77 estaciones con estimaciones de caudales medios mensuales de las cuales 19 carecen de registros de longitud suficiente para definir estadísticos que permitan calificar sus aportes y en 12 de las restantes no se ha aforado en los últimos años. Sería necesario revisar las estaciones en detalle para confirmar la cantidad de secciones de aforo vigentes y revisar cuáles de ellas transmiten alturas hidrométricas por SAT 2.

Estaciones hidrométricas seleccionadas

Para la definición del área de trabajo se consideró la Patagonia desde el punto de vista geográfico e independientemente del concepto de regionales como se presenta en la base de datos de la Red Hidrológica Nacional. Por este motivo se incluyeron las estaciones Buta Ranquil, Paso de los Indios y Paso Córdova sobre los ríos Colorado, Neuquén y Negro respectivamente, las cuales corresponden a la regional Comahue.

En la Tabla 1 se presentan las estaciones hidrométricas con estimaciones de caudales medios mensuales seleccionadas y algunas características de las mismas: área de aporte, cota de la sección de cierre, ubicación en latitud y longitud y el mes de inicio del año hidrológico.

Análisis de datos

En esta parte del estudio se consideraron las series de caudales medios mensuales del período de registro comprendido entre los años hidrológicos 1990/91 y 2020/21 y se estimaron los percentiles 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 para cada mes del año.

La empresa contratista EVARSA tiene por contrato un período de 3 meses, posterior al cierre del año hidrológico en la estación, para entregar las estimaciones de caudales. En este período se valida la información y se ajustan las curvas HQ. Como se muestra en la Tabla 2 (columna 4) esta situación provoca un retraso de un año a un año y medio en la carga de caudales en la base de datos de la Red Hidrológica Nacional.

Cód	Nombre	Río	Área [km ²]	Cota [msnm]	Latitud	Longitud	Inicio Año Hidrológico
2002	Buta Ranquil	Colorado	15300	850	37° 04' 34,40"	69° 44' 48,10"	Julio
2004	Paso de los Indios	Neuquén	30843	498,46	38° 31' 55,50"	69° 24' 48,90"	Abril
1808	Paso Córdova	Negro	89000	235	39° 06' 45,40"	67° 37' 23,10"	Abril

2206	El Maitén	Chubut	1200	680	42° 05' 59,00"	71° 10' 11,80"	Abril
2207	Los Altares	Chubut	16400	275	43° 53' 18,17"	68° 23' 57,81"	Abril
2215	Nacimiento	Senguerr	1300	940	44° 57' 30,89"	71° 20' 31,85"	Abril
2297	Los Molinos	Senguerr	17650	320	45° 59' 09,96"	69° 28' 29,62"	Abril
2818	Puente Blanco	Gallegos	610	110	51° 53' 41,30"	71° 35' 51,10"	Febrero
2819	Rincón de los Morros	Penitentes	88	130	51° 55' 17,60"	71° 29' 41,10"	Febrero

Tabla 1- Estaciones hidrométricas analizadas

Cód	Nombre	Inicio Año hidrológico	Base de datos RHN		
			QMMens (MNEMOS III)	HMdiaria (H-Q)	Limn SAT2 (H-Q)
2002	Buta Ranquil	Julio	Jul/90 a May/21	Jun/21 a Feb/22	No transmite H
2004	Paso de los Indios	Julio	Jul/90 a May/21	Jun/21 a Feb/22	No transmite H
1808	Paso Córdova	Abril	Abr/90 a Mar/21	Abr/21 a Ene/22	Feb/22 a 15/4/22
2206	El Maitén	Abril	Abr/90 a Mar/21	Abr/21 a Ene/22	No transmite H
2207	Los Altares	Abril	Abr/90 a Mar/21	Abr/21 a Feb/22	Mar/22 a 13/4 /22
2215	Nacimiento	Abril	Abr/90 a Mar/21	Abr/21 a Feb/22	Mar/22 a 21/4 /22
2297	Los Molinos	Abril	Abr/90 a Mar/21	Abr/21 a Feb/22	26/3/22 a 25/4/22
2818	Puente Blanco	Febrero	Feb/93 a Ene/21	Feb/21 a Feb/22	Mar/22 a 21/4/ /22
2819	Rincón de los Morros	Febrero	Feb/93 a Dic/20	Ene/21 a Feb/22	Mar/22 a 22/4/ /22

Tabla 2- Estaciones hidrométricas: fuentes de información y períodos considerados

Para poder tener estimaciones de caudales hasta una fecha de la mayor actualidad posible resulta necesario recurrir a otras mediciones y otras formas de transmisión de la información.

A partir de lecturas de alturas hidrométricas durante el año hidrológico vigente y con frecuencia también durante el anterior, resulta posible estimar los caudales utilizando las últimas curvas HQ ajustadas. El problema que se presenta es que en este caso estas funciones se están aplicando más allá del período de tiempo en el cual son consideradas válidas lo cual incrementa el grado de incertidumbre sobre los caudales estimados. Como se muestra en la Tabla 2 (columna 5) las alturas hidrométricas están disponibles en la base de datos de la Red Hidrológica Nacional con un retraso de dos a tres meses. En lo referente a la calidad se puede considerar que una vez incorporadas a la base de datos la calidad es aceptable.

Para cubrir estos dos o tres meses de retraso es posible recurrir a las lecturas de alturas hidrométricas transmitidas por SAT 2. Estas lecturas son completamente crudas y se ha comprobado que presentan inconsistencias importantes como errores de registro de más de un orden de magnitud. No obstante, se ha podido trabajar aceptablemente con las mismas. Al utilizar la información transmitida por SAT2 se incorpora la incertidumbre asociada a la calidad de los datos a la incertidumbre asociada a la curva HQ. Además, es importante tener en cuenta que no todas las estaciones transmiten alturas hidrométricas.

Resultados

En la Figura 9 se presentan, los caudales medios mensuales mínimos y máximos y los percentiles 10, 50 y 90 para cada mes del año en las estaciones bajo estudio durante el los años hidrológicos comprendidos entre 1990/91 y 2020/21. Además, se posiciona el último año hidrológico. Es importante señalar que cuando los caudales medios mensuales se ubican por debajo del percentil 10 se consideran condiciones de sequía.

En la Tabla 3 se posicionan los caudales medios mensuales de los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2022 en relación a los percentiles del período de referencia.

Cód	Nombre	Caudal Medio Mensual [m ³ /s]			
		Ene/2022	Feb/2022	Mar/2022	Abr/2022
2002	Buta Ranquil	Mín<59,7<P10	Mín<54,9<P10	s/d	s/d
2004	Paso de los Indios	28,0<Mín	23,4<Mín	s/d	s/d
1808	Paso Córdova	Mín<436<P10	Mín<397<P10	Mín<388<P10	P10<412<P20
2206	El Maitén	P40<11,9<P50	P70<10,3<P80	P80<12,2<P90	s/d
2207	Los Altares	Mín<5,9<P10	Mín<4,6<P10	5,1=P20	P10<5,7<P20
2215	Nacimiento	P90<50,9<Máx	P10<10,1<P20	P90<39,1<Máx	P90<54,1<Máx
2297	Los Molinos	Mín<11,5<P10	Mín<6,4<P10	Mín<4,9<P10	P10<7,6<P20
2818	Puente Blanco	P50<12,4<P60	P60<12,3<P70	P50<15,5<P60	P40<16,1<P50
2819	Rincón de los Morros	Mín<3,2<P10	P10<3,2<P20	P10<3,9<P20	Mín<3,7<P10

Tabla 3. Caudales medios meses enero, febrero, marzo y abril de 2022

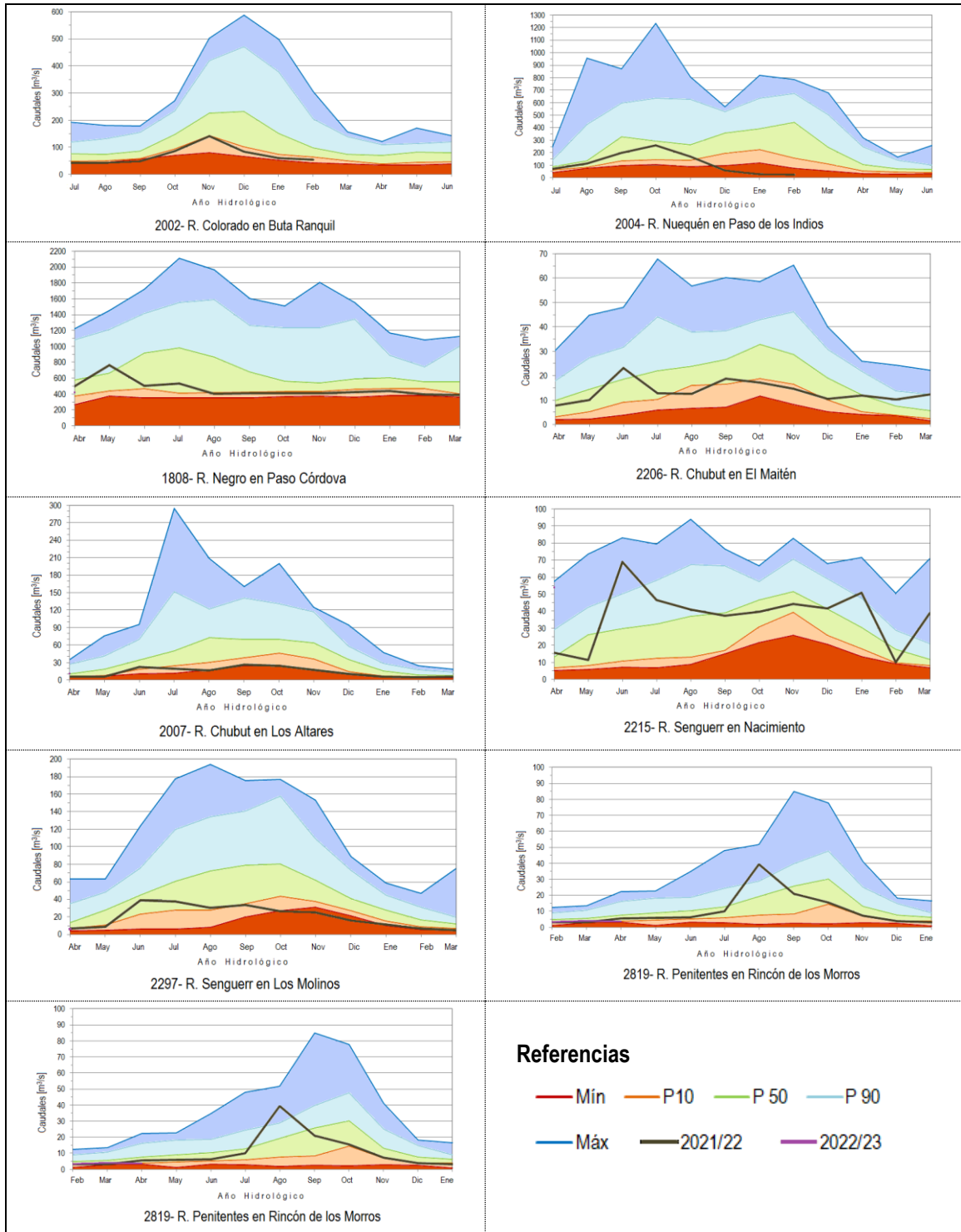


Figura 9. Percentiles de caudales medios mensuales y último año hidrológico

La cuenca del río Colorado presenta una situación persistente de aguas bajas desde el año hidrológico 2009/10. Por este motivo se resolvió estimar los módulos en las 9 estaciones bajo estudio para el período completo (1990/91-2020/21) y para los períodos (1990/91-2008/09) y (2009/2010-2020/21) tomando como punto de corte los años 2008/09 y 2009/10. En la Tabla 4 se resumen los resultados.

Cód	Nombre	Caudal Módulo [m ³ /s]		
		1990/91-2020/21	1990/91-2008/09	2009/10-2020/21
2002	Buta Ranquil	130	155	89
2004	Paso de los Indios	261	305	189
1808	Paso Córdova	762	864	597
2206	El Maitén	19,8	18,3	23,2
2207	Los Altares	44,6	50,7	34,9
2215	Nacimiento	32,9	33,3	32,2
2297	Los Molinos	48,7	55,9	37,2
2818	Puente Blanco	28,9	32,1	24,7
2819	Rincón de los Morros	13,7	14,1	13,2

Tabla 4. Caudales Módulo

En la Figura 10 se muestra la situación de los caudales medios mensuales en relación a los percentiles correspondientes al período de referencia (años hidrológicos 1990/91 a 220/21) en las estaciones analizadas para los meses de marzo abril y mayo de 2022.

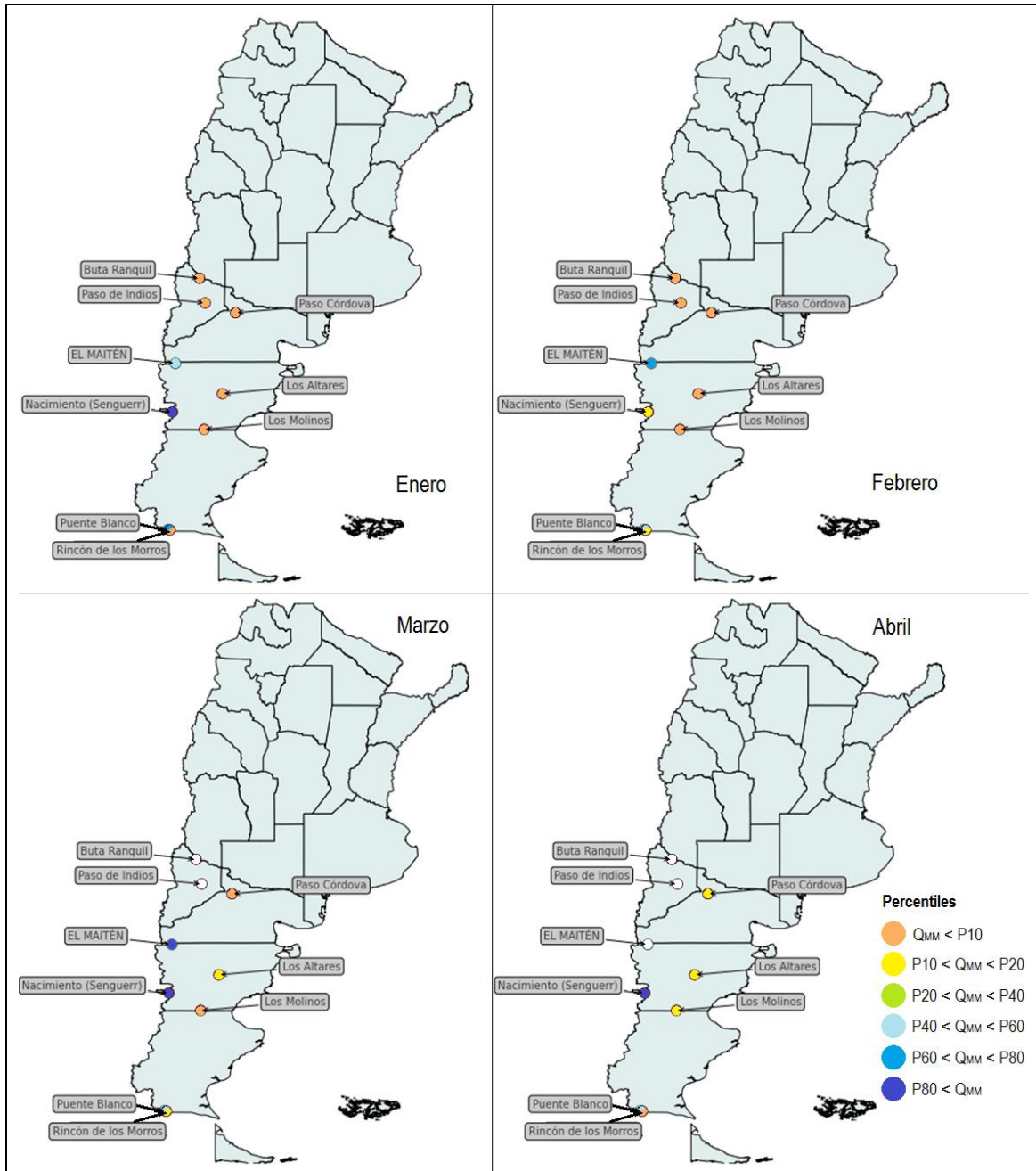


Figura 10. Situación hídrica. Meses de enero, febrero, marzo y abril de 2022.

7. LLANURA PAMPEANA

Se presenta un breve informe de la situación hídrica resultante de las lluvias registradas sobre esta región durante el mes de abril de 2022. Las características geomorfológicas de la llanura demandan un tratamiento diferenciado de la dinámica hídrica. Este abordaje se basa principalmente en el procesamiento de información satelital y su posterior análisis hidrológico, basado en los conceptos que se presentan a continuación.

Breve caracterización del sistema hídrico superficial y la dinámica hidrológica predominante

El sistema hídrico se encuadra dentro de la Pampa Arenosa (Fig. 11). Particularmente, está conformado por un conjunto paleodunas longitudinales con rumbo aproximado NNE-SSO, dispuestas transversalmente al sentido del gradiente topográfico regional muy bajo (1 m / km). Las mismas se originaron durante el Pleistoceno

en condiciones climáticas distintas a las actuales (más áridas), con predominio de los procesos eólicos (SEGEMAR, 2018). Luego, en la transición hacia el Holoceno y con un clima más húmedo, los procesos eólicos perdieron intensidad, por lo que las dunas se fijaron, se vegetaron y se degradaron sus crestas, si bien en esta área se conservan los principales rasgos geomorfológicos (Taboada, Damiano y Lavado, 2022). Dada la disposición transversal al gradiente topográfico regional y en combinación con la baja energía disponible en el sistema geomorfológico (e.g. predominio de la pedogénesis sobre la morfogénesis), el escurrimiento superficial es despreciable (Taboada et al., 2022, Giordano, 2008, SEGEMAR, 2018).

En efecto, la dinámica hidrológica es notoriamente vertical, con intensa asociación entre la dinámica del agua subterránea y el agua superficial (Kruse y Zimmermann, 2002, Taboada et. al, 2002, Giordano, 2008, SEGEMAR, 2018). Esto es, en épocas de lluvia el agua se infiltra en las lomas o cresta de las dunas (curvatura convexa) y recarga la zona saturada del perfil de suelo, permitiendo un incremento en el almacenamiento subterráneo y por tanto, una disminución en la profundidad freática (Kruse y Zimmermann 2002, Giordano, 2008). A la vez, el almacenamiento subterráneo se encuentra en equilibrio con el almacenamiento superficial, el cual se acumula en los bajos intermedanos (curvatura cóncava). Por tanto, la disminución de la profundidad freática se corresponde con un aumento del nivel de almacenamiento en la zona de intermedanos y con la expansión de los espejos de agua (Kruse y Zimmermann 2002, Giordano, 2008).

Por el contrario, en las épocas sin lluvia la reserva subterránea se consume por evapotranspiración o por pérdidas profundas, constatándose la recesión de los espejos de agua en correspondencia con el incremento de la profundidad freática (Kruse y Zimmermann 2002, Giordano, 2008). Luego, puede observarse una característica distintiva de este tipo de sistemas, la respuesta hidrológica del sistema a una entrada de energía (pulsos de precipitación) se corresponde con la disipación de la misma (variación en los almacenamientos) más que con su transferencia hacia otro sistema (escorrentía superficial, caudal).

En consecuencia, la señal de interés para el análisis hidrológico es la variación temporal en la extensión de los espejos de agua y ésta se encuentra fuertemente vinculada al almacenamiento en la zona saturada del perfil de suelo (Giordano, 2008). En efecto, con modelos hidrológicos simples (3 parámetros, paso mensual) pudieron constatarse fuertes asociaciones entre el nivel de almacenamiento subterráneo simulado y el área anegada observada mediante teledetección, con coeficientes de determinación elevados (Giordano, 2008), y más aún si se asume un vínculo potencial (Giordano, 2009, 2021).

Finalmente, la dinámica fuertemente vertical caracterizada por la intensa asociación entre la humedad almacenada en el perfil de suelo y el almacenamiento superficial tiene por consecuencia la manifestación de una significativa estacionalidad en el patrón temporal de expansión / retracción de los espejos de agua, alcanzándose las máximas extensiones durante el otoño o el invierno (cuando las pérdidas por evapotranspiración son mayores) y los mínimos durante el verano.

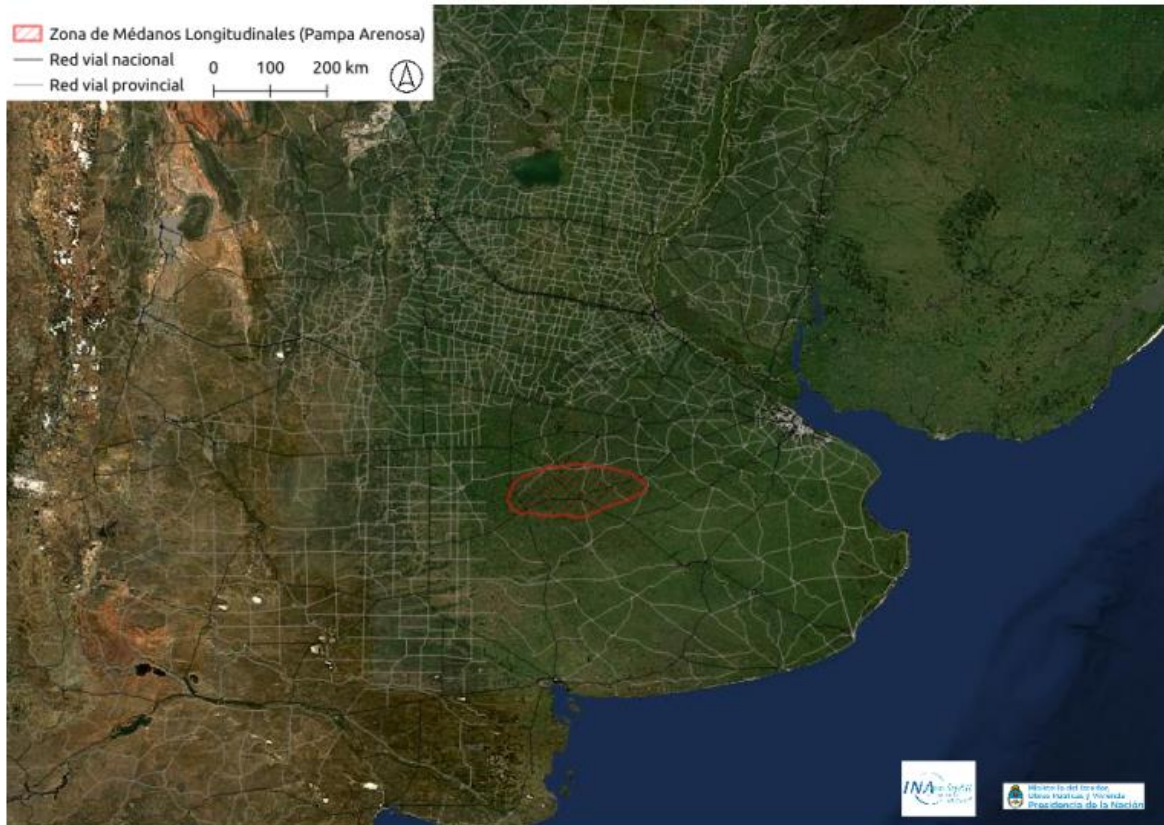


Figura 11: Localización del área afectada por inundaciones (Región de Médanos Longitudinales en Pampa Arenosa)

Precipitación Antecedente

Dado que el sistema hídrico analizado es fuertemente disipativo, puede suponerse un alto grado de asociación entre la anomalía mensual acumulada de precipitación y la posición freática. Esto es, una secuencia de meses positivamente anómalos de precipitación se corresponde con el ascenso freático y la expansión de los espejos de agua, mientras que una secuencia de anomalías negativas se corresponde con el descenso freático y la disminución del tamaño de los espejos de agua. La Fig. 12 (a, b y c) muestra la evolución de la precipitación acumulada, a paso mensual, en los 3 sitios de la red SYNOP, localizados en el área de estudio. En todas las gráficas puede apreciarse que el valor acumulado hasta el mes de mayo se encuentra por encima del valor acumulado climatológico, tanto como todos los meses han excedido el valor climatológico (secuencia de anomalías 2 positivas), constituyendo anomalías positivas. Luego, se puede concluir que 2022 es un año húmedo en la región.

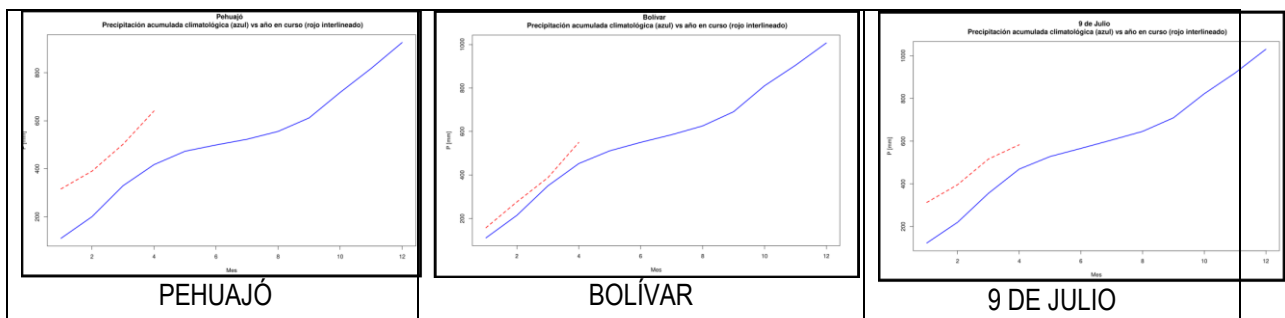


Figura 12: Precipitación acumulada en lo que va de 2022 Versus Precipitación acumulada climatológica (1989-2020) – Paso mensual

Afectación Hídrica Superficial

La Fig. 13 da cuenta de la variabilidad del área anegada en el sistema hídrico. Puede advertirse una marcada estacionalidad y el desarrollo de ciclos de distinta longitud de onda (fases húmedas y secas de menor frecuencia que la variabilidad estacional). Particularmente, puede apreciarse que los valores actuales de área anegada son semejantes al escenario observado durante 2016. La figs. 14 y 15 muestran la permanencia del anegamiento superficial, luego de los eventos de precipitación a fines de abril, para el sistema hídrico considerado y en mayor detalle para el área de Carlos Casares y adyacencias. La Fig. 16 muestra el mapa de afectación superficial para el mes de abril de 2022, obtenido mediante procesamiento de datos Sentinel 2, mostrando todas las unidades de terreno que fueron clasificadas como anegadas durante el mes (envolvente de anegamiento). La Fig. 17 muestra una detección de cambio utilizando la misma serie de productos, indicando el incremento de la extensión de espejos de agua observado en respuesta a los eventos precipitantes de abril de 2022, en relación a marzo de 2022. Finalmente, la Fig. 18 muestra una tabla con la cuantificación de la extensión anegada por departamento / partido. En suma, puede observarse que 3 los partidos más afectados en términos relativos son Carlos Casares y Pehuajó, mientras el resto exhibe un ratio semejante. Aun así, se debe destacar que la tasa de cambio observada en Bolívar fue mayor a la observada para Lincoln, Yrigoyen y 9 de Julio, mientras las observadas en Pehuajó y Carlos Casares fueron aún mayores.

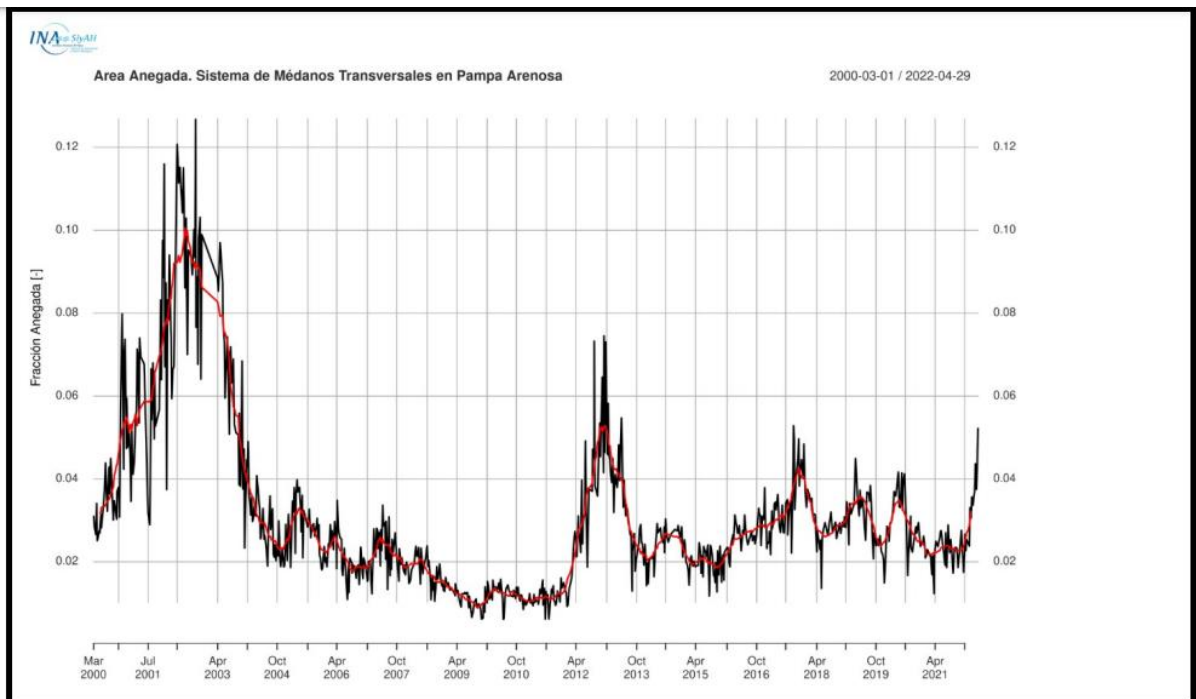


Figura 13: Variación del área anegada en el sistema hídrico (saturograma). Valores obtenidos mediante clasificación de datos MODIS MOD09A1 mediante técnica de umbral NDWI37 (Giordano, 2012).

En rojo se muestra la media móvil considerando una ventana de 15 datos

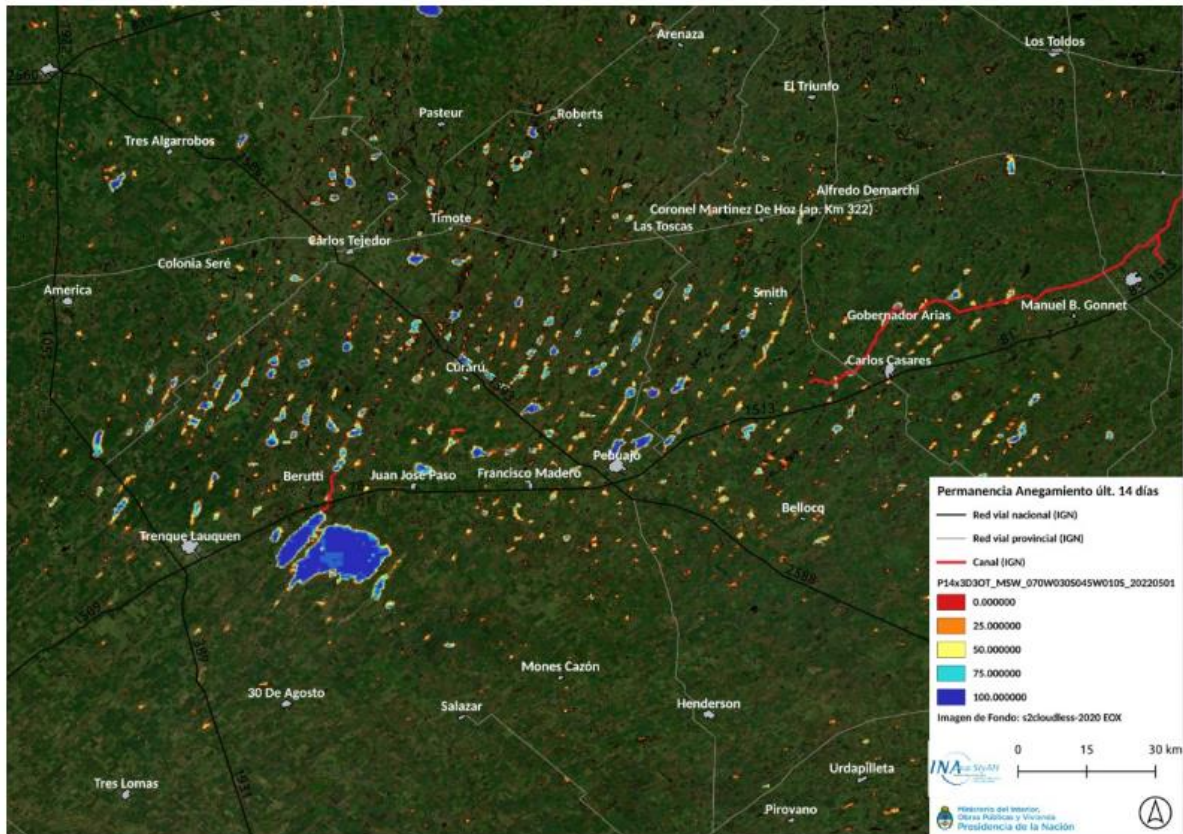


Figura 14: Permanencia del anegamiento durante los últimos 14 días (referencia 2022-05-01), luego de los eventos precipitantes de abril. Producto MODIS NRT Floodmap P143D30T

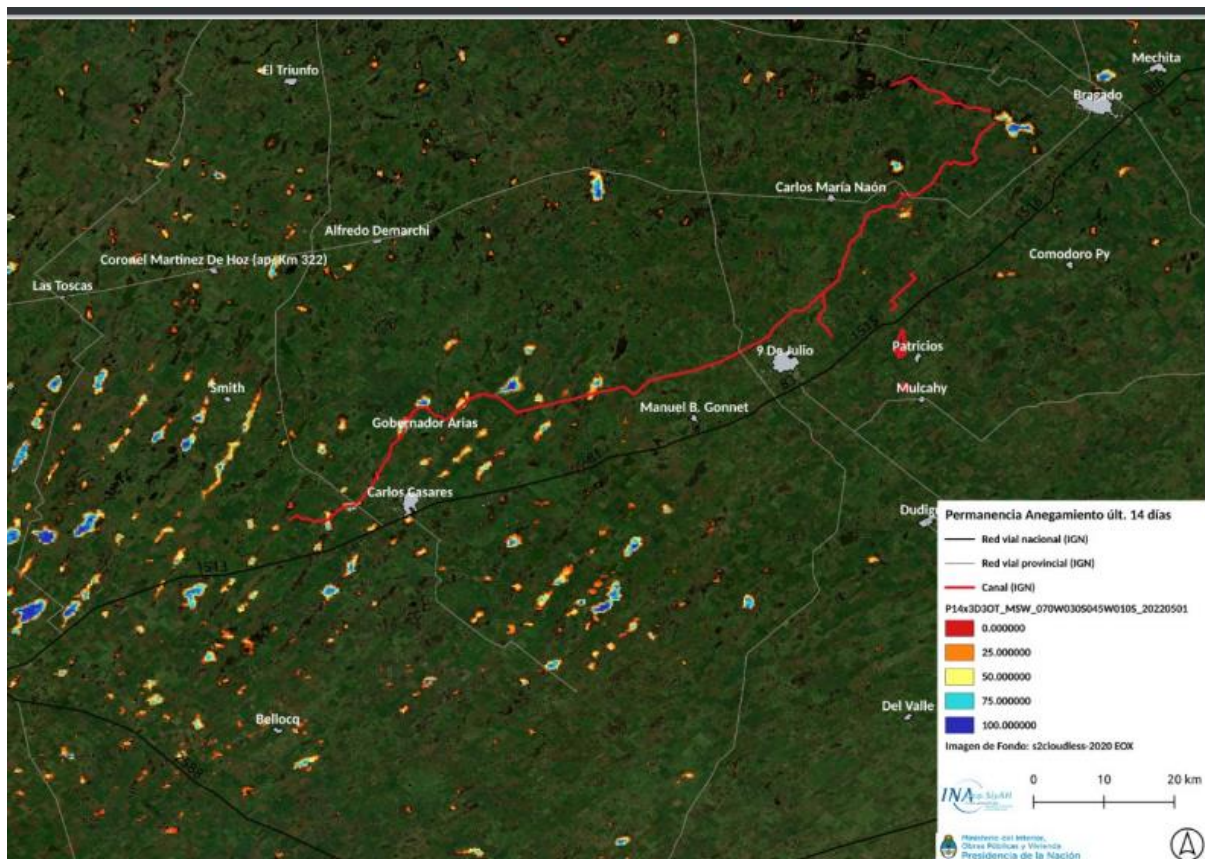


Figura 15: Permanencia del anegamiento durante los últimos 14 días (referencia 2022-05-01), luego de los eventos precipitantes de abril. Producto MODIS NRT Floodmap P143D3OT. Detalle Carlos Casares y adyacencias.

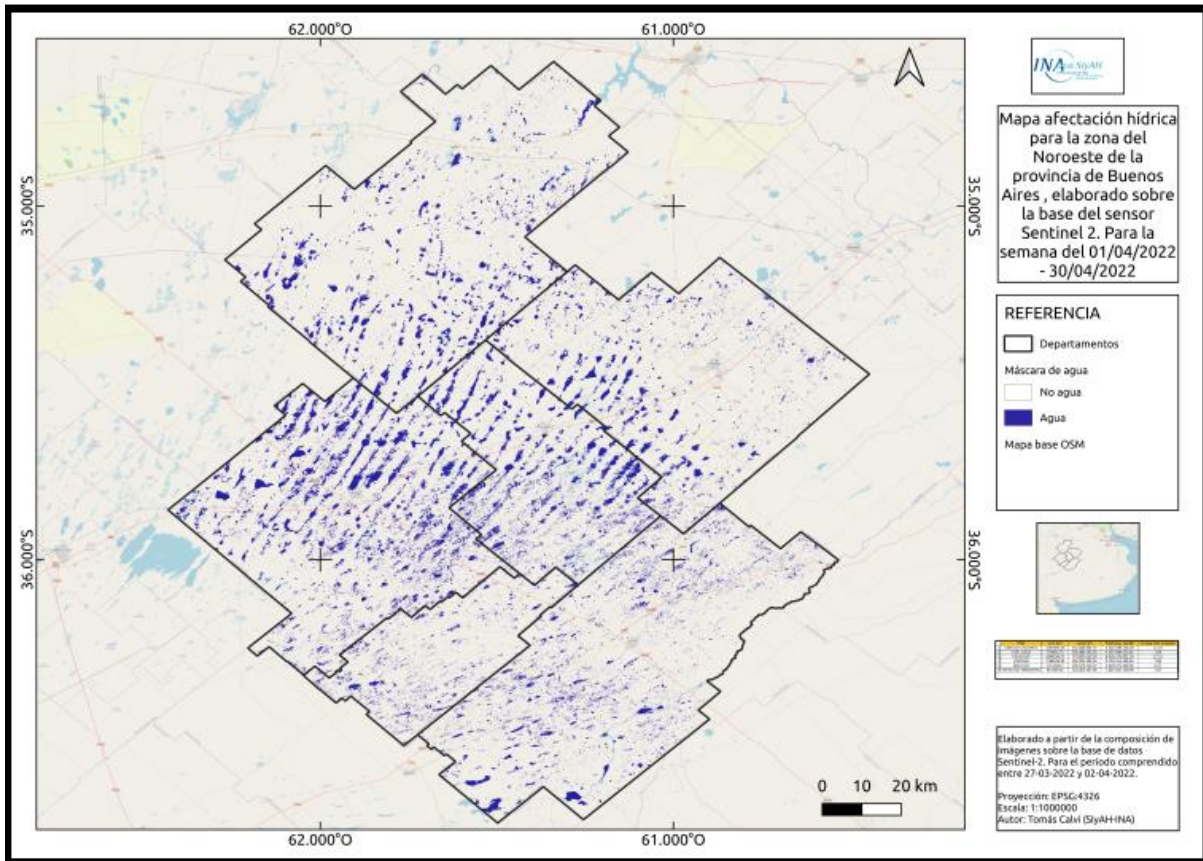


Figura 16: Mapa de envoltorio de anegamiento mensual, correspondiente al mes de abril de 2022, obtenida mediante procesamiento y clasificación de datos Sentinel 2

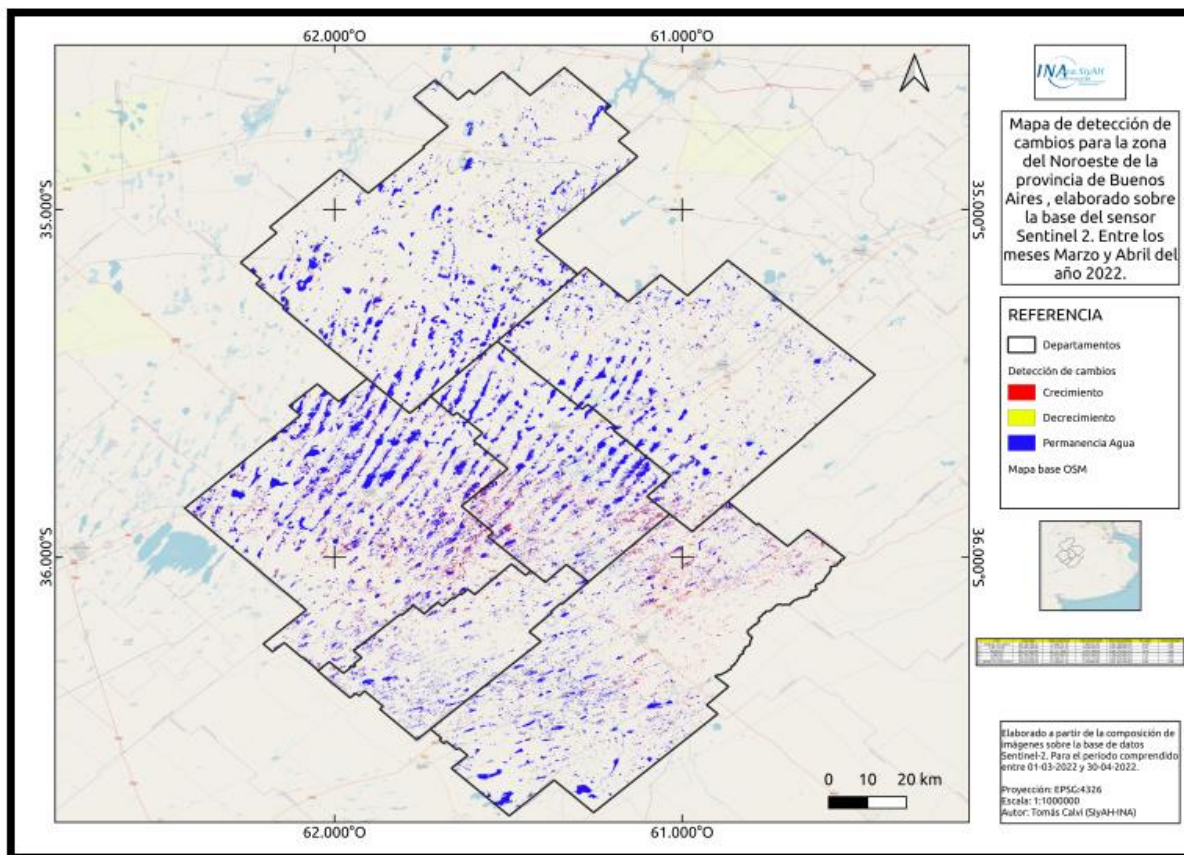


Figura 17: Detección de cambios, correspondiente al mes de abril de 2022 en relación a marzo de 2022, obtenida mediante procesamiento y clasificación de datos Sentinel 2

Partido	Area del Partido (km²)	Afectación Abril 2022 (%)	Incremento Relativo Marzo - Abril 2022 (%)
Carlos Casares	363	14.38	2.86
9 de Julio	275	6.41	0.63
Pehuajó	652	14.41	2.69
Lincoln	434	7.57	0.42
Bolívar	320	6.5	1.73
Hipólito Yrigoyen	110	6.69	0.86

Figura 18: Cuantificación de Extensión de Anegamientos, en porcentaje del área total por partido. Detección de cambios entre los meses de abril de 2022 y marzo de 2022, sobre la base del análisis de datos Sentinel 2

8. CUENCA DEL PLATA

Marco Climático

Persiste el patrón de anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región del Pacífico Central. Sobre la costa atlántica argentina persisten las anomalías positivas. La Figura 19. Presenta el habitual mapa mensual preparado por US-NOAA.

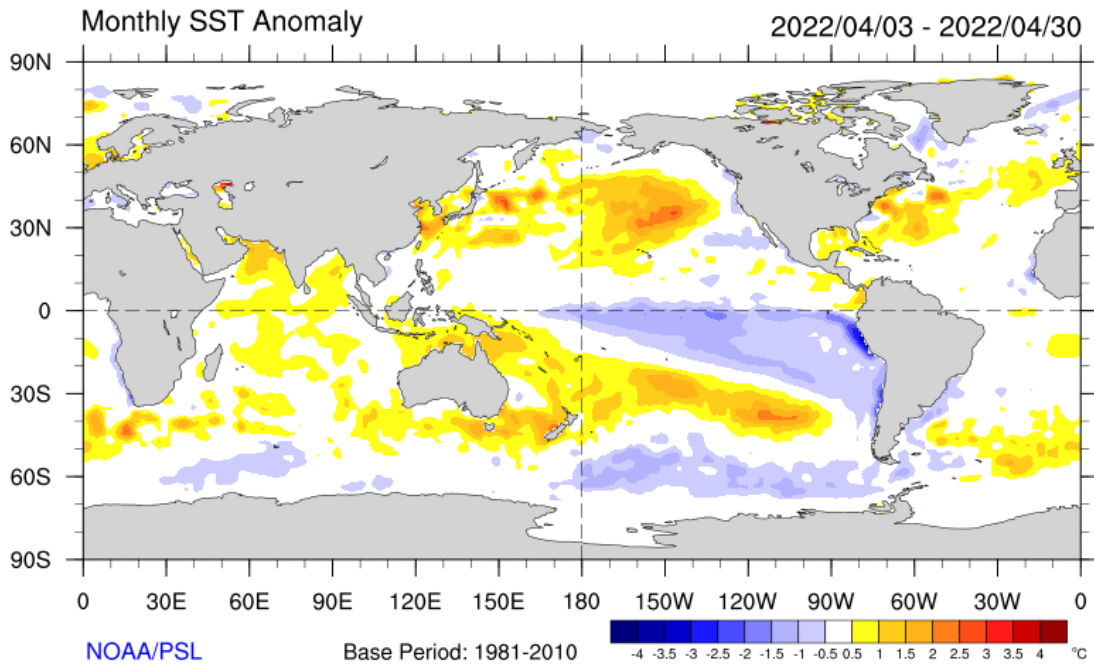


Figura 19: Situación del Clima Global al 30/abr/2022,

Los resultados de diversos modelos de pronósticos del ENSO señalan la evolución hacia condiciones débiles de Niña durante los próximos trimestres, con gran probabilidad durante mayo-junio-julio (MJJ), y con algunas probabilidades de tránsito hacia una fase neutral durante junio-julio-agosto (JJA), tal como lo muestran los modelos y análisis brindados por IRI (Figuras 20a y 20b).

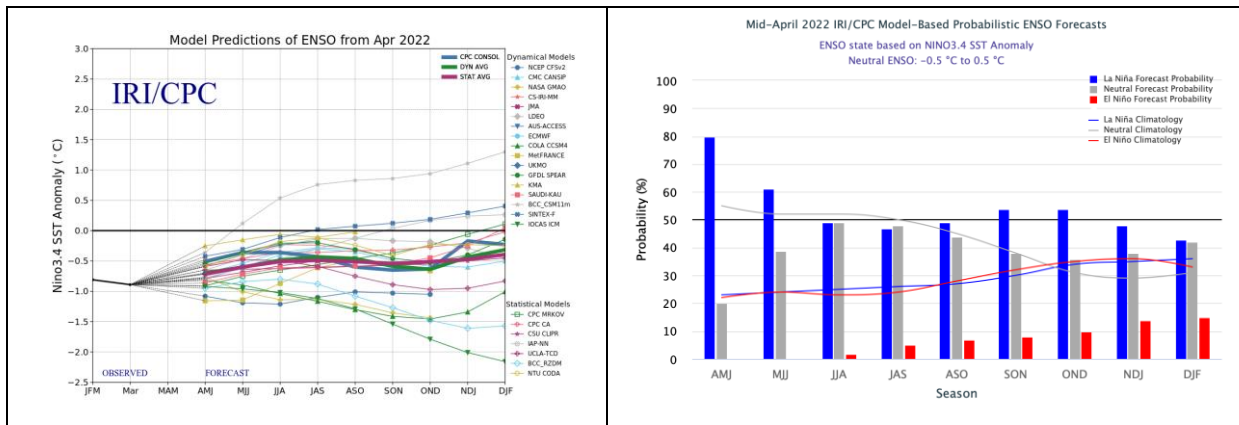


Figura 20 a. (izq.): Evolución Pronosticada de la Anomalia de la Temperatura del Mar en la Región Niño 3.4

Figura 20 b. (der.): Escenarios previstos en la Región Niño 3.4

Se presenta en la Figura 21. los mapas de anomalías de lluvias correspondientes a los meses de febrero/22, marzo/22 y abril/22. Se calcula la anomalía como diferencia entre el valor acumulado durante el período correspondiente y el valor considerado como normal (período 1961/1990). Asimismo, se presenta el mapa de anomalías correspondiente al último trimestre comparando las lluvias registradas en ese período con los valores considerados como normales (considerando las series del intervalo 1961-1990).

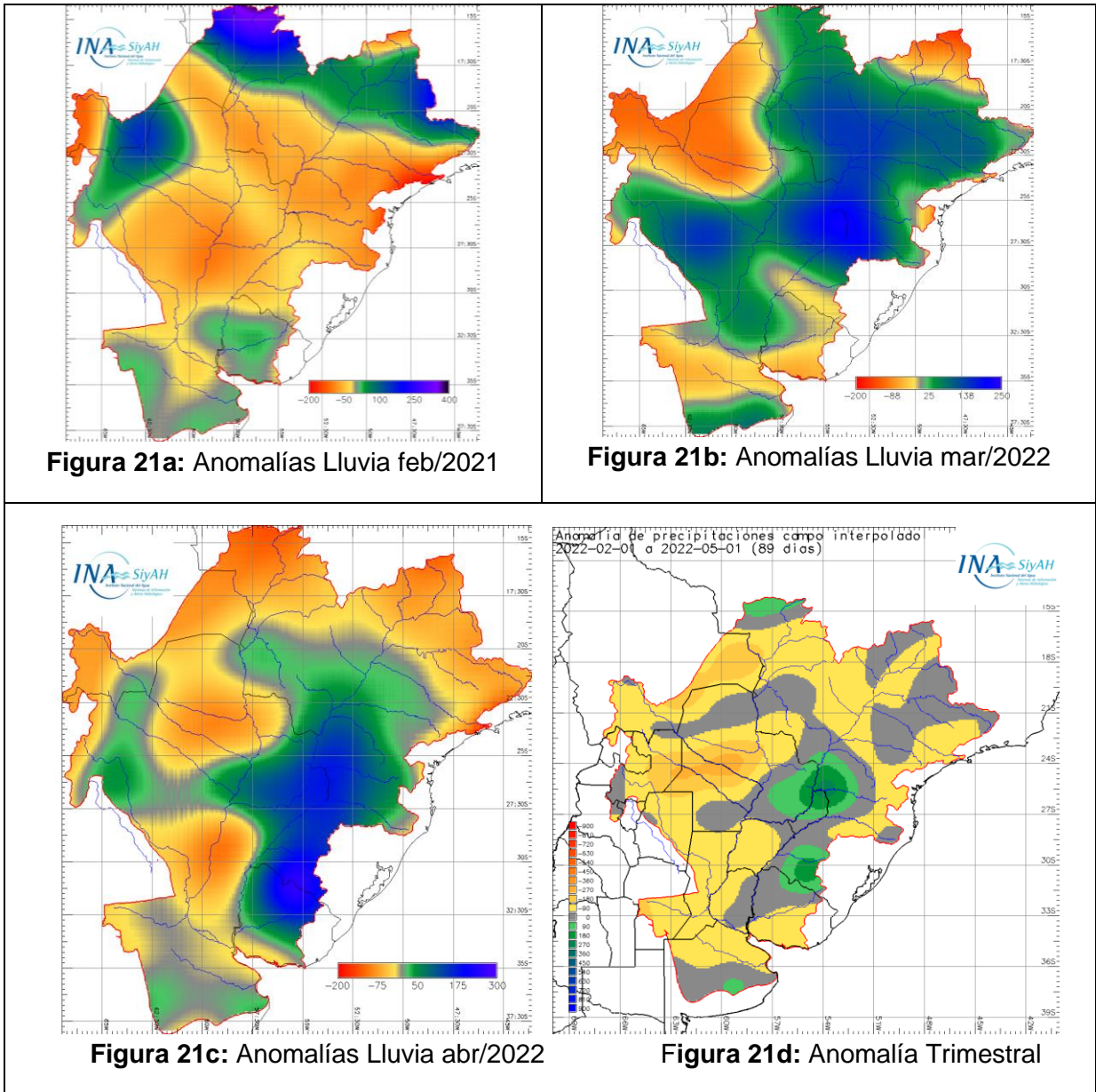


Figura 21a: Anomalías Lluvia feb/2021

Figura 21b: Anomalías Lluvia mar/2022

Figura 21c: Anomalías Lluvia abr/2022

Figura 21d: Anomalía Trimestral

En el mes de abril, se observaron focos con anomalías de precipitación positivas o fuertemente positivas sobre parte de los sectores regulado y no regulado del Alto Paraná, las áreas de aporte a los tramos medio e inferior del Iguazú, tramos superior, medio e inferior del Uruguay, y sobre el sector sur de la cuenca del río Salado Bonaerense. En el resto de la cuenca, las anomalías de precipitación han sido negativas. A la vez, estas anomalías negativas fueron más intensas sobre el aporte directo al Pantanal, y sobre las nacientes del Paraná.

En síntesis y de acuerdo con los resultados aportados por los Centros Mundiales de Pronóstico Climático, para el trimestre al 31/jul próximo se espera **lluvias levemente deficitarias o normales**.

Río Paraguay

Persisten condiciones de sequía predominante en toda la cuenca, situación iniciada en junio de 2019. El Pantanal, alta cuenca del río, presenta niveles cerca de las aguas bajas, mientras el tramo medio e inferior del río presenta mejorías temporarias como respuesta a eventos concentrados en el tiempo y en el espacio, sin que los suelos retornen a una condición de humedad normal y persistente. Es probable que esta condición continúe por varios meses, afectando todos los usos del recurso hídrico fluvial.

Ríos Pilcomayo y Bermejo

Sus altas cuencas conservan aún una estacionalidad de las lluvias estable. En el escenario global La Niña se esperaba eventos importantes durante el verano. Se produjeron algunos pulsos de crecida de distinta magnitud, con afectación local en el NOA y con aporte de sedimentos significativo al río Paraguay inferior. Estando el sistema fluvial troncal (Paraguay – Paraná) en persistente condición de aguas bajas, estos sedimentos afectaron la operación de algunas tomas de agua próximas a la confluencia Paraná-Paraguay. Se deberá estudiar la dinámica de estos sedimentos cuando se produzca un retorno a condiciones normales, ya sea gradual o brusca.

Río Paraná en Brasil

Las lluvias de marzo y parte de abril permitieron la recuperación plena de las reservas en los principales embalses de almacenamiento de la alta cuenca, efecto muy positivo ante la posibilidad de utilización de tales reservas para atenuar los efectos de una eventual disminución de lluvias en la región. Por otra parte, la mitad inferior de la alta cuenca, la parte que no tiene regulación y que normalmente presenta una rápida reacción ante lluvias intensas generando excedentes importantes, mejoró sensiblemente su condición de humedad de suelos. Por esta razón, se sigue atentamente el pronóstico meteorológico para esta parte de la cuenca.

Río Iguazú

Marzo y abril fueron meses ricos, sin eventos muy intensos, pero frecuentes. Las lluvias acumuladas permitieron también la recuperación de los niveles de embalse y la condición general de los suelos. Actualmente, todo evento medianamente significativo sobre la cuenca da lugar a un incremento en el caudal en Cataratas, de rápida propagación al tramo argentino-paraguayo del río Paraná.

Río Uruguay

Desde comienzos de este año la cuenca del río Uruguay se presentó como la región con lluvias más escasas o erráticas. En marzo comenzaron los eventos, mayormente en la cuenca misionero-brasileña del río, extendiéndose a toda la alta cuenca. Las reservas de los embalses crecieron en las últimas dos semanas hasta dejar los embalses en niveles normales operativos. Desde entonces, la alta cuenca aporta un caudal muy regulado y relativamente alto, que permite que los niveles en el tramo compartido con Brasil oscilen en la franja de aguas medias. Se espera que esta condición se sostenga por algunas semanas más, con probable descenso hacia aguas bajas en el invierno. El último evento significativo sobre la alta cuenca, mayormente sobre las nacientes, provocó una crecida significativa, superándose los Niveles de Alerta en las escalas del tramo medio. El caudal entrante a Salto Grande alcanzó los 15.000 m³/s el 13/may, valor que no se registraba desde junio de 2017. Por otra parte, la regulación efectuada por Salto Grande permitió que el tramo inferior continuará oscilando en niveles acotados, sin alcanzar la condición de Alerta.

Ríos Provinciales

Persisten condiciones de sequía predominante en gran parte del Litoral argentino. Los caudales se mantienen en general en valores bajos y sin tendencia. Se destaca la brusca crecida del río Salado en territorio santafesino en la segunda semana de marzo, con un ascenso de nivel de más de 4,00 m en 12 días, seguido de un rápido retorno a niveles bajos, situación que persiste hoy. También se destaca la crecida del río Gualeguay durante abril, con desbordes en el tramo medio y un rápido retorno a la condición previa.

Delta del Río Paraná

La severa bajante del río Paraná afectó fuertemente todas las actividades del Delta desde abril de 2020. Se sumó el persistente marco de lluvias escasas o inferiores a las normales. Los impactos más severos fueron:

- La navegación comercial en el arco portuario Santa Fe – San Pedro.

- La inestabilidad de barrancas y suelos de isla.
- Los incendios de pastizales, con afectación local y en áreas urbanas próximas.
- Las tomas de agua para consumo urbano y para refrigeración de procesos industriales.
- La comunicación social por vía fluvial, de fuerte impacto en todas las actividades.
- El movimiento de hacienda.

Situación presente de la Cuenca del Plata

El escenario desfavorable de sequía y bajante asociada aún no se ha terminado. No obstante, las condiciones son hoy mejores que las observadas en igual época de 2021. Dada la perspectiva climática, es probable que el retorno a una situación de normalidad plena y persistente en la cuenca no se observe antes de mediados de la primavera, con probabilidad de extenderse por el resto del año 2022.