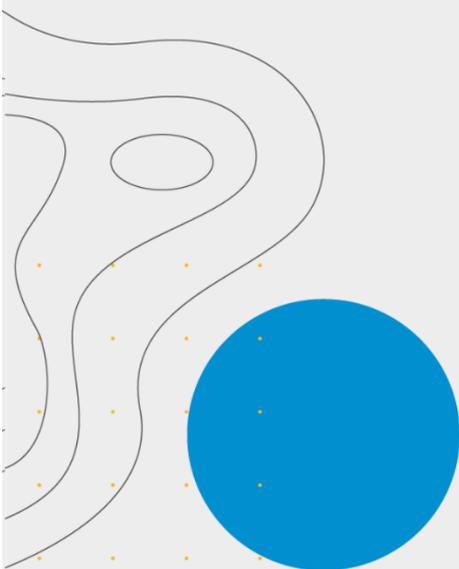


Boletín agrometeorológico mensual

MARZO 2023

Volumen III
C.D.U.: 631:551.5 (82)(055)



Editores:

Elida Carolina González Morinigo
Lorena Judith Ferreira

Redactores:

Elida Carolina González Morinigo
Natalia Soledad Bonel
María Eugenia Bontempi
María Gabriela Marcora

Colaboradores:

Silvana Carina Bolzi
Camila Córdoba Fradinger

*Dirección Servicios Sectoriales
Servicio Meteorológico Nacional*

 <https://www.smn.gov.ar/>
Servicios | Sector Agropecuario

 +54 11 5167 6767 | interno 18901

 agro@smn.gov.ar

 Servicio Meteorológico Nacional
Dorrego 4019 (C1425GBE), Ciudad
Autónoma de Buenos Aires.
Argentina

 SMN.ar

 smn_argentina

 smn_argentina

 smnPRENSA

ÍNDICE

1. Generalidades

1.1	Aspectos agronómicos y agrometeorológicos generales del mes	3
1.2	Principales características por regiones	6

2. Temperatura

2.1	Temperatura media 1ra década	8
2.2	Temperatura media 2da década	9
2.3	Temperatura media 3da década	12
2.4	Heladas	14
2.5	Grados día	15
2.6	Mapas de temperatura	16
2.7	Índice de temperatura y humedad	16

3. Precipitación

3.1	Precipitación acumulada 1ra década	19
3.2	Precipitación acumulada 2da década	20
3.3	Precipitación acumulada 3ra década	22
3.4	Mapas de precipitación	24

4. Índices satelitales

4.1	Índice normalizado de vegetación	24
4.2	Humedad del suelo	25

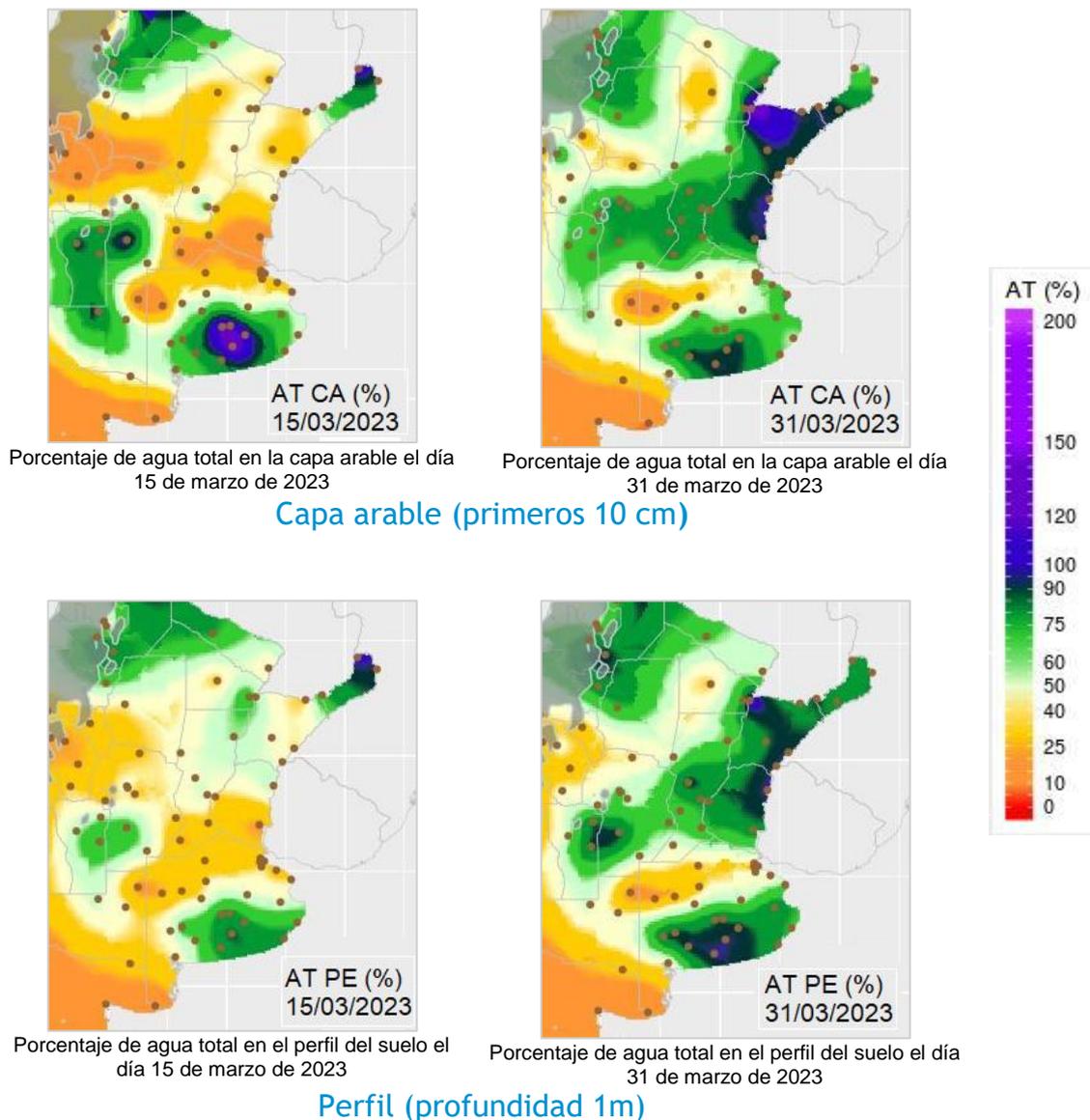
5. Pronóstico de rendimiento - ProRindes

5.1	Pronóstico de rendimientos para los cultivos de maíz y soja tardíos (fecha de inicio: 26/03/2023)	27
-----	--	----

	Definición y abreviaturas de parámetros empleados	28
	Anexo: informe técnico sobre ProRindes	30

1.1 ASPECTOS AGRONÓMICOS Y AGROMETEOROLÓGICOS GENERALES DE MARZO 2023.

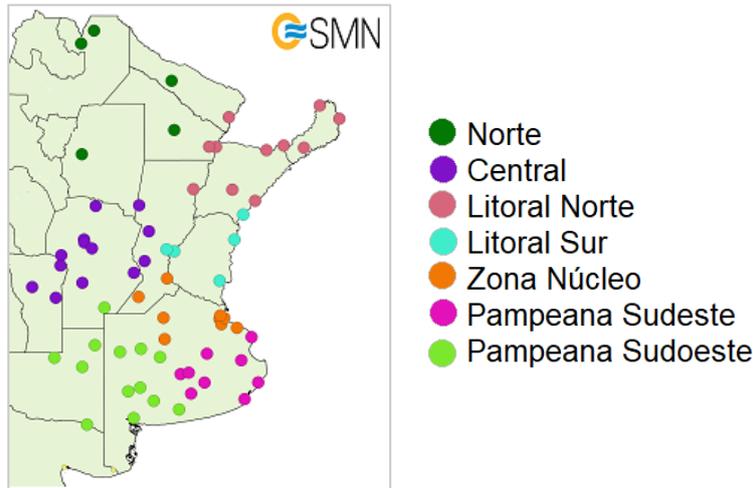
Avanza la cosecha de girasol obteniéndose mejores rendimientos en el norte de la región pampeana respecto al sur. Prosigue la cosecha de maíz de primera ocupación con destino a picado o reserva en silos. Los maizales de siembra tardía transitan mayormente la etapa de llenado de los granos o la madurez. Inició la cosecha de soja de primera ocupación, con rindes variables según las zonas, mientras que los lotes de segunda se visualizan en fase de floración, fructificación o llenado de granos. El sorgo granífero se encuentra fenológicamente en floración, llenado de granos o madurez.



Más información en: https://www.smn.gov.ar/monitoreo_estados

► Monitoreo de cobertura vegetal, suelos y agua | Suelos

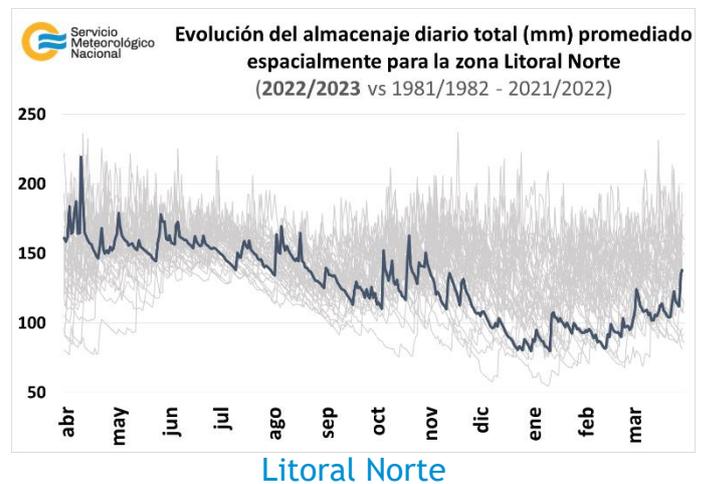
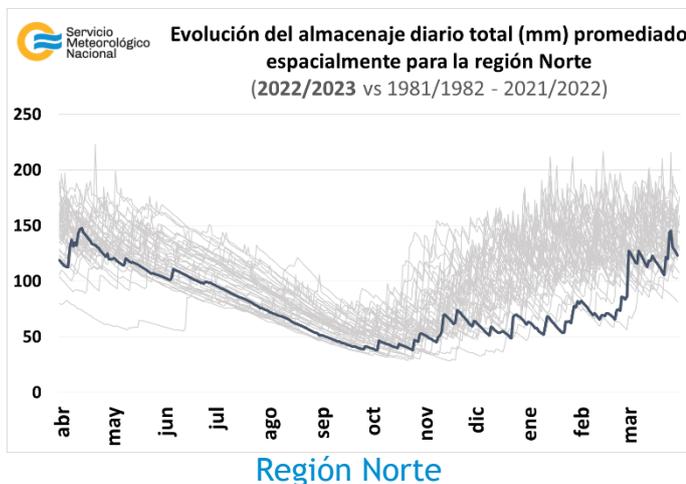
A continuación se presenta la evolución del almacenaje (BHOA) en el último año frente al periodo 1981-2021. Cada gráfico representa una zona del país, y los datos fueron obtenidos promediando los valores de las estaciones disponibles en la zona, según puede verse en el mapa:



En los gráficos se muestra el almacenaje total diario del último año, en línea gruesa. Las líneas finas corresponden a los mismos días de los años anteriores, desde 1981. La presentación permite apreciar cualitativamente cómo se ubicó la evolución de los últimos doce meses con respecto a la distribución de los años anteriores.

La región Norte recibió precipitaciones a lo largo de mes de marzo, por los que se produjo una marcada recarga en la humedad en el suelo.

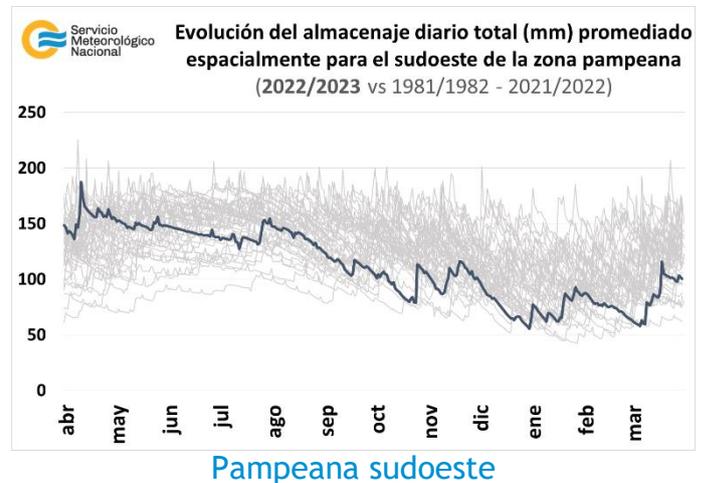
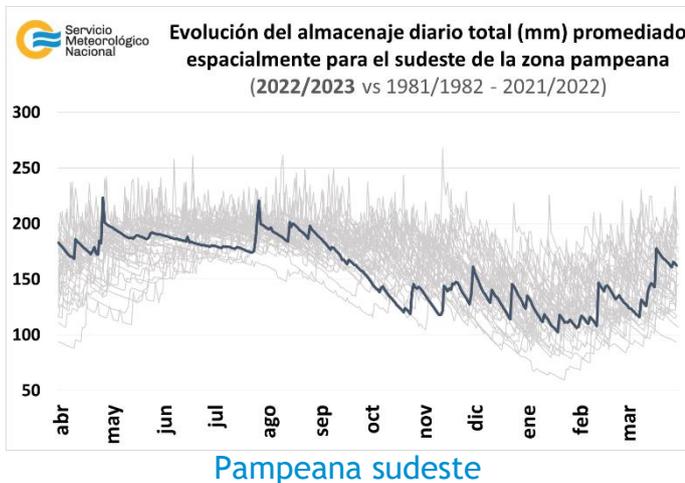
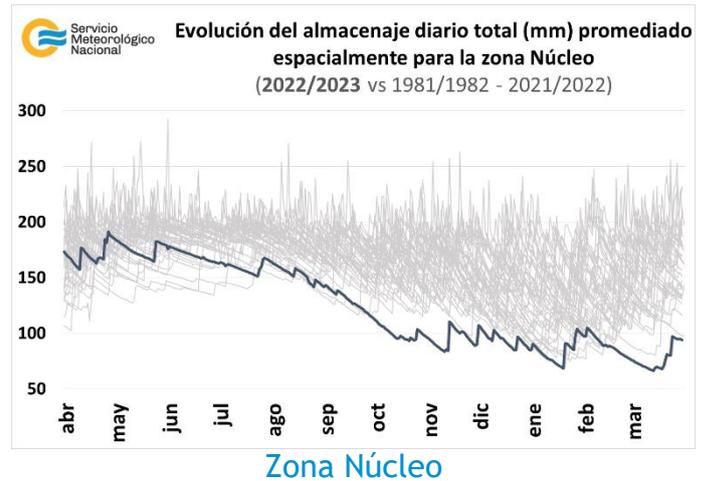
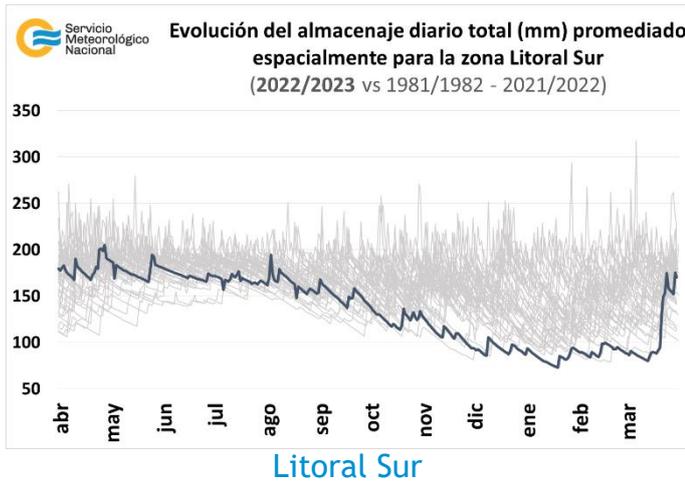
En la zona Litoral Norte se han producido precipitaciones, aunque escasas, de manera que el contenido de agua en el suelo fue aumentado lentamente aunque todavía es de las más bajas desde 1981.



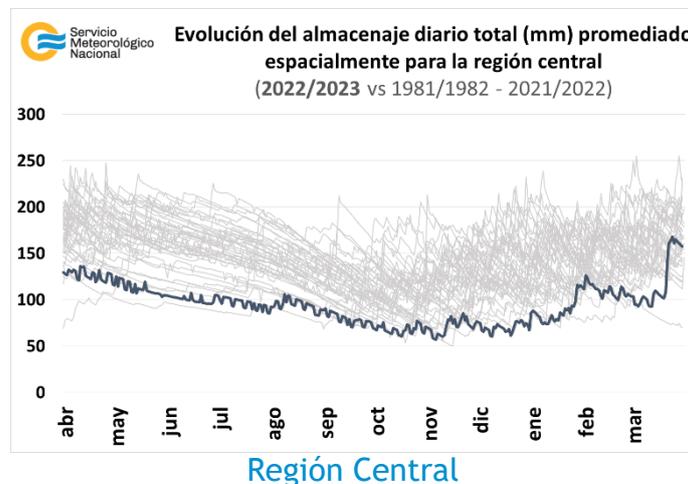
La zona Litoral Sur venía con mínimos de reservas de agua desde diciembre de 2022, durante marzo de 2023 recibió lluvias, principalmente en la tercera década, donde fueron muy abundantes, superando los 150 mm acumulados. Esta situación produjo un marcado aumento del almacenaje de agua en el suelo, mejorando las condiciones hídricas en el sector norte especialmente.

La zona núcleo continúa en una situación crítica, si bien ocurrieron precipitaciones y los suelos se recargaron de humedad, el almacenaje presenta un mínimo respecto a los 41 años previos.

En el sur de la región Pampeana se produjeron precipitaciones a lo largo del mes, recargando los suelos con humedad. Las condiciones hídricas en esta zona son buenas.



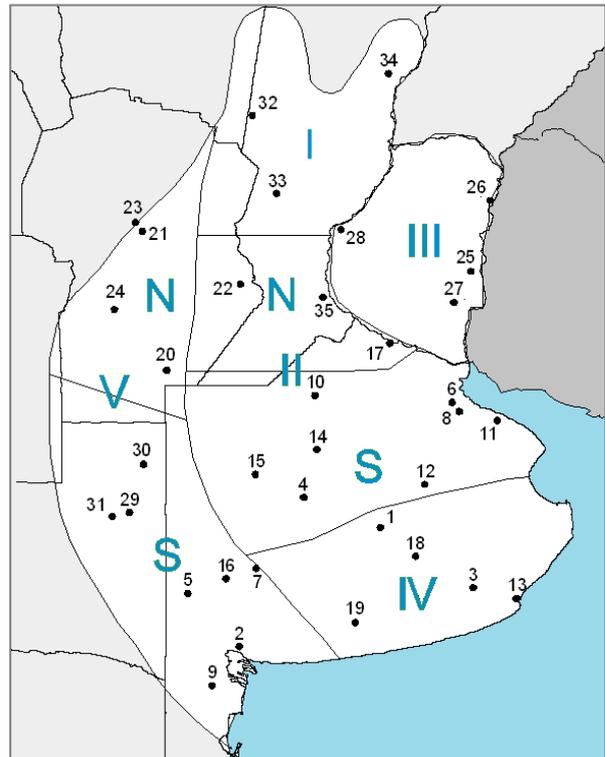
Durante el último año, en la región Central el almacenaje de agua en el suelo era el más bajo desde 1981, esta situación se revirtió gracias a las precipitaciones ocurridas a partir de la segunda década de marzo. Como consecuencia de estas lluvias, se produjo un marcado aumento en la humedad edáfica, mejorando las condiciones hídricas.



1.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS POR REGIONES.

En esta sección se presentan las características agronómicas y agrometeorológicas más significativas del mes teniendo en cuenta las regiones trigueras que se muestran en la siguiente figura.

Estaciones	Latitud S	Longitud O
1) Azul (1)	36°45'	59°50'
2) Bahía Blanca (1)	38°44'	62°10'
3) Balcarce (2)	37°45'	58°18'
4) Bolívar (1)	36°15'	61°02'
5) Bordenave (2)	37°51'	63°01'
6) Castelar (2)	34°40'	58°39'
7) Coronel Suarez (1)	37°26'	61°53'
8) Ezeiza (1)	34°49'	58°32'
9) Hilario Ascasubi (2)	39°23'	62°37'
10) Junín (1)	34°33'	60°55'
11) La Plata (1)	34°58'	57°54'
12) Las Flores (1)	36°04'	59°06'
13) Mar del Plata (1)	37°56'	57°35'
14) Nueve de Julio (1)	35°27'	60°53'
15) Pehuajó (1)	35°52'	61°54'
16) Pigüé (1)	37°36'	62°23'
17) San Pedro (2)	33°41'	59°41'
18) Tandil (1)	37°14'	59°15'
19) Tres Arroyos (1)	38°20'	60°15'
20) Laboulaye (1)	34°08'	63°22'
21) Manfredi (2)	31°49'	63°46'
22) Marcos Juárez (1)	32°42'	62°09'
23) Pilar (1)	31°40'	63°53'
24) Río Cuarto (1)	33°07'	64°14'
25) Concepción del Uruguay (2)	32°29'	58°20'
26) Concordia (1)	31°18'	58°01'
27) Gualeguaychú (1)	33°00'	58°37'
28) Paraná (1)	31°47'	60°29'
29) Anguil (2)	36°30'	63°59'
30) General Pico (1)	35°42'	63°45'
31) Santa Rosa (1)	36°34'	64°16'
32) Ceres (1)	29°53'	61°57'
33) Rafaela (2)	31°11'	61°11'
34) Reconquista (1)	29°11'	59°42'
35) Rosario (1)	32°55'	60°47'



(1) Estaciones Meteorológicas del SMN
(2) Estaciones Meteorológicas del INTA

REGIÓN I: prosigue la cosecha de maíz de primera ocupación con destino a forraje, debido a los bajos rendimientos obtenidos. Los maizales de segunda siembra se hallan en la etapa de llenado de los granos en malas condiciones generales afectados por el estrés hídrico y calórico durante el ciclo. La soja se atraviesa la etapa reproductiva con un aspecto regular o malo, debido principalmente a la sequía.

REGIÓN II NORTE: avanza la cosecha de maíz de primera ocupación con rendimientos variables según las zonas. Los lotes de segunda siembra se visualizan en el final de su ciclo vegetativo o en inicio de floración. El sorgo granífero transita las etapas de floración o llenado de granos, según las zonas, con un estado general regular o malo. Continúa la cosecha de la soja de siembra temprana, obteniéndose rindes muy dispares y en general bajos. La soja de segunda ocupación atraviesa la fase el llenado de los granos, con daños ocasionados por el estrés hídrico y térmico.

REGIÓN II SUR: progresa la cosecha de girasol con rendimientos variables según las zonas, en algunos casos superando las expectativas previstas. Comenzó la cosecha de maíz con destino a alimentación animal debido a los bajos rendimientos obtenidos. El maíz de segunda ocupación se halla en estado de floración o el llenado de los granos. Inició la cosecha de soja de primera ocupación con rendimientos variables según las zonas. Los lotes de siembra tardía se transitan las etapas de floración, llenado de granos o madurez fisiológica, según las zonas. El sorgo presenta plantas de bajo porte, estimándose que en su mayoría será destinado a consumo animal.

REGIÓN III: avanza la cosecha de girasol y maíz de primera ocupación con rendimientos variables según las zonas. Los maizales de segunda siembra se hallan en diferentes etapas del ciclo, desde fases vegetativas hasta llenado de granos. La soja de primera ocupación alcanza el estado de madurez comercial mientras que los lotes de segunda presentan diferentes estados de desarrollo, desde las últimas etapas vegetativas hasta llenado de granos.

REGIÓN IV: prosigue la cosecha de girasol, obteniéndose mejores rendimientos en los lotes de siembra tardía respecto de los tempranos. Inició la cosecha de maíz con destino a silaje o a la confección de rollos. El resto de los lotes se observan en estado de llenado de granos o madurez fisiológica. La soja se visualiza en diferentes etapas de desarrollo según las zonas, habiendo alcanzado la madurez comercial en el caso de los más adelantados. El sorgo granífero alcanza el estado de llenado de granos, favorecidos por las últimas precipitaciones acaecidas.

REGIÓN V NORTE: la cosecha de girasol se encuentra muy avanzada, con bajos rendimientos en general. Comenzó la cosecha de maíz con rendimientos variables según las zonas, aunque con valores por debajo de lo esperado. Los maizales de siembra tardía se visualizaron en floración, llenado de granos o madurez fisiológica. Avanza la cosecha de soja obteniéndose rindes muy variados según las zonas. Los lotes tardíos se encuentran en la fase de llenado de granos o madurez. El sorgo de siembra tardía transita la etapa de floración o el llenado de los granos, mientras que los lotes tempranos son picados con destino a forraje o reservas en silos.

REGIÓN V SUR: continúa la cosecha de girasol con rendimientos variables según las zonas. Comenzó la cosecha de maíz de primera siembra de forma puntual, mientras que los de segunda se observan fenológicamente en estado de floración o llenado de granos. La soja de primera siembra alcanzó la madurez comercial y los más tardíos transitan las etapas de floración y fructificación.

2. INFORME DE TEMPERATURA

En las siguientes tablas y mapas se muestran los valores de temperatura de las distintas décadas del mes de marzo de 2023.

2.1 PRIMERA DÉCADA

Se estableció una ola de calor desde el primer día del mes que persistió a lo largo de toda la década en algunas localidades de la región central y sur del Litoral. Esto se debió a la ocurrencia de temperaturas mínimas y máximas muy por encima de los valores promedio para la época. La presencia de una masa de aire caliente y la ausencia de precipitaciones, sumado a la persistencia del viento con componente norte, favoreció al aumento extremo de las temperaturas, registrándose anomalías positivas de hasta 9 grados en la zona núcleo y alrededores.

DÉCADA 1 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	32.4	36.4	32.4	17.0	13.8	9.0	24.7	19.4	5.3
Bahía Blanca	Buenos Aires	32.4	39.2	32.4	16.6	13.4	4.0	24.5	21.4	3.1
Bolívar	Buenos Aires	34.3	38.3	32.4	17.5	14.5	2.0	25.9	20.2	5.7
Coronel Suarez	Buenos Aires	32.0	38.0	32.4	16.0	11.4	3.0	24.0	19.2	4.8
Ezeiza	Buenos Aires	36.0	39.4	31.5	22.9	19.3	8.0	29.5	22.3	7.2
Junín	Buenos Aires	36.6	38.5	31.6	18.7	16.6	8.0	27.6	21.0	6.6
La Plata	Buenos Aires	34.2	38.6	31.6	22.8	18.8	9.0	28.5	21.5	7.0
Las Flores	Buenos Aires	34.3	37.5	32.4	18.8	14.8	5.0	26.5	20.8	5.7
Mar Del Plata	Buenos Aires	29.4	34.8	32.0	17.5	12.2	9.0	23.5	19.4	4.1
Nueve de Julio	Buenos Aires	36.3	40.0	31.6	19.5	15.8	8.0	27.9	21.2	6.7
Pehuajó	Buenos Aires	35.0	39.1	32.4	18.2	15.1	9.0	26.6	20.9	5.7
Pigüé	Buenos Aires	31.3	37.0	32.4	17.0	14.5	8.0	24.1	19.6	4.5
Tandil	Buenos Aires	30.9	35.4	32.4	15.5	11.0	9.0	23.2	18.9	4.3
Tres Arroyos	Buenos Aires	31.9	38.7	32.4	16.9	13.0	5.0	24.4	20.0	4.4
Laboulaye	Córdoba	35.4	39.3	33.5	17.2	14.0	8.0	26.3	21.3	5.0
Marcos Juárez	Córdoba	35.8	37.8	31.5	17.3	13.0	8.0	26.5	21.9	4.6
Pilar	Córdoba	34.8	36.7	31.5	18.9	16.5	8.0	26.9	21.8	5.1
Río Cuarto	Córdoba	33.0	36.5	33.5	18.6	14.7	7.0	25.8	21.3	4.5
Concordia	Entre Ríos	35.3	38.2	31.5	21.6	19.4	8.0	28.5	23.9	4.6
Gualedguaychú	Entre Ríos	36.7	39.1	31.5	21.4	18.9	8.0	29.1	23.1	6.0
Paraná	Entre Ríos	35.7	37.6	31.5	21.8	20.7	7.0	28.8	23.1	5.7
General Pico	La Pampa	34.5	39.0	33.5	17.6	16.0	2.0	26.0	21.8	4.2
Santa Rosa	La Pampa	33.9	40.7	32.4	17.6	15.6	2.0	25.7	21.4	4.3
Ceres	Santa Fe	34.6	37.8	31.5	20.6	18.0	3.0	27.6	23.8	3.8
Reconquista	Santa Fe	33.0	36.1	31.2	21.8	20.8	3.0	27.4	24.8	2.6
Rosario	Santa Fe	36.4	38.6	31.5	19.7	16.7	8.0	28.1	23.0	5.1

2.2 SEGUNDA DÉCADA

Debido a la persistencia de flujo de aire cálido y húmedo desde el norte hacia el centro del país, se registraron temperaturas elevadas para la época, que fueron también récords, y olas de calor en varias localidades.

Las temperaturas máximas fueron superiores a las normales en todo el país, observándose anomalías positivas de más de 6°C en la región Pampeana, Santiago del Estero y parte del NOA. Los récords de temperatura máxima se presentan en la Tabla 1. Con respecto a las temperaturas mínimas, fueron también cálidas para la época en casi todo el país, exceptuando el centro y sur de la Patagonia. Los desvíos positivos de más de 6°C respecto a la media 1991-2020 se observa en el este de la región Pampeana. Se registraron también récords de temperatura mínima muy alta, los cuales se detallan en la Tabla 2.

DÉCADA 2 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	29.8	37.2	31.5	17.9	11.9	20.0	23.9	17.6	6.3
Bahía Blanca	Buenos Aires	29.2	37.0	32.5	17.0	11.8	20.0	23.1	19.5	3.6
Bolívar	Buenos Aires	31.6	38.5	32.5	19.6	14.4	20.0	25.6	18.7	6.9
Coronel Suarez	Buenos Aires	28.0	34.8	31.5	17.3	10.3	20.0	22.6	17.7	4.9
Ezeiza	Buenos Aires	34.1	39.6	32.5	22.9	17.3	20.0	28.5	20.9	7.6
Junín	Buenos Aires	34.5	39.4	32.5	20.5	18.6	20.0	27.5	19.7	7.8
La Plata	Buenos Aires	33.1	39.1	32.5	21.9	17.1	20.0	27.5	20.2	7.3
Las Flores	Buenos Aires	32.3	39.0	31.5	20.1	15.6	20.0	26.2	19.4	6.8
Mar Del Plata	Buenos Aires	27.1	36.0	31.5	18.8	11.0	20.0	22.9	18.0	4.9
Nueve de Julio	Buenos Aires	33.8	39.6	31.5	20.7	17.2	20.0	27.3	19.8	7.5
Pehuajó	Buenos Aires	32.1	39.7	32.5	19.8	15.2	20.0	26.0	19.3	6.7
Pigüé	Buenos Aires	27.6	35.0	31.5	17.3	10.9	20.0	22.4	17.7	4.7
Tandil	Buenos Aires	28.9	36.9	31.5	16.9	9.0	20.0	22.9	17.4	5.5
Tres Arroyos	Buenos Aires	28.8	36.7	31.5	17.5	9.9	20.0	23.2	18.3	4.9
Laboulaye	Córdoba	33.4	38.5	32.5	19.1	17.6	15.0	26.3	19.9	6.4
Marcos Juárez	Córdoba	35.0	38.1	31.5	20.0	18.3	17.0	27.5	20.7	6.8
Pilar	Córdoba	33.1	36.9	32.5	20.4	18.6	14.0	26.7	20.7	6.0
Río Cuarto	Córdoba	30.6	35.0	32.5	18.9	13.0	15.0	24.8	20.1	4.7
Concordia	Entre Ríos	34.9	39.0	32.5	24.0	22.0	18.0	29.5	22.7	6.8
Gualeduaychú	Entre Ríos	35.2	40.5	32.5	23.1	22.0	16.0	29.1	21.8	7.3
Paraná	Entre Ríos	35.5	38.1	32.5	23.1	21.0	16.0	29.3	21.9	7.4
General Pico	La Pampa	31.3	38.5	32.5	18.4	15.0	20.0	24.9	20.1	4.8
Santa Rosa	La Pampa	28.6	37.9	32.5	17.9	12.9	20.0	23.3	19.5	3.8
Ceres	Santa Fe	36.1	38.1	31.5	22.2	21.0	17.0	29.1	22.6	6.5
Reconquista	Santa Fe	34.7	37.2	31.5	23.8	23.0	11.0	29.3	23.7	5.6
Rosario	Santa Fe	35.5	39.0	32.5	22.5	20.9	20.0	29.0	21.5	7.5

Tabla 1. Récorde de temperatura máxima más alta (°C)

Localidad	Provincia	Temperatura (°C)	Fecha	Récorde anterior
Sunchales Aero	Santa Fe	38.7	11/3/2023	38.0 30/03/2009
Rafaela	Santa Fe	37.5	11/3/2023	36.6 13/03/2020
Sauce Viejo Aero	Santa Fe	39.4	11/3/2023	38.6 06/03/1970
Concordia Aero	Entre Ríos	39.0	11/3/2023	38.7 03/03/1987
Venado tuerto	Santa Fe	38.1	11/3/2023	36.5 13/03/2020
Rosario Aero	Santa Fe	39.0	11/3/2023	37.0 22/03/1980
Gualedguaychú Aero	Entre Ríos	40.5	11/3/2023	38.2 08/03/1962
Pehuajó Aero	Buenos Aires	39.7	11/3/2023	37.7 21/03/1980
Junín Aero	Buenos Aires	39.4	11/3/2023	37.6 08/03/1962
Las Flores Aero	Buenos Aires	38.5	11/3/2023	36.5 02/03/2020
El Palomar Aero	Buenos Aires	39.5	11/3/2023	36.0 06/03/1962
Mariano Moreno Aero	Buenos Aires	40.0	11/3/2023	35.5 13/03/2020
Morón Aero	Buenos Aires	40.0	11/3/2023	36.3 08/03/1967
Ezeiza Aero	Buenos Aires	39.6	11/3/2023	37.6 21/03/1980
Buenos aires	Buenos Aires	38.9	11/3/2023	37.6 22/03/1980
La Plata Aero	Buenos Aires	39.1	11/3/2023	36.3 06/03/1962
Punta Indio Aero	Buenos Aires	37.9	11/3/2023	37.2 21/03/1980
Bolívar Aero	Buenos Aires	38.5	11/3/2023	37.0 28/03/2009
Rafaela	Santa Fe	37.5	12/3/2023	36.6 13/03/2020
Venado Tuerto	Santa Fe	38.5	12/3/2023	36.5 13/03/2020
Las Flores Aero	Buenos Aires	39.0	12/3/2023	36.5 02/03/2020
Azul Aero	Buenos Aires	37.2	12/3/2023	35.1 01/03/2020
Dolores Aero	Buenos Aires	39.5	12/3/2023	38.2 20/03/1980
Villa Gesell Aero	Buenos Aires	36.8	12/3/2023	34.4 04/03/2001
Rafaela	Santa Fe	38.0	13/3/2023	36.6 13/03/2020

Tabla 2. Récorde de temperatura mínima más alta (°C)

Localidad	Provincia	Temperatura (°C)	Fecha	Récorde anterior
Morón Aero	Buenos Aires	26.0	11/3/2023	24.0 03/03/1970
Villa de María del Río Seco	Córdoba	25.8	11/3/2023	25.1 04/03/2001
Córdoba observatorio	Córdoba	25.0	11/3/2023	25.0 04/03/2002
Córdoba observatorio	Córdoba	26.5	12/3/2023	25.0 04/03/2002
San Fernando Aero	Buenos Aires	25.2	12/3/2023	25.2 08/03/2003
Las flores Aero	Buenos Aires	23.5	12/3/2023	22.7 08/03/1999
Campo de Mayo	Buenos Aires	26.6	12/3/2023	22.0 03/03/2021
El Palomar Aero	Buenos Aires	26.5	12/3/2023	25.4 03/03/1987
Morón Aero	Buenos Aires	27.8	12/3/2023	24.0 03/03/1970
Ezeiza Aero	Buenos Aires	28.8	12/3/2023	27.2 21/03/1980
Buenos aires	Buenos Aires	28.0	12/3/2023	27.7 21/03/1980
Punta Indio Aero	Buenos Aires	26.8	12/3/2023	25.6 21/03/1980
Bolívar Aero	Buenos Aires	23.0	12/3/2023	23.0 04/03/2001
Benito Juárez Aero	Buenos Aires	22.0	12/3/2023	20.5 04/03/2012
Villa Gesell Aero	Buenos Aires	23.0	12/3/2023	21.5 04/03/2001
Puerto Madryn Aero	Chubut	22.8	12/3/2023	20.7 04/03/1997
Trelew Aero	Chubut	22.9	12/3/2023	22.5 04/03/1997
Las Flores Aero	Buenos Aires	23.8	13/3/2023	22.7 08/03/1999
El Palomar Aero	Buenos Aires	26.6	13/3/2023	25.4 03/03/1987
Merlo Aero	Buenos Aires	26.5	13/3/2023	23.0 03/03/2021
El Palomar Aero	Buenos Aires	26.9	14/3/2023	25.4 03/03/1987
San Fernando Aero	Buenos Aires	25.2	15/3/2023	25.2 08/03/2003
Dolores Aero	Buenos Aires	23.8	15/3/2023	23.5 08/03/1999
Villa Gesell Aero	Buenos Aires	23.0	15/3/2023	21.5 04/03/2001
Tinogasta	Catamarca	24.2	21/3/2023	23.0 11/03/2020

Con respecto a las olas de calor, se registró este evento en 33 localidades, muchas de estas olas de calor se iniciaron en la primera década de marzo de 2023 y finalizaron en los primeros días de la segunda década de marzo de 2023 (ver informe especial:

https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_oladecalor_8a19marzo2023.pdf)

En la Tabla 3 se presenta únicamente las olas de calor que comenzaron y finalizaron en la presente década.

Tabla 3. Olas de calor registradas en la segunda década de marzo de 2023

Localidad	Provincia	Duración (días)	Fecha	Rango de temperatura máxima (°C)	Rango de temperatura mínima (°C)
Paraná	Entre Ríos	3	17/3/2023 al 19/3/2023	34.8 a 35.6	22.0 a 23.2
Venado Tuerto	Santa Fe	5	15/3/2023 al 19/3/2023	33.0 a 35.0	19.2 a 20.8
Santiago del Estero	Santiago del Estero	3	11/3/2023 al 13/3/2023	38.4 a 39.5	23.2 a 24.6
Catamarca	Catamarca	3	11/3/2023 al 13/3/2023	38.1 a 39.6	27.4 a 28.1
Córdoba Aero	Córdoba	3	11/3/2023 al 13/3/2023	36.2 a 36.5	20.4 a 22.6
Sauce Viejo	Santa Fe	3	11/3/2023 al 13/3/2023	38.3 a 39.4	23.4 a 25.5
Laboulaye	Córdoba	3	11/3/2023 al 13/3/2023	34.6 a 38.5	19.5 a 20.0
Bolívar	Buenos Aires	3	11/3/2023 al 13/3/2023	34.6 a 38.5	19.5 a 20.0
Azul	Buenos Aires	3	11/3/2023 al 13/3/2023	34.5 a 37.2	18.9 a 20.6
Olavarría	Buenos Aires	3	11/3/2023 al 13/3/2023	34.2 a 35.9	18.5 a 21.1
Tandil	Buenos Aires	4	11/3/2023 al 14/3/2023	32.0 a 36.9	17.4 a 20.0
Dolores	Buenos Aires	4	11/3/2023 al 14/3/2023	35.7 a 39.5	20.3 a 23.6
Punta Indio	Buenos Aires	3	12/3/2023 al 14/3/2023	32.2 a 36.0	24.0 a 26.8

2.3 TERCERA DÉCADA

Las temperaturas máximas fueron superiores al promedio en el norte del país, norte de Buenos Aires, oeste de Mendoza, norte de Neuquén y el noroeste y sudeste de Chubut; los mayores apartamientos respecto de la media se localizaron en el este de Salta, norte de Santiago del Estero, noroeste y este de Chaco, este de Formosa, norte de Corrientes y sur de Misiones, con diferencias de entre 4 y 5°C. Asimismo, en el norte de Cuyo, centro del país, La Pampa, sur de Buenos Aires, y el norte y sur de la Patagonia, las anomalías fueron negativas.

Las mínimas presentaron un dipolo de desvíos respecto del promedio bien definido, encontrándose los positivos en el norte y centro del país, y los negativos en el sur, incluyendo el sur de Buenos Aires.

DÉCADA3 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	24.4	29.8	27.0	10.6	4.0	30.0	17.5	16.6	0.9
Bahía Blanca	Buenos Aires	24.1	29.0	27.0	11.0	1.9	30.0	17.6	18.2	-0.6
Bolívar	Buenos Aires	26.0	32.3	27.0	11.8	6.5	30.0	18.9	17.6	1.3
Coronel Suarez	Buenos Aires	23.7	28.1	27.0	10.6	3.1	30.0	17.1	16.4	0.7
Ezeiza	Buenos Aires	26.9	30.6	27.0	16.0	10.3	27.0	21.5	19.7	1.8
Junín	Buenos Aires	26.4	32.4	27.0	14.9	9.4	27.0	20.7	18.5	2.2
La Plata	Buenos Aires	25.9	29.5	27.0	15.5	10.7	27.0	20.7	19.0	1.7
Las Flores	Buenos Aires	25.4	31.3	27.0	12.5	6.0	30.0	18.9	18.2	0.7
Mar Del Plata	Buenos Aires	23.2	29.3	27.0	12.1	4.7	30.0	17.6	17.1	0.5
Nueve de Julio	Buenos Aires	26.8	32.4	27.0	14.5	9.5	27.0	20.7	18.6	2.1
Pehuajó	Buenos Aires	26.7	32.9	27.0	12.8	7.0	30.0	19.8	18.2	1.6
Pigüé	Buenos Aires	23.0	26.8	31.5	9.9	3.9	26.0	16.4	16.5	-0.1
Tandil	Buenos Aires	23.5	29.0	27.0	9.1	2.0	30.0	16.3	16.1	0.2
Tres Arroyos	Buenos Aires	23.8	29.5	27.0	11.8	4.1	30.0	17.8	17.2	0.6
Laboulaye	Córdoba	25.7	32.5	27.0	14.7	10.0	30.0	20.2	18.5	1.7
Marcos Juárez	Córdoba	26.6	32.0	27.0	15.5	9.5	27.0	21.1	19.5	1.6
Pilar	Córdoba	25.1	31.5	27.0	17.4	11.6	30.0	21.3	19.4	1.9
Río Cuarto	Córdoba	23.9	31.2	27.0	15.0	10.2	30.0	19.4	18.9	0.5
Concordia	Entre Ríos	26.9	30.4	22.5	19.5	14.0	27.0	23.2	21.3	1.9
Gualeguaychú	Entre Ríos	26.6	31.5	31.0	17.6	13.5	27.0	22.1	20.5	1.6
Paraná	Entre Ríos	27.4	33.3	31.0	19.0	13.4	27.0	23.2	20.6	2.6
General Pico	La Pampa	25.7	33.0	27.0	13.3	7.5	26.0	19.5	18.9	0.6
Santa Rosa	La Pampa	25.3	30.1	25.0	12.7	7.2	31.0	19.0	18.2	0.8
Ceres	Santa Fe	29.5	37.5	32.5	20.5	17.0	27.0	25.0	21.3	3.7
Reconquista	Santa Fe	31.9	38.0	31.0	22.1	18.4	26.0	27.0	22.4	4.6
Rosario	Santa Fe	26.2	29.8	27.0	17.0	13.4	27.0	21.6	20.2	1.4

Referencias correspondientes a las tablas de temperaturas (°C) por década

MED: valor medio	CAL: calificación
ABS: valor absoluto	MA: muy alta
DÍA: fecha en que se registró el valor absoluto	A: alta
SD: sin datos	N: normal
PRO: valor promedio del período 1981-2010	B: baja
DN: desvío del promedio	MB: muy baja

2.4 HELADAS

PRIMERA HELADA MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		Tmin<3°C		Tmin<0°C		Tmi5suelo<0°C
Localidad	Provincia	Primera helada 2023	FMPH	Primera helada 2023	FMPH	Primera helada 2023
Azul	Buenos Aires	-	25/03	-	29/04	-
Bahía Blanca	Buenos Aires	30/03	13/04	-	11/05	-
Balcarce	Buenos Aires	SD	04/05	SD	04/06	SD
Bolívar	Buenos Aires	18/02	09/04	-	17/05	18/02
Bordenave	Buenos Aires	SD	19/03	SD	07/05	SD
Castelar	Buenos Aires	SD	02/05	SD	05/06	-
Coronel Suarez	Buenos Aires	18/02	18/03	-	24/04	-
Ezeiza	Buenos Aires	-	06/05	-	08/06	x
Hilario Ascasubi	Buenos Aires	SD	13/04	SD	12/05	SD
Junín	Buenos Aires	18/02	25/04	-	21/05	18/02
La Plata	Buenos Aires	-	10/05	-	09/06	-
Las Flores	Buenos Aires	-	15/04	-	17/05	x
Mar Del Plata	Buenos Aires	-	16/04	-	22/05	-
Nueve de Julio	Buenos Aires	-	10/05	-	06/06	x
Pehuajó	Buenos Aires	-	25/04	-	23/05	-
Pigüé	Buenos Aires	-	26/03	-	27/04	-
San Pedro	Buenos Aires	SD	04/05	SD	10/06	SD
Tandil	Buenos Aires	30/03	08/03	-	30/04	-
Tres Arroyos	Buenos Aires	-	20/04	-	21/05	-
Laboulaye	Córdoba	-	01/05	-	27/05	-
Manfredi	Córdoba	SD	13/04	SD	07/05	SD
Marcos Juárez	Córdoba	18/02	30/04	-	27/05	-
Pilar	Córdoba	-	07/05	-	03/06	-
Río Cuarto	Córdoba	-	10/05	-	05/06	x
C. del Uruguay	Entre Ríos	SD	18/05	SD	14/06	SD
Concordia	Entre Ríos	-	21/05	-	14/06	-
Gualeguaychú	Entre Ríos	-	14/05	-	11/06	x
Paraná	Entre Ríos	-	11/06	-	27/06	x
Anguil	La Pampa	SD	29/03	SD	25/04	SD
General Pico	La Pampa	-	23/04	-	17/05	-
Santa Rosa	La Pampa	-	14/04	-	11/05	-
Ceres	Santa Fe	-	22/05	-	17/06	-
Rafaela	Santa Fe	-	08/05	-	05/06	-
Reconquista	Santa Fe	-	12/06	-	27/06	-
Rosario	Santa Fe	-	07/05	-	02/06	-

Referencias correspondientes a la tabla de fechas de primera helada

Primera helada 2023: fecha en que se registró por primera vez una temperatura mínima inferior a 3°C o 0°C. Se considera primera helada o helada temprana a aquella registrada antes del 15 de julio.

Tmin<3°C: temperatura mínima registrada en el abrigo meteorológico inferior a 3°C.

Tmin<0°C: temperatura mínima registrada en el abrigo meteorológico inferior a 0°C

FMPH: fecha media de primera helada calculada en el período 1991-2020.

Tmi5suelo<0°C: temperatura mínima a 5cm del suelo registrada fuera del abrigo meteorológico, inferior a 0°C. Los datos pertenecen solamente a la red del SMN.

x: la estación no realiza medición de temperatura mínima a 5cm del suelo.

2.5 GRADOS DÍA

MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		GRADOS DÍAS Acumulados desde el 1 de octubre				Días con T _{máx} >30°C
		BASE 10		BASE 13		
Localidad	Provincia	Mes	Acum	Mes	Acum	
Azul	Buenos Aires	367.8	1805.7	276.0	1294.7	11
Bahía Blanca	Buenos Aires	359.4	2036.1	267.4	1511.7	11
Bolívar	Buenos Aires	412.7	2028.0	319.7	1498.3	17
Coronel Suarez	Buenos Aires	345.0	1837.5	253.7	1323.7	10
Ezeiza	Buenos Aires	506.0	2455.6	413.0	1918.4	20
Junín	Buenos Aires	468.6	2336.7	375.6	1796.9	20
La Plata	Buenos Aires	477.8	2275.1	384.8	1741.4	19
Las Flores	Buenos Aires	425.5	2080.7	332.5	1551.5	16
Mar Del Plata	Buenos Aires	347.4	1601.5	255.6	1103.2	6
Nueve de Julio	Buenos Aires	468.6	2336.8	375.6	1794.7	19
Pehuajó	Buenos Aires	432.9	2196.9	339.9	1660.5	17
Pigüé	Buenos Aires	336.2	1828.2	246.6	1313.7	10
Tandil	Buenos Aires	331.0	1649.3	241.2	1148.9	10
Tres Arroyos	Buenos Aires	361.5	1965.0	269.9	1441.7	13
Laboulaye	Córdoba	438.0	2297.9	345.0	1756.8	18
Marcos Juárez	Córdoba	461.8	2329.2	368.8	1792.2	20
Pilar	Córdoba	460.0	2464.2	367.0	1921.5	19
Río Cuarto	Córdoba	409.5	2281.3	316.5	1743.6	17
Concordia	Entre Ríos	524.3	2654.4	431.3	2112.3	20
Gualedguaychú	Entre Ríos	515.3	2532.9	422.3	1994.2	21
Paraná	Entre Ríos	525.9	2676.1	432.9	2131.7	22
General Pico	La Pampa	413.5	2248.2	320.5	1712.0	16
Santa Rosa	La Pampa	388.7	2225.8	296.2	1688.3	13
Ceres	Santa Fe	531.8	2747.6	438.8	2201.9	25
Reconquista	Santa Fe	553.8	2847.2	460.8	2301.2	26
Rosario	Santa Fe	498.2	2511.3	405.2	1970.1	19

[Referencias correspondientes a la tabla de grados día \(grados\).](#)

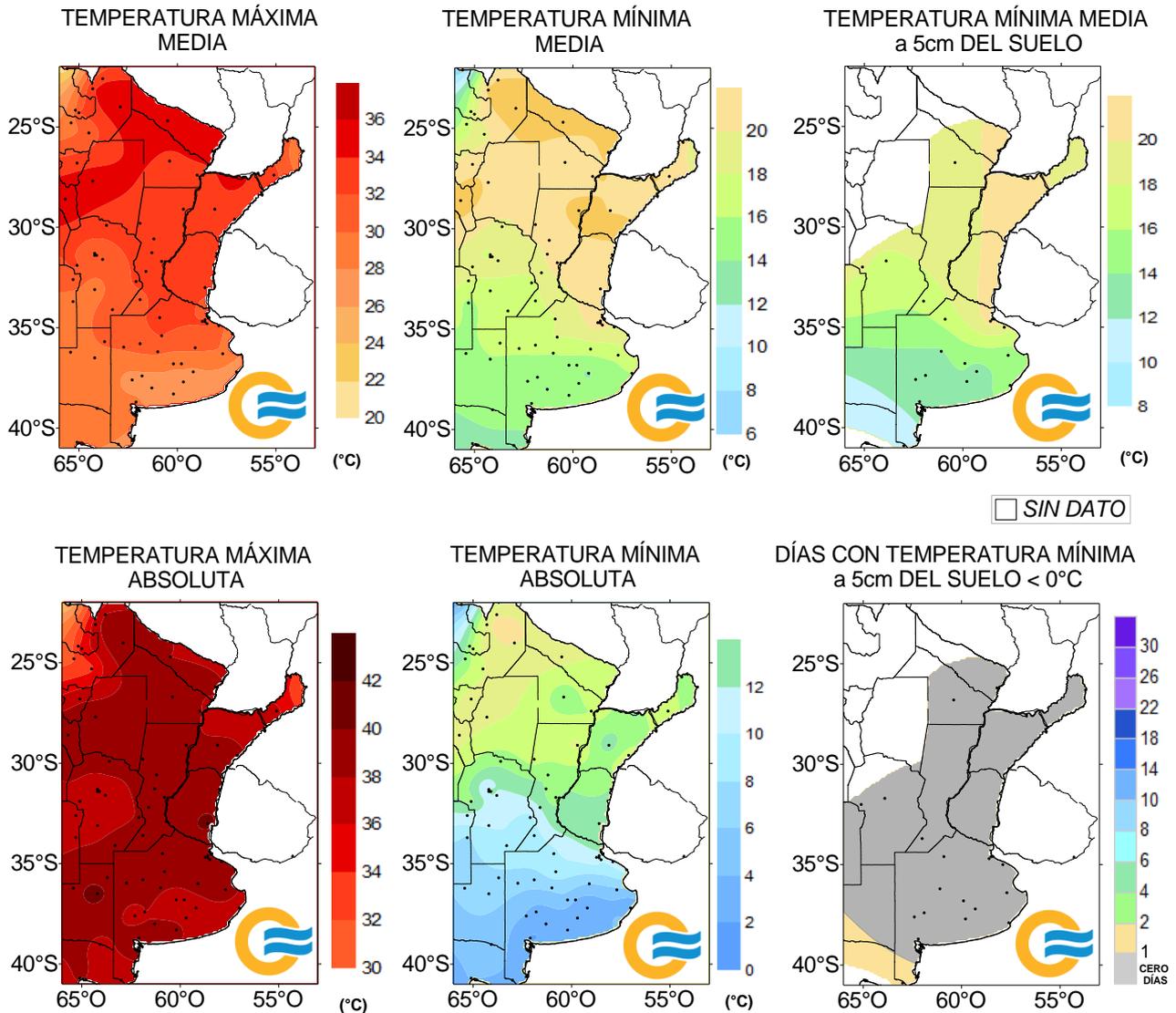
MES: grados día acumulados en el mes

TMáx: temperatura máxima (°C)

SD: sin datos por datos faltantes.

2.6 MAPAS DE TEMPERATURA

MARZO 2023



2.7 MONITOREO DEL ÍNDICE DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (ITH)

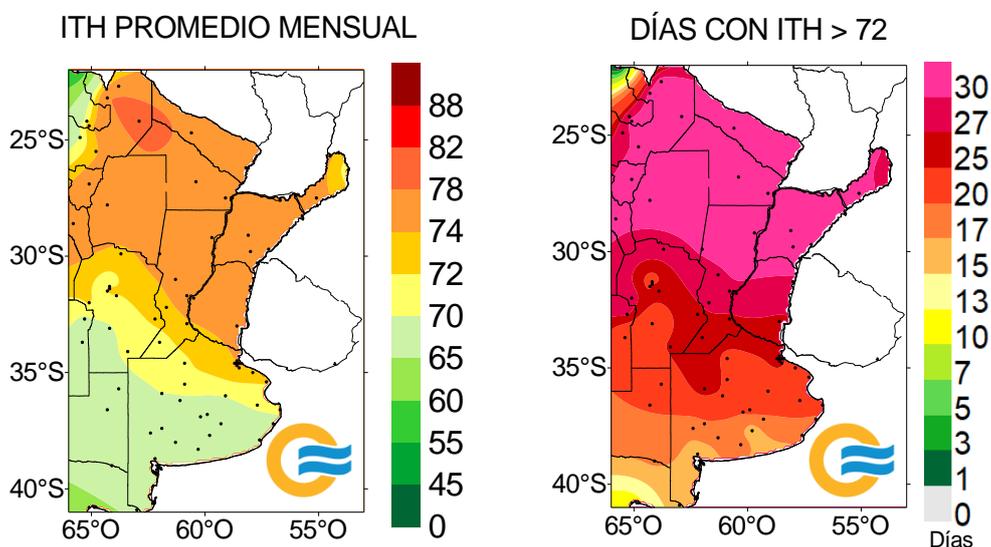
El ITH* es un índice biometeorológico que permite cuantificar el estrés calórico a través de la temperatura y la humedad del aire. Este índice puede ser utilizado para el ganado vacuno, caprino, etc. En particular lo aplicamos a las vacas lecheras, donde se ha establecido que la zona de confort térmico para el bienestar animal toma valores de ITH entre 35 y 70 y se ha determinado un valor crítico de 72. El riesgo aumenta cuando se observa persistencia con condiciones ambientales que generan estrés para el ganado, sin que cuente con horas para recuperarse del estrés de manera natural.

En función de este nivel, se han caracterizado distintas categorías de estrés calórico según la magnitud del ITH:

- 1- mayor a 72** la producción de leche comienza a ser afectada.
- 2- alerta, ITH entre 74 - 78**, la productividad de los animales se ve disminuida y se recomienda tomar medidas de enfriamiento de los animales.
- 3- peligro, ITH entre 78 – 82**, la productividad de los animales es altamente disminuida y es necesario tomar medidas de protección como enfriamiento o dietas adecuadas.
- 4- emergencia, ITH de valores mayores a 82**, puede ocurrir la muerte de los animales, por lo que todas las medidas para el enfriamiento de los animales son recomendadas.

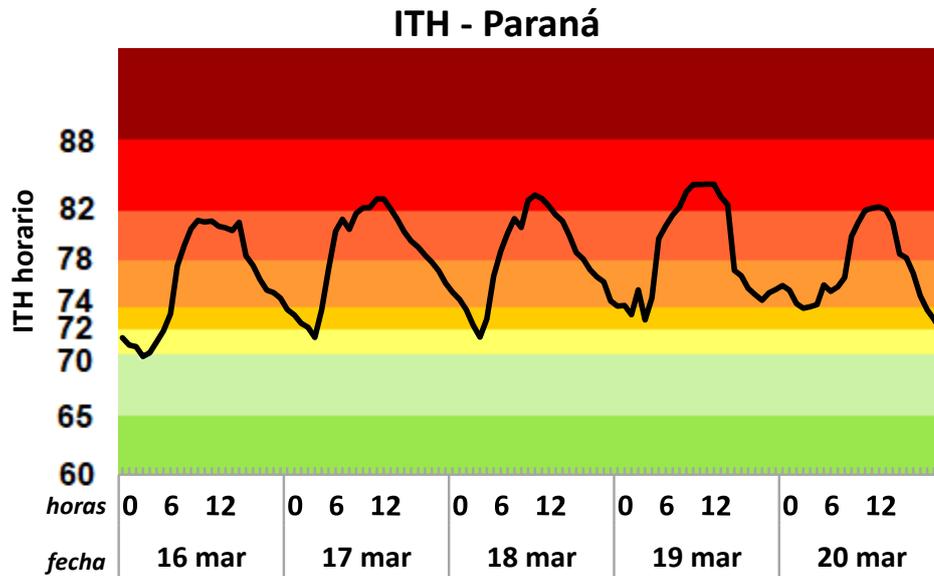
Durante marzo las temperaturas han sido elevadas para la época principalmente en el centro y norte del país, como consecuencia el índice de temperatura y humedad superó el umbral de 72 en más de 25 días. Dentro de la cuenca lechera, se registraron más de 70 horas consecutivas con condiciones ambientales que afectan negativamente al bienestar animal.

MARZO 2023



En Reconquista se registró un período de 18 días consecutivos con condiciones adversas para el ganado, esto ocurrió entre el 7 y el 25 de marzo, particularmente se registraron 398 horas consecutivas con el ITH superior a 72 (casi 17 días).

En Dolores se contabilizaron 114 horas consecutivas (casi 5 días) entre el 10 y el 15 de marzo con el índice ITH indicando condiciones desfavorables para los animales; en Sunchales fueron 91 horas consecutivas (casi 4 días) entre el 17 y el 21 de marzo; mientras que en Paraná fueron 71 horas consecutivas, entre el 16 y el 20 de marzo.



Más información sobre el ITH diario y decádico en: https://www.smn.gov.ar/monitoreo_periodos

3. INFORME DE PRECIPITACIÓN

En las siguientes tablas y mapas se muestran los valores de precipitación de las distintas décadas del mes de marzo de 2023.

3.1 PRIMERA DÉCADA

La formación de un sistema de baja presión térmico sobre la región noroeste del país sumado a un frente estacionario en la región del NEA, favorecieron a la ocurrencia de precipitaciones durante los dos primeros días del mes. Hacia el día 6, se formó otro centro de baja presión sobre la región central que dejó lluvias de variada intensidad y caída de granizo de forma local en Córdoba, San Luis y Mendoza. Al final de la década, el pasaje de un frente frío por el noreste de la región patagónica y sur de la Provincia de Buenos Aires, favoreció a la ocurrencia de precipitaciones intensas que dejaron desvíos positivos en el sur de la provincia. Los principales valores de precipitación acumulados a lo largo de toda la década son: 106.9 mm en Tres Arroyos, 76 mm en Coronel Pringles, 56.2 mm en Benito Juárez, 84.2 mm en Iguazú, 64 mm en Reconquista, 49 mm en Rivadavia, 114.3 mm en Orán, 56 mm en Tartagal, 49 mm en Santiago del Estero, 37 mm en Villa Reynolds, 33 mm en San Luis, 27 mm en Río Cuarto, 31.7 en San Martín y 26 mm en San Rafael. Se destaca la ausencia de precipitaciones en el norte de la Provincia de Buenos Aires y sur de la región del Litoral.

Se observó una disminución de la cantidad de agua almacenada en el suelo en el centro y norte de la Provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe, sudeste y norte de Córdoba y en el sur de la región del NOA, agudizando las condiciones de sequía presentes. Se registró un aumento de la humedad contenida en el suelo en el sur de la Provincia de Buenos Aires, en el este de la región del NOA, norte del país y norte del Litoral, aunque no alcanzó para revertir las condiciones de sequía, a excepción de Misiones en donde se observaron excesos, según el modelo de balance hídrico analizado.

DÉCADA 1 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	30.3	-19.9	1	30.0	9
Bahía Blanca	Buenos Aires	23.0	1.3	3	14.0	32
Bolívar	Buenos Aires	10.0	-43.1	2	6.0	32
Coronel Suarez	Buenos Aires	84.5	58.7	2	57.0	9
Ezeiza	Buenos Aires	0.0	-35.8	0	-	-
Junín	Buenos Aires	0.0	-46.4	0	-	-
La Plata	Buenos Aires	0.0	-39.8	0	-	-
Las Flores	Buenos Aires	0.0	-45.3	0	-	-
Mar Del Plata	Buenos Aires	35.0	-5.6	3	17.0	9
Nueve de Julio	Buenos Aires	0.0	-51.1	0	-	-
Pehuajó	Buenos Aires	0.6	-45.6	0	-	-
Pigüé	Buenos Aires	30.0	2.6	2	17.0	9
Tandil	Buenos Aires	23.0	-16.1	1	23.0	9
Tres Arroyos	Buenos Aires	106.9	73.4	3	89.0	9
Laboulaye	Córdoba	10.0	-37.7	1	10.0	32
Marcos Juárez	Córdoba	0.0	-36.0	0	-	-
Pilar	Córdoba	6.0	-24.9	1	6.0	32
Río Cuarto	Córdoba	27.0	-8.5	1	27.0	32
Concordia	Entre Ríos	23.0	-32.9	2	20.0	-1
Gualedguaychú	Entre Ríos	0.0	-45.1	0	-	-
Paraná	Entre Ríos	0.0	-57.0	0	-	-
General Pico	La Pampa	9.0	-37.2	1	9.0	32
Santa Rosa	La Pampa	27.0	-4.5	3	13.0	9
Ceres	Santa Fe	15.0	-41.8	1	15.0	3
Reconquista	Santa Fe	64.0	12.0	2	55.0	3
Rosario	Santa Fe	8.0	-42.7	1	8.0	3

3.2 SEGUNDA DÉCADA

La persistencia por varios días de un sistema de alta presión sobre el océano Atlántico sur produjo el ingreso de aire cálido y húmedo desde el norte a la zona central del país ocasionando temperaturas muy altas y olas de calor tardías en varias localidades. Esta situación se llama bloqueo atmosférico e impide el avance de los frentes fríos que llegan solo hasta el norte de la Patagonia.

Durante los primeros días de esta década las precipitaciones se registraron en el oeste y sur del territorio principalmente, debido a la presencia de un frente estacionario en el norte de la Patagonia y un sistema de baja presión ubicado en el NOA.

Las precipitaciones más altas observadas fueron: 60 mm en Río Cuarto, 40 mm en Tartagal y 40 mm en San Luis (13/03/2023).

A mediados de la década el sistema de alta presión empezó a alejarse lentamente hacia el este, permitiendo el ingreso de aire frío al resto del país. En este período comenzaron a registrarse lluvias y tormentas en gran parte del territorio, las precipitaciones más elevadas fueron: 48 mm en Mendoza Observatorio (15/03/2023) y 51 mm en Corrientes (17/03/2023).

DÉCADA 2 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	89.6	58.2	3	44.0	-1
Bahia Blanca	Buenos Aires	33.0	6.2	4	14.0	-1
Bolívar	Buenos Aires	53.0	11.7	4	25.0	19
Coronel Suarez	Buenos Aires	132.7	95.0	2	110.0	-1
Ezeiza	Buenos Aires	23.2	-13.9	2	18.0	-1
Junín	Buenos Aires	28.0	-7.9	2	15.0	19
La Plata	Buenos Aires	15.0	-24.2	2	12.0	-1
Las Flores	Buenos Aires	39.3	4.5	3	15.0	-1
Mar Del Plata	Buenos Aires	14.9	-16.6	2	7.0	0
Nueve de Julio	Buenos Aires	20.2	-18.9	1	20.0	19
Pehuajó	Buenos Aires	46.0	2.4	4	34.0	-1
Pigüé	Buenos Aires	96.4	56.1	3	53.0	-1
Tandil	Buenos Aires	101.0	71.6	4	56.0	-1
Tres Arroyos	Buenos Aires	53.0	26.2	3	32.0	-1
Laboulaye	Córdoba	39.4	-0.9	2	31.0	-1
Marcos Juárez	Córdoba	11.6	-25.8	2	7.0	-1
Pilar	Córdoba	39.3	4.8	2	28.0	19
Río Cuarto	Córdoba	73.0	36.8	3	60.0	-1
Concordia	Entre Ríos	19.0	-22.7	3	7.0	-1
Gualedguaychú	Entre Ríos	53.0	16.5	4	23.0	-1
Paraná	Entre Ríos	9.0	-41.8	2	6.0	0
General Pico	La Pampa	8.0	-34.5	2	4.0	-1
Santa Rosa	La Pampa	36.0	3.6	4	24.0	-1
Ceres	Santa Fe	3.0	-44.9	1	3.0	19
Reconquista	Santa Fe	14.0	-28.3	1	14.0	0
Rosario	Santa Fe	13.0	-32.3	3	6.0	-1

Finalizando la década, la presencia de un frente estacionario sobre el sur de Buenos Aires generó condiciones de inestabilidad atmosférica, dando lugar a lluvias y tormentas con importante caída de agua en 24 horas, observándose 110 mm de lluvia en Coronel Suárez (récord de lluvia para esta localidad que superó los 103 mm registrados el día 13/03/2014), 100 mm en Dolores, 59 mm en Coronel Pringles, 56 mm en Tandil, 54 mm en Benito Juárez y 53 mm en Pigüe, el 18/03/2023. La evolución de este sistema frontal como frente frío los días posteriores, generó precipitaciones en el centro del país, registrándose 62 mm en Venado Tuerto el día 20/03/2023.

La precipitación total acumulada en esta década supera los 100 mm en el sur de Buenos Aires y supera los 30 mm en el centro del país y en el este de Salta, en estas áreas estos valores son mayores los valores climatológicos 1991-2020.

Las precipitaciones favorecieron la recarga de agua en el perfil del suelo en el sur de Buenos Aires, mejorando notablemente las condiciones edáficas. En el resto de la zona productiva, aunque recibió algunas lluvias, persiste el déficit hídrico.

3.3 TERCERA DÉCADA

A comienzos de la década la presencia de un frente estacionario sobre el centro del país promovió condiciones de mal tiempo en esas zonas, mientras un centro de alta presión generaba condiciones de buen tiempo en el sur de Buenos Aires y La Pampa y el norte patagónico.

A mediados del período, sobresalieron: un frente frío, que entró al territorio desde el sudoeste patagónico y llegó hasta el sur de Santa Fe y de Entre Ríos; un frente frío originario en el NEA que se desplazó hasta el norte de Misiones, donde se volvió estacionario; y un frente frío proveniente del sudoeste de la Patagonia que llegó hasta el norte de Río Negro para seguir su curso sobre el océano. Por último, pueden distinguirse: un frente cálido ubicado del noreste del país, el cual se trasladó desde el centro de Santiago del Estero, norte de Santa Fe y centro de Corrientes hacia el sur, hasta el norte de Córdoba, centro de Santa Fe y norte de Entre Ríos; mientras, un frente frío transitaba desde el sur de La Pampa y sudoeste de Buenos Aires hasta el norte de Misiones y norte de Formosa; y, por último, un frente frío que se trasladó desde el centro de Chubut hasta el norte de Misiones y norte de Formosa.

Debido a todos los eventos sinópticos sucedidos, se registraron precipitaciones en casi todo el territorio, encontrándose los mayores montos acumulados en el NOA, el centro de Santa Fe y el sur del Litoral, donde los rangos estuvieron entre 100 y 200 mm en algunas áreas. En dichas regiones las anomalías de lluvia fueron positivas, sin embargo, en el NEA, Misiones, casi todo Buenos Aires, gran parte de Cuyo, La Pampa y el este de la Patagonia resultaron negativas, puesto que las lluvias acumuladas arrojaron valores inferiores a la media. La frecuencia de días con precipitación fue inferior al promedio principalmente en el norte de Misiones, parte de Buenos Aires y de La Pampa, sur de Mendoza, norte de Neuquén y este de Río Negro; y superior, en el oeste patagónico, norte de Cuyo, este de Salta, Córdoba, centro de Santa Fe, Corrientes y Entre Ríos, donde además, se registró un récord de precipitación decádica acumulada en la localidad de Concordia (231.6 mm).

De acuerdo a las lluvias ocurridas, se favorecieron las recargas de agua en los perfiles de los suelos en el NOA, gran parte del Litoral, centro de Santa Fe, norte de Córdoba y noreste de San Luis, mostrando una mejora en las condiciones hídricas de estos. Sin embargo, debido a la disparidad de las precipitaciones, en la región Pampeana, prevalecen mayoritariamente los déficits hídricos, según este índice.

DÉCADA 3 MARZO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	5.0	-27.3	1	4.0	-1
Bahía Blanca	Buenos Aires	3.0	-19.2	1	2.0	19
Bolívar	Buenos Aires	14.0	-28.3	2	11.0	-1
Coronel Suarez	Buenos Aires	13.2	-16.6	1	13.0	-1
Ezeiza	Buenos Aires	9.0	-18.2	2	6.0	73
Junín	Buenos Aires	19.0	-27.1	2	13.0	-1
La Plata	Buenos Aires	22.2	-5.2	2	19.0	73
Las Flores	Buenos Aires	0.0	-38.6	0	-	-
Mar Del Plata	Buenos Aires	8.0	-15.2	1	8.0	-1
Nueve de Julio	Buenos Aires	6.0	-43.2	2	4.0	73
Pehuajó	Buenos Aires	0.3	-38.4	0	-	-
Pigüé	Buenos Aires	15.0	-15.3	1	15.0	-1
Tandil	Buenos Aires	19.6	-3.6	1	19.0	-1
Tres Arroyos	Buenos Aires	37.5	18.0	2	34.0	-1
Laboulaye	Córdoba	25.0	-15.6	3	19.0	73
Marcos Juárez	Córdoba	106.0	69.8	2	91.0	-1
Pilar	Córdoba	56.5	24.4	3	35.0	-1
Río Cuarto	Córdoba	95.0	64.8	4	76.0	-1
Concordia	Entre Ríos	231.6	192.9	7	74.0	73
Gualedguaychú	Entre Ríos	88.0	41.2	3	45.0	73
Paraná	Entre Ríos	134.2	94.5	3	96.0	-1
General Pico	La Pampa	8.0	-33.9	1	8.0	73
Santa Rosa	La Pampa	9.0	-26.1	1	9.0	-1
Ceres	Santa Fe	37.0	-5.7	2	21.0	73
Reconquista	Santa Fe	46.0	1.9	4	21.0	6
Rosario	Santa Fe	90.9	48.4	2	52.0	73

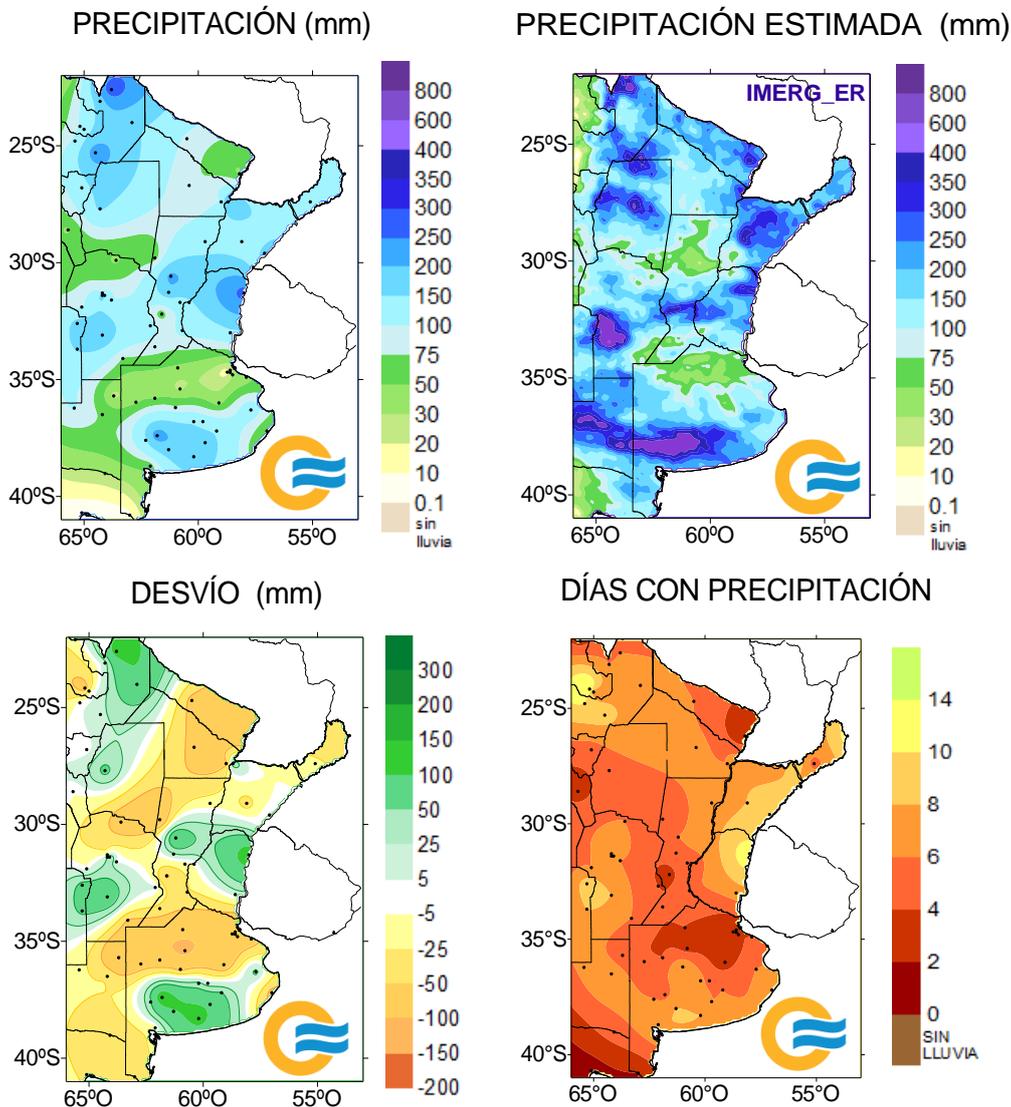
[Referencias correspondientes a las tablas de precipitación por década.](#)

PD: precipitación (mm) total de la década
 DN: desvío de la precipitación (mm) promedio 1981-2010
 DLLu: días con precipitación > 1 mm
 MAX: precipitación máxima (mm) registrada en 24 horas
 DÍA: fecha en que se observó la precipitación máxima diaria
 DN: desvío del promedio

CAL: calificación
 MA: muy alta
 A: alta
 N: normal
 B: baja
 MB: muy baja

3.4 MAPAS DE PRECIPITACIÓN

MARZO 2023



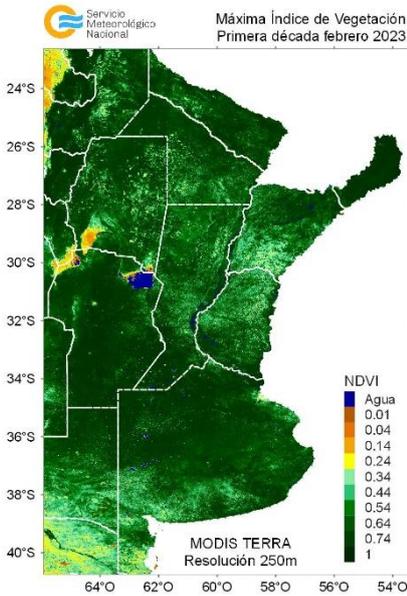
4. ÍNDICES SATELITALES

4.1. ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN

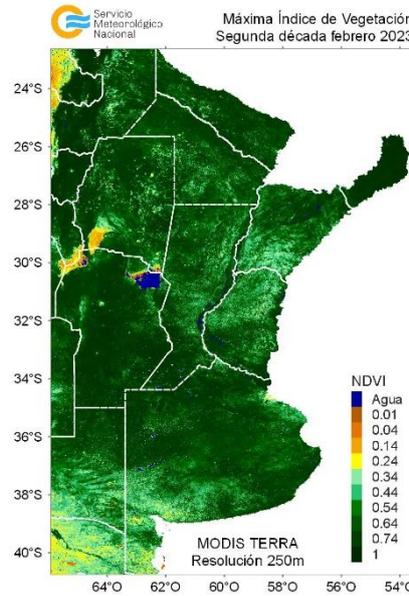
A continuación se muestran los campos de índice NDVI (índice Normalizado de Vegetación) máximo para cada década de febrero y marzo de 2023. Este índice se encuentra estrechamente relacionado con el desarrollo de la vegetación y las condiciones climáticas. Con el correr de las décadas se observa una leve disminución de la actividad fotosintética debido al progreso de la cosecha de los cultivos de girasol, soja y maíz de primera principalmente.

FEBRERO 2023

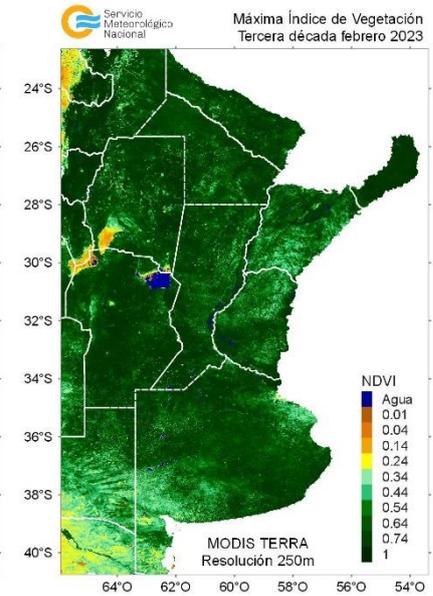
DÉCADA 1



DÉCADA 2

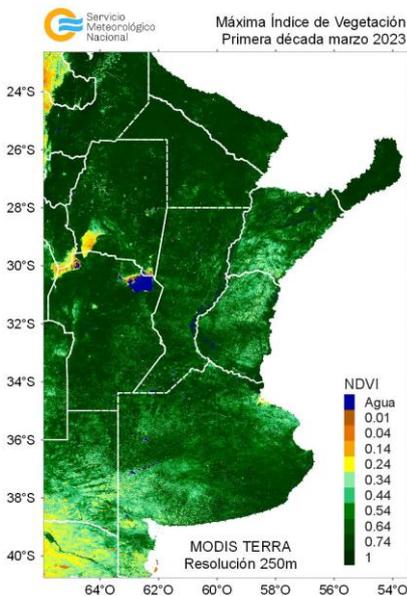


DÉCADA 3

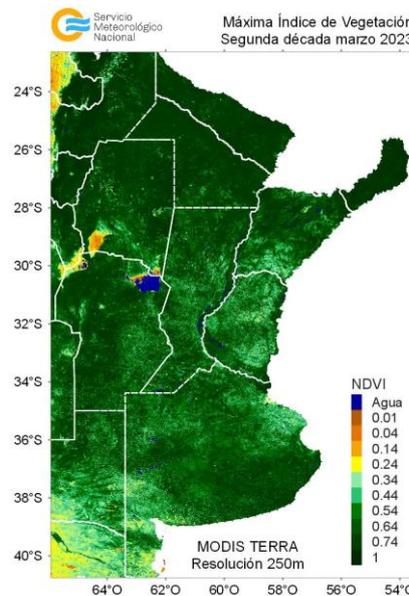


MARZO 2023

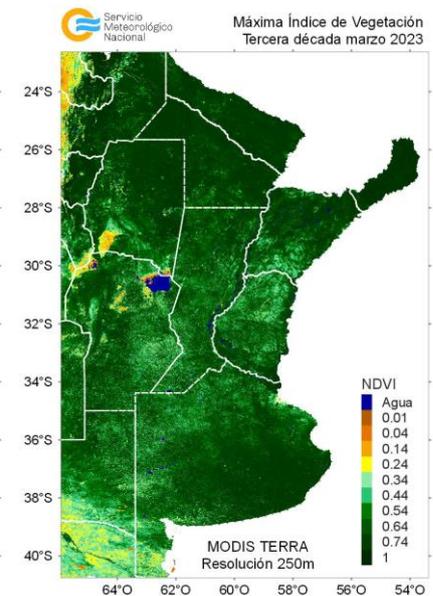
DÉCADA 1



DÉCADA 2



DÉCADA 3



4.2. HUMEDAD DEL SUELO

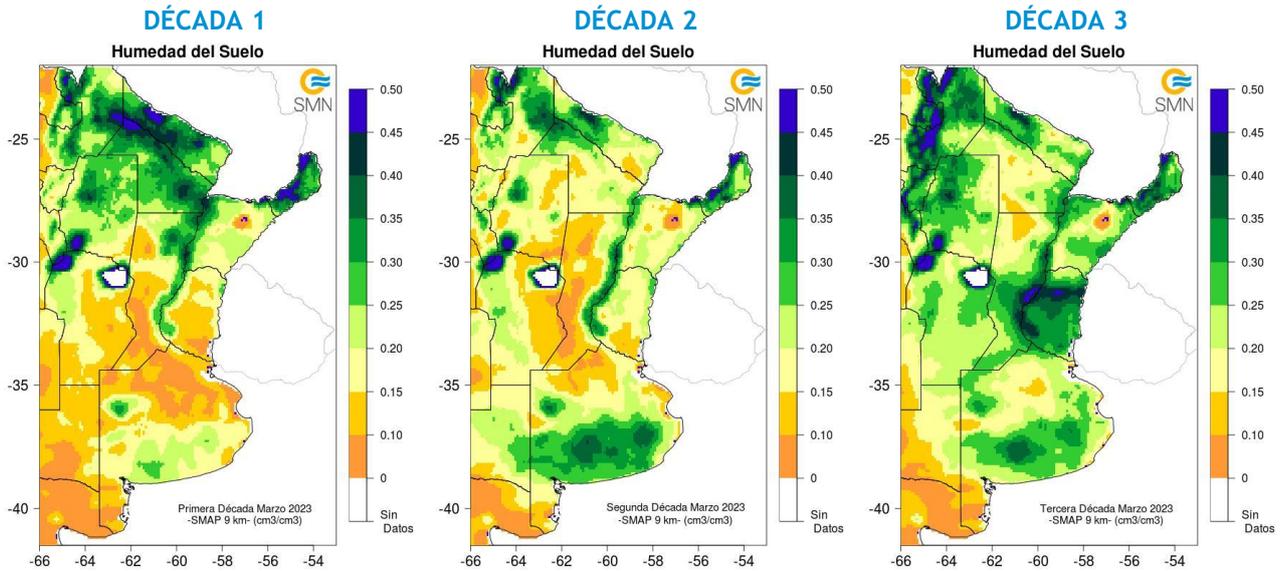
Los mapas de humedad del suelo son promedios decádicos (10 días), realizado a partir de la información satelital proveniente del sensor de Humedad del Suelo Activo Pasivo (SMAP, por sus siglas en inglés). Una misión de la NASA que tiene por objetivo estimar la humedad del suelo, a una profundidad de 5 cm.

Los valores de la estimación son una representación de la humedad volumétrica del suelo (m³/m³), es decir, la relación entre el volumen de agua y el volumen total del suelo (considerando la fase sólida, líquida y gaseosa presente en el suelo).

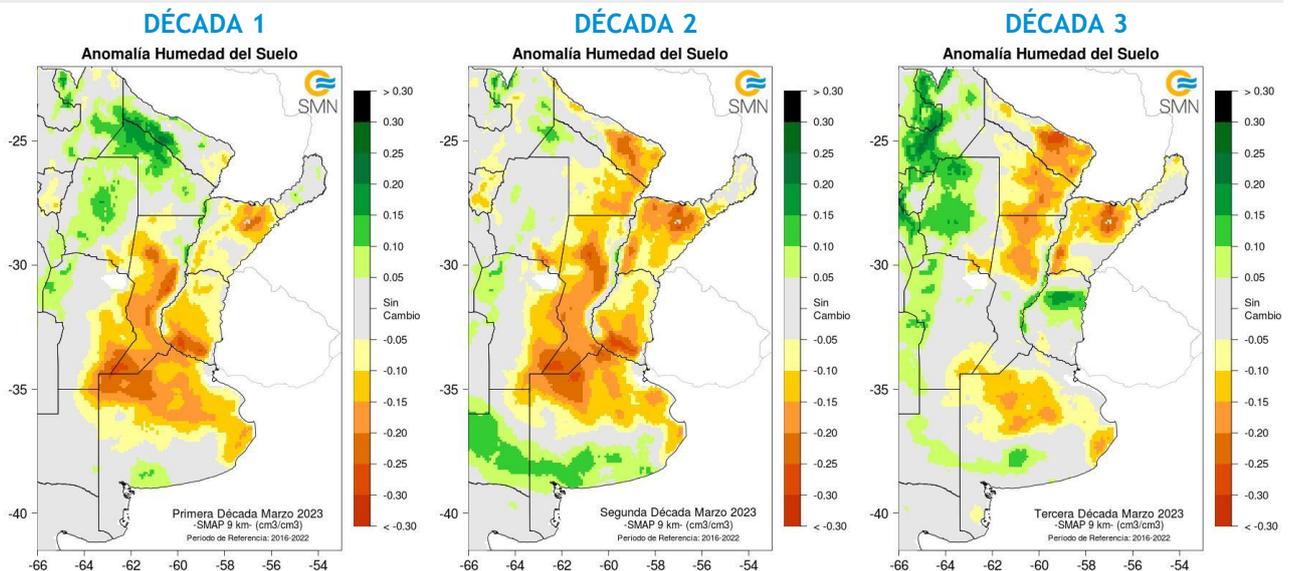
Con el objetivo de conocer las tendencias en el comportamiento de la humedad del suelo para el periodo actual, se realiza el cálculo de las diferencias entre el periodo 2021 respecto al periodo 2016-2022, para cada década.

Las precipitaciones han favorecido la recarga de humedad en el suelo, principalmente en la tercera década de marzo, aunque este almacenaje de agua es menor al promedio de los 6 años previos.

MARZO 2023 HUMEDAD DEL SUELO



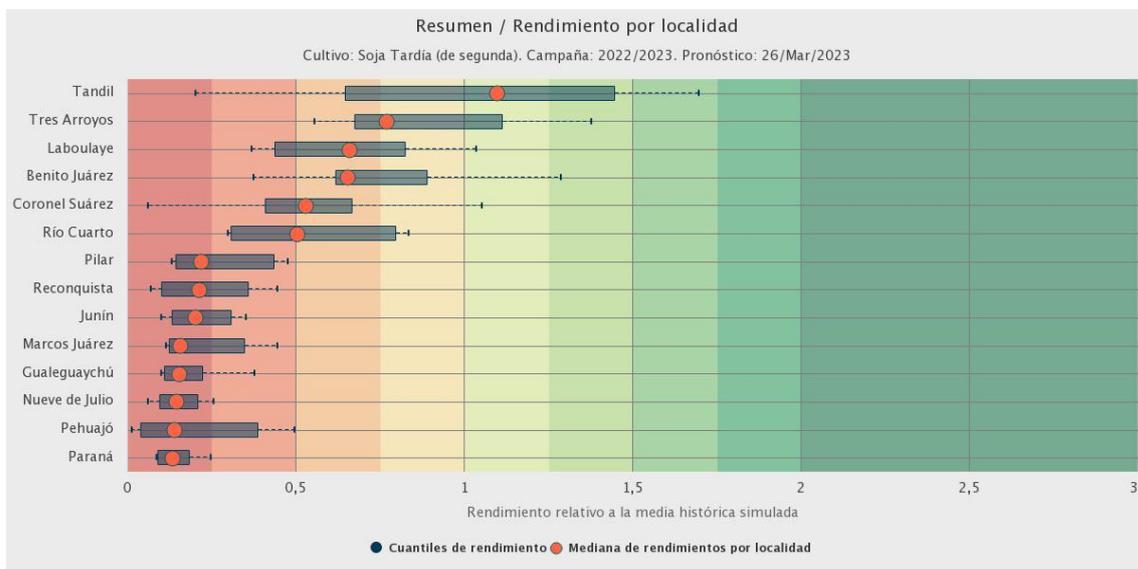
ANOMALÍA DE LA HUMEDAD DEL SUELO



5. PRONÓSTICOS DE RENDIMIENTOS SIMULADOS - ProRindes

ProRindes es una herramienta para estimar el rendimiento de soja, maíz, trigo y cebada en varias localidades de la región Pampeana y a lo largo de toda una campaña agrícola. En este momento del año se simula el rendimiento de maíz y soja tardíos. En este boletín se presenta el pronóstico obtenido el día 26/03/2023 (se puede ver la actualización semanal en: <https://prorindes.smn.gov.ar/>).

En las figuras a continuación se muestra el pronóstico de rendimiento por localidad para el maíz y la soja de siembra tardía en formato de box plot, relativo al valor medio histórico simulado. Se pueden observar las mejores perspectivas de rendimiento en la localidad de Tandil, tanto para el maíz como la soja de siembra tardía. Asimismo, se visualizan medianas de rinde de maíz tardío por encima del promedio local en Benito Juárez y en Laboulaye. En el resto de las localidades analizadas se prevén rendimientos por debajo de la mediana tanto para el maíz como la soja de segunda ocupación.



DEFINICIÓN Y ABREVIATURA DE PARÁMETROS EMPLEADOS

TEMPERATURA

Máxima media (Máxima MED): promedio de las temperaturas máximas diarias en el período considerado (década o mes).

Máxima absoluta (Máxima ABS): temperatura máxima más alta registrada en el período considerado (década o mes).

Día: día de ocurrencia de la temperatura máxima o mínima absoluta, en el mes considerado.

Mínima media (Mínima MED): promedio de las temperaturas mínimas en el período considerado (década o mes).

Mínima absoluta (Mínima ABS): temperatura mínima más baja registrada en el período considerado (década o mes).

Media (MED): promedio de las temperaturas medias diarias en el período considerado (década o mes). La temperatura media diaria es el resultado de la semisuma de la temperatura máxima y mínima del día.

Calificación	Probabilidad de que la temperatura sea inferior al límite del quintil
Muy Baja	Quintil 1=Hasta el 20%
Baja (B)	Quintil 2=Del 20.1% al 40%
Normal (N)	Quintil 3=Del 40.1% al 60%
Alta (A)	Quintil 4=Del 60.1% al 80%
Muy Alta (MA)	Quintil 5=Del 80.1% al 100%

Días con heladas: cantidad de días en que la temperatura mínima absoluta fue inferior o igual a 2°C.

Desvío (DN): diferencia en grados y décimas de grados entre el valor de la temperatura media actual y el valor medio de la distribución (derivado del análisis de valores históricos), para el lapso considerado (década o mes).

Calificación (CAL): surge de ubicar el valor actual de temperatura media (década o mes) en alguno de los rangos probabilísticos de ocurrencia derivados del análisis de valores históricos (distribución empírica).

GRADOS DIAS

Estimación de la energía que una planta tiene a su disposición cada día, que le permite su crecimiento y desarrollo.

GD: Temperatura media diaria - Temperatura base

Temperatura base: es la temperatura por debajo de la cual la planta cesa su actividad.

PRECIPITACIONES

Precipitación total (PM-PD): cantidad total de precipitaciones ocurridas en el período considerado (década o mes).

Desvío del promedio (DN): diferencia (en milímetros) entre el valor de la precipitación registrada en la década o mes (según el lapso considerado) y el valor medio de la distribución (derivado del análisis de valores históricos), para el lapso considerado (década o mes).

Máxima (MAX): precipitación máxima acumulada en 24 Hs en el período considerado (década o mes).

Calificación (CAL): surge de ubicar el valor total ocurrido en la década o mes, en alguno de los rangos probabilísticos de ocurrencia derivados del análisis de valores históricos (distribución empírica).

Precipitación acumulada (Acum): suma de las precipitaciones ocurridas a lo largo del año en curso (incluye el mes del presente boletín) en mm.

Calificación	Probabilidad de que la precipitación acumulada sea inferior al límite del quintil correspondiente
Muy Baja (MB)	Quintil 1=Hasta el 20%
Baja (B)	Quintil 2=Del 20.1% al 40%
Normal (N)	Quintil 3=Del 40.1% al 60%
Alta (A)	Quintil 4=Del 60.1% al 80%
Muy Alta (MA)	Quintil 5=Del 80.1% al 100%

IMERG_er

Precipitación estimada con información provista a partir de la constelación de satélites de la Global Precipitation Measurement (GPM) de la NASA. Se utiliza el producto IMERG_er (Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM_early run) el cual es generado a partir del uso del algoritmo unificado de Estados Unidos que combina información de microondas pasivas de diversos sensores a bordo de la constelación de satélites GPM de la NASA.

El objetivo del algoritmo es intercomparar, combinar e interpolar todas las estimaciones de precipitación satelitales basadas en microondas, junto con aquellas derivadas a partir de datos calibrados con microondas e infrarrojo, información de precipitación observada en superficie y estimaciones provenientes de otras misiones satelitales.

Las características básicas son: resolución espacial: 0.1° x 0.1°; resolución temporal: 30 minutos; dominio global: 90°N – 90°S; disponibilidad desde el 01 de abril de 2015.

Más información:

<http://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm>

NDVI (índice de vegetación normalizado). Representa la cantidad y el vigor de la vegetación (actividad fotosintética). El NDVI está estrechamente relacionado con el tipo de vegetación, y las condiciones climáticas. Los tonos marrón y verde representan la gradación de la vegetación, de escasa/débil a densa/vigorosa.

Las series temporales de NDVI, muestran la tendencia del desarrollo de la vegetación natural y de los cultivos.

Se obtiene a partir del cálculo de los máximos valores de una composición de 10 días, utilizando imágenes del sensor MODIS a bordo de la plataforma satelital Terra con una resolución espacial de 250 metros.

HUMEDAD DEL SUELO

La información satelital con la que realiza este producto proviene del sensor de Humedad del Suelo Activo Pasivo (SMAP, por sus siglas en inglés). Una misión de la NASA que tiene por objetivo estimar la humedad del suelo, a una profundidad de 5 cm, a partir de un radiómetro de microondas en banda L (1.41 GHz). La resolución temporal del satélite es de 3 días, por lo que se obtiene un mapa integrado para la región Argentina con dicha frecuencia, tanto para las pasadas descendentes (6 am – hora local), como las ascendentes (6 pm – hora local). De esta forma, si los datos son óptimos se consideran, para el promedio decádico, 6 imágenes para cada década (3 ascendentes y 3 descendentes). Los valores de la estimación, son una representación de la humedad volumétrica del suelo (m³/m³), es decir, la relación entre el volumen de agua y el volumen total del suelo (considerando la fase sólida, líquida y gaseosa presente en el suelo).

La anomalía es calculada como la diferencia entre la década de interés correspondiente al año 2023, respecto al promedio 2016- 2022, para cada década específica.

Más información: <https://smap.jpl.nasa.gov/>

PRORINDES

Es una herramienta para anticipar el rendimiento de soja, maíz, trigo y cebada a lo largo de toda una campaña agrícola y para las siguientes localidades de la región Pampeana:



Los pronósticos de rendimiento se basan en modelos computacionales que simulan el crecimiento y desarrollo de cada cultivo. Los modelos requieren datos sobre el manejo agronómico del cultivo simulado, suelos, y datos climáticos.

Los pronósticos de ProRindes se realizan para los suelos más representativos de cada zona, y para un par de manejos agronómicos típicos en cada lugar.

El pronóstico se actualiza semanalmente en: <https://prorindes.smn.gob.ar/>

BoxPlot

Los valores presentados en el gráfico se calculan de la siguiente manera: los rendimientos simulados en una determinada fecha de pronóstico para cada tipo de suelo, manejo agronómico y localidad se dividen por el rendimiento histórico medio correspondiente a esa situación. Luego, se calcula el valor central (mediana) de los rendimientos relativos para el conjunto de tipos de suelos y manejos agronómicos simulados en la localidad.

Las cajas de los cuantiles de rendimiento representan la distribución de rendimientos relativos para el conjunto de tipos de suelos y manejos agronómicos simulados para cada localidad. Los extremos de cada caja corresponden a los cuantiles 25 (extremo izquierdo) y 75 (extremo derecho). Las líneas punteadas llegan a los valores de los cuantiles 5 (izquierda) y 95 (derecha). Dentro de cada localidad, se asume que cada suelo y manejo aparece con la misma frecuencia.

ANEXO: INFORME TÉCNICO SOBRE LA HERRAMIENTA PRORINDES (JULIO 2022)

FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA PRONÓSTICO DE RINDES SIMULADOS (ProRindes) EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL E INVESTIGACIONES EFECTUADAS POR EL SECTOR ACADÉMICO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y LOS OCÉANOS DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.

María Gabriela Marcora¹, Ferreira Lorena¹, Olga Penalba², Federico Stainoh^{2,3}, Vanesa Pantano²

¹ Dirección de Servicios Sectoriales. Dirección Nacional de Pronóstico y Servicios para la Sociedad. Servicio Meteorológico Nacional. ² Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. FCEyN-UBA. CONICET.

³ Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Department Troposphärenforschung. Alemania.

Introducción

En el contexto del constante aumento de la población mundial, existe una demanda creciente en la provisión de materias primas en la industria alimentaria. Argentina es uno de los principales países proveedores de materias primas agrícolas, no solo para el mercado local sino también en el mercado de las exportaciones, y la mayor producción de las mismas se encuentra ubicada en la Región Pampeana. Por otro lado, el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) promueve que los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) brinden sus servicios de información meteorológica y climática y sus capacidades en investigación, modelización y predicción, para el

desarrollo de herramientas en determinadas áreas de interés como la agricultura y seguridad alimentaria entre otras. En este contexto internacional de MMSC y del nacional mencionado al inicio, es que el SMN acompañó el desarrollo de la herramienta ProRindeS que permite pronosticar el rendimiento de los cultivos a lo largo de una campaña agrícola. ProRindeS (Pronóstico de Rindes Simulados) pretende anticipar el rendimiento de soja (de siembra temprana y tardía), maíz (de siembra temprana y tardía), trigo y cebada en varias localidades de la región pampeana argentina, y a lo largo de toda una campaña agrícola.

La herramienta fue desarrollada mediante una colaboración entre el SMN, la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), y la Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami, Estados Unidos de Norteamérica (RSMAS, por sus siglas en inglés). Varios proyectos de investigación realizados en los últimos años han aportado los conceptos y herramientas que se debieron integrar para implementar el sistema ProRindeS. Los diferentes proyectos fueron financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Global (IAI), y la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NSF, por sus siglas en inglés).

ProRindeS fue originalmente desarrollado como prueba de concepto financiada por los proyectos de investigación ya mencionados. Sin embargo, a partir de la campaña gruesa 2018-2019 esta herramienta comenzó a funcionar operacionalmente, mantenida y administrada por un consorcio de tres entidades: el Servicio Meteorológico Nacional, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y la organización civil sin fines de lucro AACREA.

Los resultados de ProRindeS se pueden consultar en la página web <https://prorindes.smn.gob.ar/>. Si bien es una herramienta que está disponible para todos los usuarios, está destinada principalmente a los tomadores de decisiones del sector agrícola. La misma brindará soporte principalmente para establecer relaciones de mercado o cuestiones de logística y acopio en el sector. Las actualizaciones de los pronósticos se realizan una vez por semana y se pueden visualizar de manera inmediata en el sitio web.

Este documento presenta una *primera sección* con una recopilación de los aspectos técnicos, principales configuraciones, limitaciones (Rocha A. 2015; Bonhaure D. y Koda V. 2018) y el trabajo operativo que realiza actualmente el SMN con la herramienta de ProRindeS y una *segunda sección* con los resultados de investigaciones producto de la vinculación entre el SMN y el grupo de investigación "Variabilidad climática de eventos extremos de precipitación. Impactos" del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

1. Aspectos técnicos y operativos del sistema ProRindeS

1.1 Principales componentes del sistema ProrindeS

El sistema ProRindeS consta de un **módulo de simulación de cultivos**, un **módulo de suelo** y un **módulo de clima**.

Con respecto al **módulo de simulación de cultivos**, ProRindeS posee programas computacionales que simulan el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Los modelos utilizados son los de la familia DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer). En particular, se utilizan los modelos CERES Maize para simular maíz, trigo y cebada, y CropGro para simular soja. Ambos modelos han sido calibrados y validados en Argentina mediante múltiples comparaciones entre rindes simulados y observados. Para el conjunto de las situaciones evaluadas, el rinde medio simulado y su variabilidad no difirieron en más de 5% respecto a lo observado. Para cada situación específica (e.g. un lote) el error medio esperado es entre 15 y 20%. Se utiliza un genotipo representativo de los más usados en la zona. El genotipo se caracteriza a través de un conjunto de valores (coeficientes genéticos) que describen el desarrollo y crecimiento de la variedad o híbrido a simular.

Cada manejo agronómico supone, además, una fecha de siembra y la densidad lograda (es decir, número de plantas por metro cuadrado). La definición del manejo agronómico se completa con la fertilización nitrogenada. Para todos los cultivos se define un contenido inicial de Nitrógeno en el

suelo (en la capa 0-60 cm) representativo de cada localidad y fecha de siembra. Para el maíz, además, se define una dosis de fertilización con Nitrógeno de manera de alcanzar el nivel total deseado (o sea, Nitrógeno del suelo más Nitrógeno aportado por fertilización) representativo de cada localidad y fecha de siembra.

Con respecto al **módulo de suelo**, ProRindeS tiene incorporado 2-3 suelos más comunes, de modo que los usuarios puedan seleccionar el suelo más semejante a sus propias condiciones. Para cada suelo en cada situación se define, el contenido inicial de Nitrógeno y de agua. El contenido inicial de agua se refiere a la recarga inicial de agua del perfil de suelo en relación a la capacidad total de almacenaje del suelo. Además la herramienta considera 3 niveles de recarga: bajo (20% de recarga), medio (50% de recarga) y alta (100% de recarga).

Con respecto al **módulo del clima**, ProRindeS necesita series de valores diarios para 4 variables climáticas: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación total y radiación solar total. Esta última es estimada a partir de datos de heliofanía. Estos datos se extraen de la base de datos del Centro Regional del Clima del Sur de América del Sur (CRC-SAS), que han pasado por pruebas estrictas de calidad y consistencia. Estas variables se miden en estaciones meteorológicas operadas por el Servicio Meteorológico Nacional (Figura 1)



Figura 1: Localidades argentinas en donde se realizan las simulaciones de ProRindeS.
(<https://prorindes.smn.gob.ar/>)

El modelo de simulación de cultivos que usa ProRindeS necesita como insumo series diarias de las 4 variables climáticas antes mencionadas. Las series deben cubrir desde el comienzo de las simulaciones (antes de la siembra) hasta el fin de ciclo o cosecha de cada cultivo. Para lograr esto, se construyen series climáticas diarias “híbridas” que combinan dos tipos de datos: (a) datos climáticos observados durante la campaña actual hasta el momento en que se emite un pronóstico, y (b) datos climáticos históricos para las fechas que van desde el pronóstico hasta el fin del ciclo.

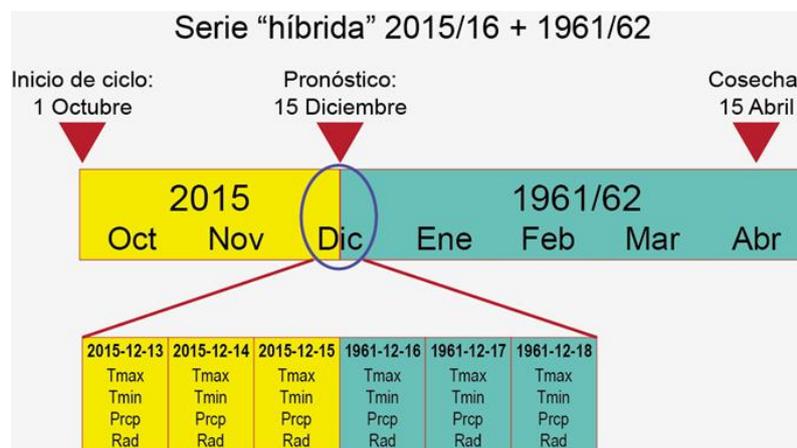


Figura 2: Construcción de una serie híbrida en base a datos observados y datos climáticos históricos.
(<https://prorindes.smn.gob.ar/>)

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la construcción de una serie climática “híbrida” para un pronóstico hipotético de rendimiento realizado el 15 de diciembre de 2015. La primera parte de la serie incluye datos climáticos (temperaturas, lluvia, radiación) observados entre el 1 de octubre y el 15 de diciembre de 2015. Para poder simular rendimientos en diciembre 2015, la serie climática observada hasta el momento del pronóstico se completa con datos para 1961 (15-31 diciembre) y 1962 (1 enero – 30 abril). La transición o “empalme” entre las dos series se muestra en el detalle de la Figura 2. El uso de una sola serie climática híbrida resulta en un único valor pronosticado de rendimiento. En cambio, podemos usar varios años en el registro histórico para construir múltiples series híbridas y, por lo tanto, obtener múltiples rendimientos pronosticados. Por ejemplo, si el Servicio Meteorológico para Junín contiene datos para el período 1 de enero de 1961 al presente, se pueden construir 55 series híbridas que combinan las condiciones para 2015/16 (el comienzo de la serie) con cada uno de los 54 años históricos (para el resto de la serie).

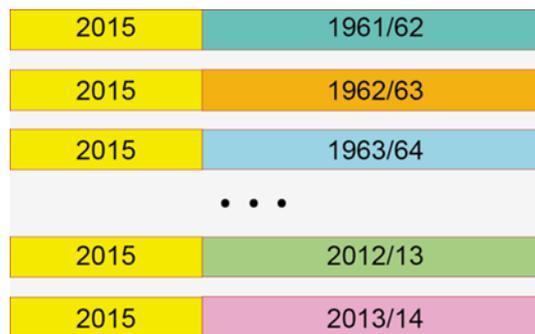


Figura 3: Múltiples series híbridas para una fecha de pronóstico determinada.
(<https://prorindes.smn.gob.ar/>)

En la Figura 3 se muestra la construcción de múltiples series climáticas híbridas para un pronóstico de rendimiento emitido el 15 de diciembre de 2015. Cada una de las series combina datos observados para 2015/16 y series históricas 1961-2014 alimentan al sistema ProRindeS, lo que resulta en 54 rendimientos pronosticados que reflejan la incertidumbre en las condiciones climáticas posteriores al 15 de diciembre de 2015.

El uso de múltiples series climáticas como entrada para ProRindeS nos permite caracterizar la incertidumbre en los rendimientos que resulta del espectro de condiciones climáticas que pueden ocurrir a partir de la fecha de pronóstico. Típicamente, la variabilidad de los valores pronosticados disminuye a lo largo del ciclo, ya que en todas las “series híbridas” que se usan de entrada al modelo hay una mayor proporción de datos para la campaña actual.

Una vez que se obtienen los rendimientos simulados, se calcula el promedio de todas las campañas, y ese valor es el rendimiento de referencia. Los valores de referencia para cada combinación de condiciones (en kilogramos por hectárea) se pueden ver seleccionando “Rendimientos de Referencia” en el menú de ProRindeS. Los rendimientos en kg por hectárea simulados con series “híbridas” para cada combinación de condiciones se dividen por el rendimiento de referencia. Los rendimientos relativos mayores que 1 indican que los rendimientos pronosticados son superiores al rendimiento de referencia: por ejemplo, un rendimiento relativo de 1.50 es 50% mayor que el rendimiento de referencia. Los rendimientos relativos menores que 1 indican resultados por debajo del rendimiento de referencia.

Los **productos ProRindeS** obtenidos son evolución temporal de la mediana y los cuantiles de rendimiento por cultivo, por localidad, con diferentes tipos de suelo y manejo de los mismos (dentro de la misma campaña), distribución de probabilidades en relación a la media histórica de rendimientos simulados. El sistema de pronóstico de rendimiento se complementa con otras variables de salida de interés: precipitaciones acumuladas (observadas) y cuantiles históricos, desvíos de la precipitación observada respecto de la media histórica, evapotranspiración real acumulada (ETR), evapotranspiración potencial acumulada (ETP), agua disponible para el cultivo (en función de la Capacidad de Campo), Índice de estrés hídrico (en función de la ETP y la ET real diaria).

La Figura 4 muestra la evolución temporal de los rendimientos obtenidos con la herramienta ProRindes donde se puede observar la reducción de la incertidumbre en el pronóstico de

rendimiento del maíz de siembra temprana para la localidad de Pilar, a medida que va transcurriendo la campaña agrícola. Esto se debe a que, con las sucesivas corridas de ProRindeS, la serie híbrida va incorporando mayor cantidad de valores climáticos observados (la situación “actual”) y menor cantidad de valores de base climatológica empleados como pronósticos. En este ejemplo se resalta que a partir de la corrida del 30 de enero la curva de evolución de los pronósticos se estabilizó, es decir que se logró simular el rinde final para este cultivo con dos meses de anticipación al fin de la campaña.

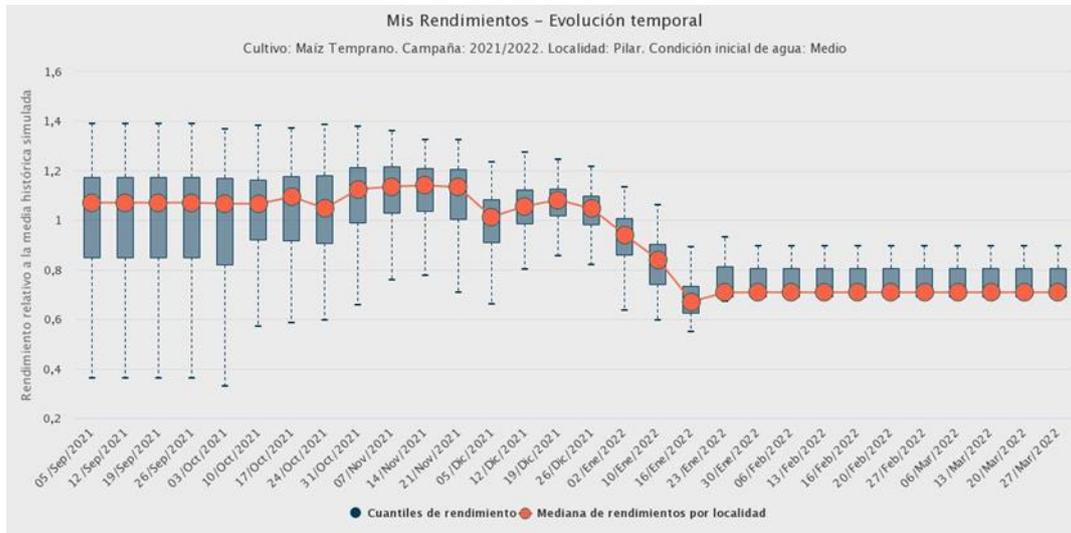


Figura 4: Evolución de los pronósticos de rendimiento para el maíz de siembra temprana en la localidad de Pilar, con una condición inicial de agua media y para los diferentes suelos tipificados en la localidad, durante la campaña agrícola 2021/2022.

El sistema ProRindeS se actualiza una vez por semana, indicando la fecha en que se inicializa la corrida, cuando los datos de clima del SMN se encuentran en la base de datos del CRC-SAS con los controles y validaciones correspondientes. Este proceso demora 48 hs aproximadamente, por lo que la fecha de inicio de las simulaciones en el “Backend” debe ser dos días previos a la fecha vigente. El maíz y la soja temprana se simulan entre los meses de septiembre y abril. Las variedades tardías de los mismos, entre los meses de diciembre y abril. El trigo y la cebada se simulan entre los meses de mayo y diciembre. Una vez realizadas las correspondientes simulaciones de los pronósticos de rendimientos los datos deben sincronizarse con el “Frontend” para poder ser visualizados en la página web que está disponible para los usuarios (<https://prorindes.smn.gob.ar/>). Asimismo, como servicio al usuario y en el caso de resultado destacado, se realiza una publicación en las redes sociales de ProRindeS y del SMN donde se incluyen figuras y un texto explicativo.

1.2 Validaciones y limitaciones

Según la documentación provista en <https://prorindes.smn.gob.ar/> se realizaron **validaciones** para el esquema propuesto por la herramienta ProRindeS para los cultivos de soja y maíz a lo largo de siete campañas agrícolas (desde 2005/06 hasta 2011/12) en dos localidades de referencia: Junín (Buenos Aires) y Pilar (Córdoba). Los resultados obtenidos mostraron que la variación de los pronósticos de rendimientos está determinada principalmente por la evolución de las condiciones climáticas, en particular de la variable precipitación. En consecuencia, la incertidumbre en los pronósticos se reduce a medida que se van incorporando datos climáticos observados. Esto demuestra que los pronósticos iniciales son de utilidad relativa debido a su gran variabilidad y apartamiento respecto de los valores finales. Sin embargo, se ha demostrado que tanto para la soja como para el maíz, los pronósticos de rendimiento resultaron aceptables dentro de los dos meses previos a su cosecha (Rocha. A, 2005). Otros autores obtuvieron resultados similares para estudios realizados con trigo en India y con maíz en Brasil.

Los modelos de simulación utilizados por ProRindeS (los modelos CERES y CROPGRO en la suite DSSAT) capturan la influencia de muchos factores que influyen sobre el rendimiento simulado, pero

también hay otros factores o procesos que no son capturados por estos modelos, mostrando **limitaciones**. La interpretación de los resultados pronosticados debe hacerse con cuidado y considerando qué factores han tenido un rol en la evolución real de los cultivos en una determinada zona. Por ejemplo, las simulaciones de rendimientos no reproducen los efectos de plagas, malezas y enfermedades (los modelos asumen que el cultivo se mantiene libre de estos factores). En años o localidades donde ha habido fuerte incidencia de estos factores, el rendimiento real probablemente sea menor que el rendimiento simulado por ProRindeS. Otro factor que los modelos no capturan es la presencia de exceso de agua (anegamiento o encharcado). Si estos excesos existen, los rendimientos reales probablemente sean inferiores a los simulados. A la inversa, los efectos beneficiosos de una napa freática accesible a las raíces de un cultivo no serán reflejados por las simulaciones si faltan lluvias. En este caso, sin embargo, los rendimientos simulados serán algo menores que los reales (si la falta de lluvia es el único factor de estrés), ya que el subsidio de agua aportado por la napa no se ve reflejado por los modelos. De la misma manera, la presencia de excesos de agua (anegamiento o encharcado) no es capturada por los modelos, por lo que nuevamente los rendimientos reales probablemente sean inferiores a los simulados. Tampoco se tienen en cuenta fenómenos climáticos extremos como las heladas.

2. Resultados de Investigación producto de Vinculación con el sector académico.

1. Introducción

En la última década, más del 90% del trigo argentino se cultiva en una amplia región que va de los 23° a 40° de latitud a los 57° a 67° de longitud, en donde más del 80% se cosecha en la región pampeana (Abbate *et al.*, 2017). En dicha región, se lleva a cabo una producción en secano, por lo cual, el almacenaje de agua en el suelo se ve afectado por la escasez y exceso de precipitaciones.

Debido a lo extenso de esta región, la precipitación varía tanto estacional como espacialmente (Pántano *et al.*, 2017). La señal de los eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en las precipitaciones mensuales en la región de estudio presentan una variabilidad regional. En términos generales las precipitaciones mensuales tienden a estar por encima (debajo) de los valores normales en los eventos El Niño (La Niña), impactando en el almacenaje de agua en el suelo (Penalba *et al.*, 2019).

Dependiendo de la etapa fenológica, el trigo es sensible a distintas condiciones hídricas y/o térmicas. Dada su importancia en el país, tanto a nivel macroeconómico como para producción individual, teniendo en cuenta que la región presenta alta probabilidad de estrés hídrico (Penalba *et al.*, 2019), y que los modelos agronómicos son una herramienta que permiten simular el crecimiento y desarrollo del cultivo, los **objetivos** de esta sección estudio son:

- a) Determinar cuáles son los períodos de escasa precipitación que impactan en el rendimiento potencial del trigo; y
- b) Evaluar la señal de El Niño-Oscilación del Sur.

2.2 Materiales y Métodos

Con el fin de llevar a cabo este estudio se utilizaron dos bases de datos de 13 estaciones ubicadas en la región pampeana en el período 1961-2017, provistas por el Servicio Meteorológico Nacional (Figura 1):

- a. Datos diarios observados de precipitación;
- b. Rendimientos de trigo simulados por el modelo DSSAT (modelo de simulación agronómica, calibrado localmente: Rocha, 2015), asociados al genotipo más representativo de la localidad, suelo, manejo del cultivo (ciclo largo) y contenido de agua inicial al momento de la siembra (bajo: 20% capacidad de campo -CC-, medio: 50% CC, alto: 100% CC) (<https://prorindes.smn.gov.ar/>).

Con el fin de determinar períodos sensibles asociados a las precipitaciones diarias, se trabajó con dos índices hídricos: precipitación acumulada y cantidad de días secos en distintas ventanas móviles de 15, 30 y 60 días. Para cada localidad y ventana móvil se calcularon las correlaciones de Pearson entre los índices hídricos y los rendimientos (alto y bajo contenido de agua inicial, analizados por separado), asignando el estadístico al último día de la ventana móvil. A partir de estas series temporales de

correlación se identificaron, para cada localidad, los períodos sensibles para ambos índices hídricos (T de Student, significancia 95%, una cola. Wilks, 1995).

Los años El Niño y La Niña fueron identificados a partir del Índice Oceánico de El Niño (ONI) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>).

2.3. Resultados y Discusión

Inicialmente se evaluaron los períodos sensibles del rendimiento de trigo. En la Figura 5 se presentan las correlaciones entre la precipitación acumulada en ventanas móviles de 30 días y el rendimiento medio con distintos contenidos de agua inicial, para distintas localidades que sintetizan el comportamiento regional.

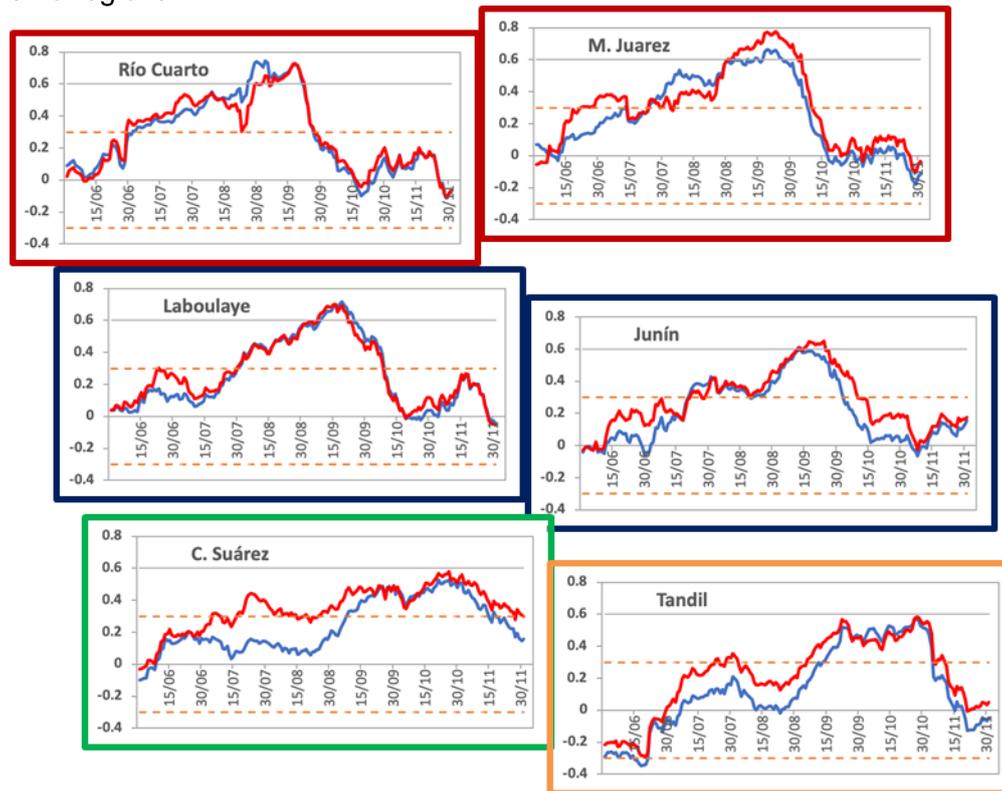


Figura 5: Series de coeficiente de correlación entre precipitación acumulada en ventanas móviles de 30 días y el rendimiento medio con bajo (línea roja) y alto (línea azul) contenido de agua inicial. Las líneas punteadas indican los umbrales de significancia.

Para las estaciones del oeste (Río Cuarto, Laboulaye) no se observan grandes diferencias entre ambos contenidos de agua, siendo el período sensible del 1 de junio al 29 de setiembre. A medida que nos desplazamos hacia el este y sudeste de la región de estudio, comienzan a observarse diferencias. Las estaciones Coronel Suárez y Tandil son las que presentan las mayores diferencias en las correlaciones en las primeras etapas fenológicas del cultivo, variando también el período sensible. En el caso particular de Coronel Suarez, se observa un período sensible desde inicios de agosto, para bajo contenido de agua inicial, correspondiente a las etapas de crecimiento, y no significativo hacia finales del ciclo, cerca de la cosecha.

La identificación de estos períodos se complementó con un estudio de sensibilidad, con el fin de determinar el período con mayor impacto en el rendimiento de trigo asociado a escasas precipitaciones. Para ello, se calculó la probabilidad de tener bajos rendimientos (menores al percentil 33) con bajas precipitaciones (menores al percentil 33). En la Figura 6 (izquierda) se indica esta máxima probabilidad utilizando las simulaciones con bajo contenido de agua inicial.

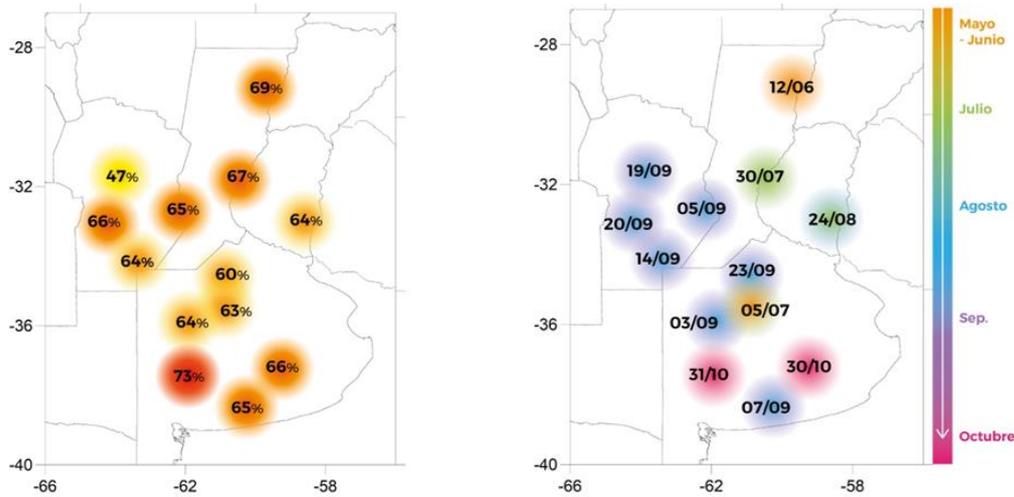


Figura 6: Máxima Probabilidad de bajos rendimientos asociados a escasas precipitaciones, en ventana de 30 días (izquierda) y fechas (indicando el final de la ventana de 30 días) en la cual estas probabilidades máximas ocurren (derecha).

Es interesante observar que las probabilidades son elevadas, mayores al 60% salvo para la estación Pilar-Córdoba. Adicionalmente, se identificaron los períodos de 30 días en los cuales estas probabilidades ocurren (Figura 6, derecha). Se puede observar que los períodos de 30 días acompañan el desfase norte-sur de los ciclos fenológicos.

Finalmente, se analizó la señal de los eventos ENOS en estos períodos de escasas precipitaciones asociados a bajos rendimientos y en la distribución total de los rendimientos. En la Figura 7 se presentan las probabilidades de bajos rendimientos discriminados por eventos ENOS. Las mayores diferencias se observan en las localidades de la provincia de Buenos Aires, Junín representa este comportamiento. La probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones en ventanas de 30 días tiende a ser mayor en años La Niña. En algunos periodos, las probabilidades son mayores al 40% y en algunas localidades llegan al 60% (Marcos Juárez, Laboulaye).

Durante los primeros estadios del ciclo fenológico del trigo se observaron elevadas probabilidades de tener bajos rindes con escasas precipitaciones. Es el caso de las localidades de Coronel Suarez y Junín, cuyas probabilidades son cercanas al 80% (Figura 7).

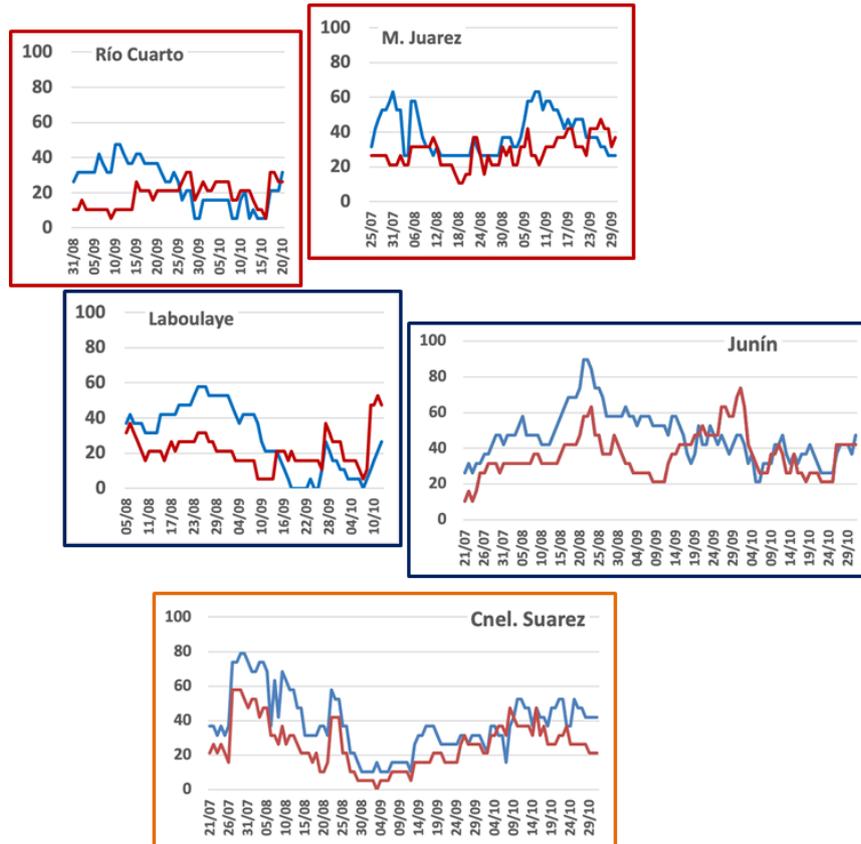


Figura 7: Probabilidad de tener bajos rendimientos (menores al percentil 33) con escasas precipitaciones en 30 días (menores al percentil 33) en eventos El Niño (curva roja); La Niña (curva azul). Utilizando simulaciones con bajo contenido de agua inicial.

Adicionalmente, se calcularon las funciones de distribución acumulada de los rendimientos con bajos contenidos de agua inicial en años El Niño y años La Niña. De la Figura 8 se puede observar que en años La Niña se observan menores rendimientos de trigo, principalmente en las localidades de la provincia de Buenos Aires. En las localidades del oeste y norte de la región de estudio no se observan diferencias significativas entre ambas funciones de distribución.

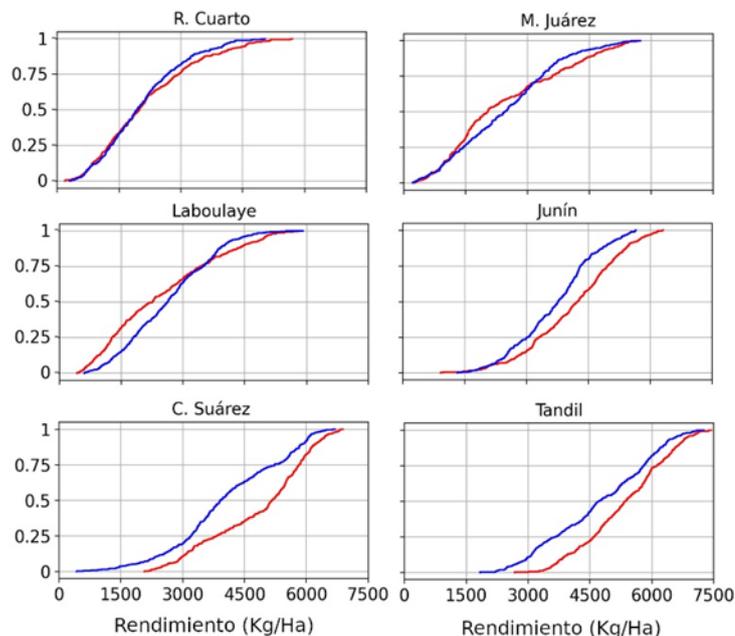


Figura 8: Función de distribución acumulada de los rendimientos con bajos contenidos de agua inicial en años El Niño (curva roja) y años La Niña (curva azul).

2.4. Conclusiones

A partir de rendimientos simulados de trigo (ciclo largo; con alto y bajo contenido de agua inicial) y dos índices hídricos: precipitación acumulada y cantidad de días secos en ventanas móviles de 30 días se identificaron períodos sensibles en los cuales la probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones es mayor al 60%, presentando una regionalización Norte-Sur. Las localidades del oeste de la región de estudio y norte de la provincia de Buenos Aires no presentan diferencias entre alto y bajo contenido de agua inicial. En términos generales, el período sensible se encuentra entre julio y setiembre. Las localidades del centro y sur de la provincia de Buenos Aires presentan diferencias entre alto y bajo contenido de agua inicial. Si el cultivo comienza con alto contenido de agua inicial, el período sensible recién comienza a mediados de setiembre.

La señal de los eventos ENOS en las precipitaciones estacionales y mensuales en la región de estudio, presenta una variabilidad temporal y regional. En términos generales, las precipitaciones tienden a estar por debajo (encima) de los valores normales en los eventos La Niña (El Niño). Los principales resultados indican que en años La Niña la probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones en ventanas de 30 días tiende a ser mayor que en años El Niño. En las localidades del sur de la provincia de Buenos Aires esta probabilidad llega al 80%.

El conocimiento de esta información, para una región determinada y su probabilidad asociada, contribuirán a un Sistema de Alerta Temprana (SAT) más robusto con el fin de disminuir sus impactos, en el marco del Sistema Nacional para la Generación Integral del Riesgo (SINAGIR).

2.5. Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con apoyo de los proyectos PIP 0333, UBACyT 20020170100357BA, PICT 2018/03589 y PICT 2019/02933.

Bibliografía

- Abbate P. E.; Cardós M. J.; Campaña L. E. 2017. *El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. Manual de trigo. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, Programa Latinoamérica Cono Sur.*
- Bonhauere. D. y Koda. V. (2018). *ProRindeS documentación. Proyecto ProRindeS PY, Universidad Católica. CTA.*
- Pántano, V. C.; Penalba, O. C.; Spescha, L. B.; Murphy, G. M. 2017. *Assessing how accumulated precipitation and long dry sequences impact the soil water storage. International Journal of Climatology 37:4316-4326.*
- Penalba, O.C.; Pántano V. C.; Spescha L. B.; Murphy G. M. 2019. *El Niño–Southern Oscillation incidence over long dry sequences and their impact on soil water storage in Argentina. International Journal of Climatology 39: 2362-2374.*
- Rocha A. (2005). *Pronóstico de rendimiento de los cultivos de granos en la Región Pampeana a través del uso de modelos de simulación agronómica. Cátedra de Cerealicultura. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.*
- Wilks. D. S. 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic Press. Massachusetts. Estados Unidos. 453 pp.*



Ministerio de Defensa
Argentina

Dorrego 4019 (C1425GBE) Buenos Aires . Argentina
Tel: (+54 11) 5167-6767. smn@smn.gob.ar

www.smn.gob.ar



1983/2023 - 40 años de democracia