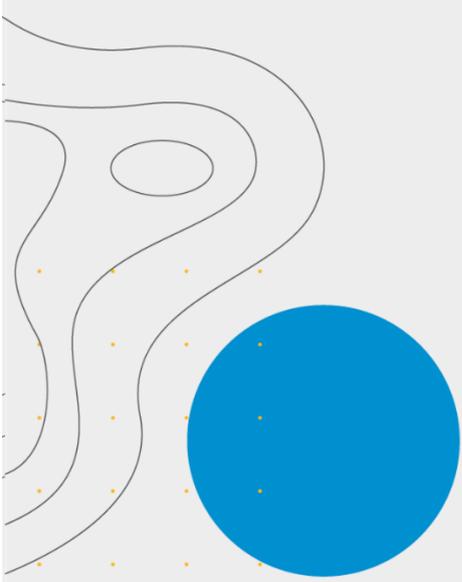


Boletín agrometeorológico mensual

MAYO 2023

Volumen V
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. 7
- 2.2 Temperatura media 2da década. 8
- 2.3 Temperatura media 3da década. 9
- 2.4 Heladas 11
- 2.5 Grados día 12
- 2.6 Mapas de temperatura. 13

3. Precipitación

- 3.1 Precipitación acumulada 1ra década. 13
- 3.2 Precipitación acumulada 2da década 14
- 3.3 Precipitación acumulada 3ra década. 16
- 3.4 Mapas de precipitación 17

4. Índices satelitales

- 4.1 Índice normalizado de vegetación 18
- 4.2 Humedad del suelo 19

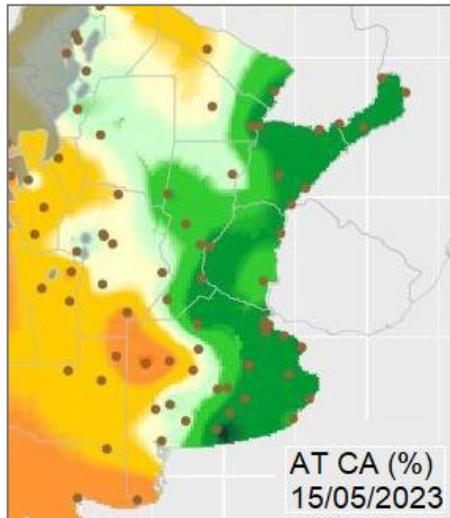
5. Pronóstico de rendimiento - ProRindes

- 5.1 Pronóstico de rendimientos para los cultivos de trigo y cebada. 20
(fecha de inicio: 28/05/2023)

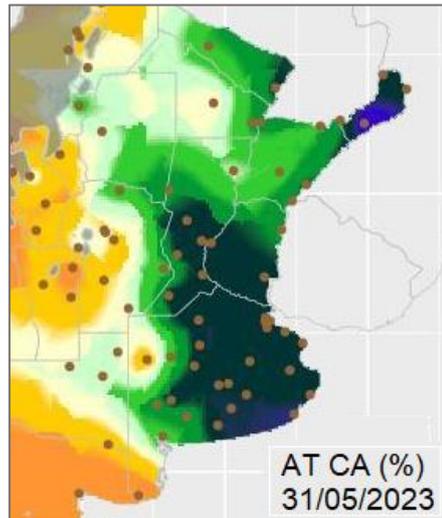
- Definición y abreviaturas de parámetros empleados 21
- Anexo: informe técnico sobre ProRindes 23

1.1 ASPECTOS AGRONÓMICOS Y AGROMETEOROLÓGICOS GENERALES DE MAYO 2023.

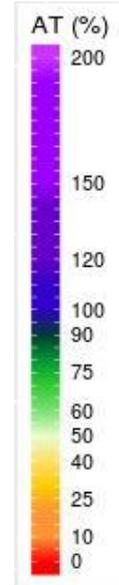
Continúa la cosecha de sorgo granífero y de maíz y soja de primera ocupación, con rendimientos heterogéneos según las zonas. Un porcentaje alto de los granos fue destinado a reservas forrajeras o consumo animal directo. Comenzó la recolección de soja de segunda ocupación con rindes variables según las zonas. Los maizales de siembra tardía se encuentran perdiendo la humedad de los granos. Inició la siembra de trigo y cebada.



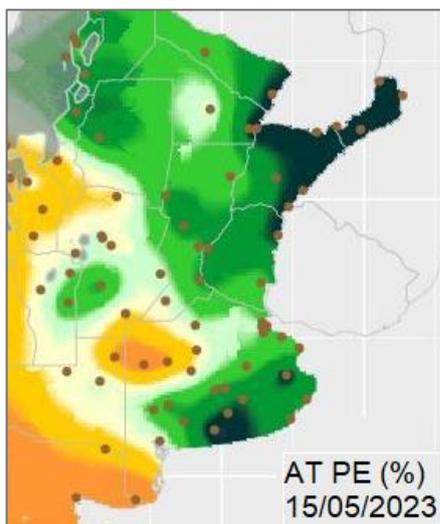
Porcentaje de agua total en la capa arable el día 15 de mayo de 2023



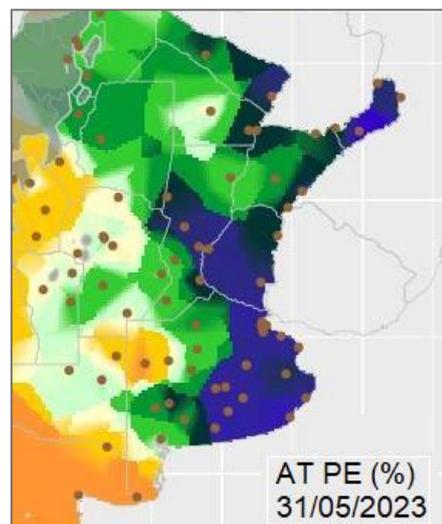
Porcentaje de agua total en la capa arable el día 31 de mayo de 2023



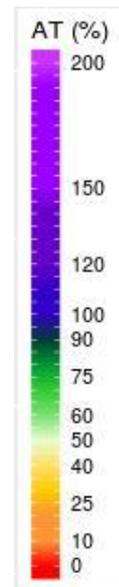
Capa arable (primeros 10 cm)



Porcentaje de agua total en el perfil del suelo el día 15 de mayo de 2023



Porcentaje de agua total en el perfil del suelo el día 31 de mayo de 2023

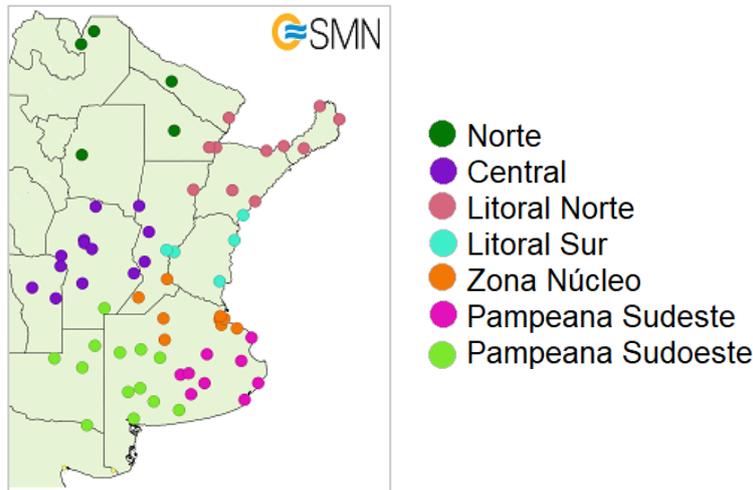


Perfil (profundidad 1m)

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:



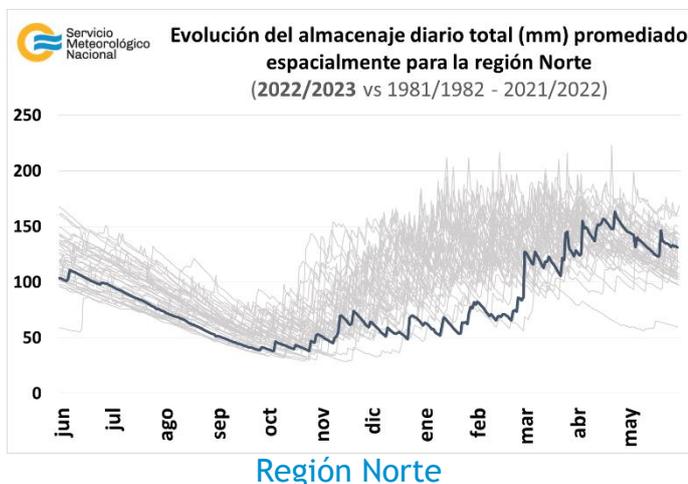
En los gráficos se muestra el almacenaje total diario del último año, en línea gruesa. Las líneas finas corresponden a los mismos días de los años anteriores, desde 1981. La presentación permite apreciar cualitativamente cómo se ubicó la evolución de los últimos doce meses con respecto a la distribución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

En la región Norte se produjo un aumento en el almacenaje de agua en el suelo a mediados de este mes, asociado principalmente a las lluvias ocurridas en Formosa.

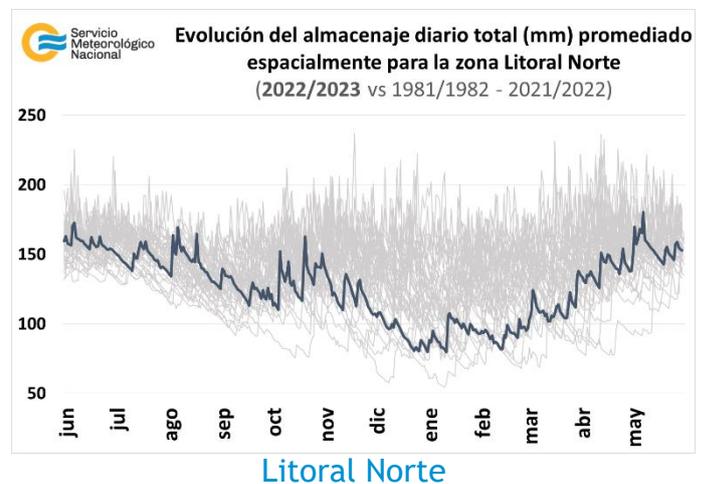
En la zona Litoral Norte se produjeron precipitaciones a lo largo del mes, las más abundantes ocurrieron en los primeros días produciendo una importante recarga de agua en el perfil del suelo.

En sur del Litoral se produjo un marcado aumento de la humedad en el suelo durante los últimos días mes, asociado a abundantes precipitaciones. Esta zona finalizó mayo con excesos hídricos.

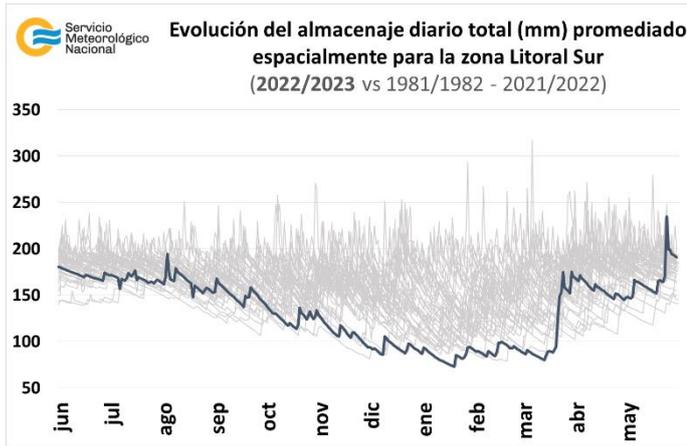
La zona núcleo inició mayo con una humedad edáfica mínima respecto a los 41 años previos y con las lluvias recibidas a lo largo del mes, el almacenaje de agua aumentó notoriamente.



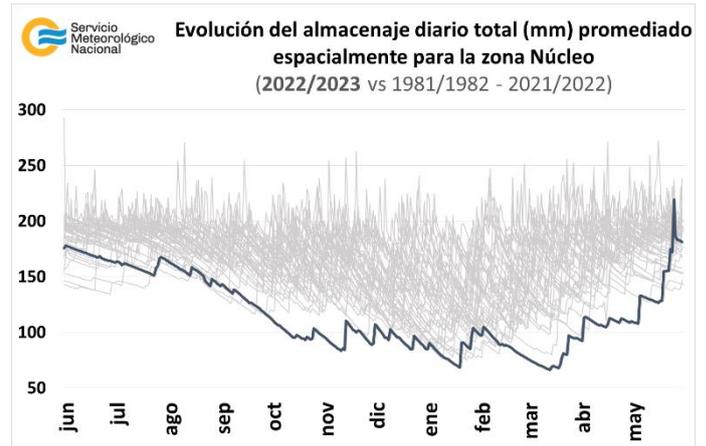
Región Norte



Litoral Norte

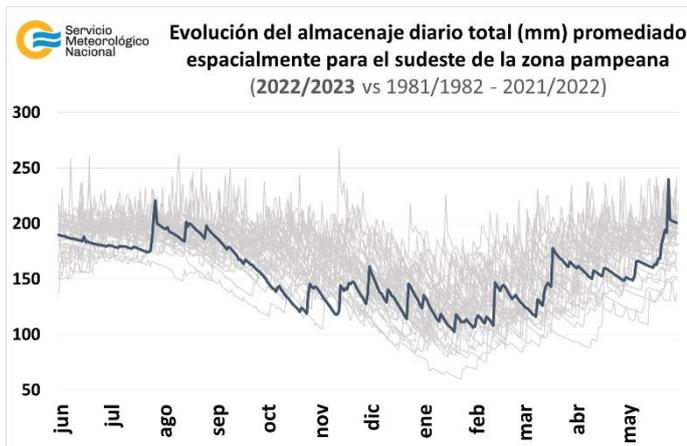


Litoral Sur

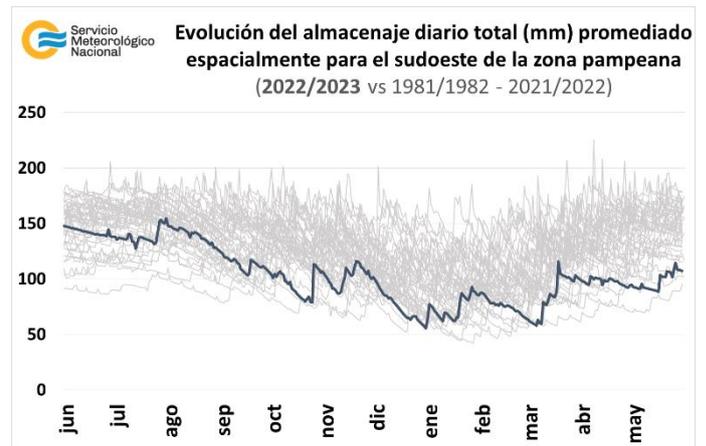


Zona Núcleo

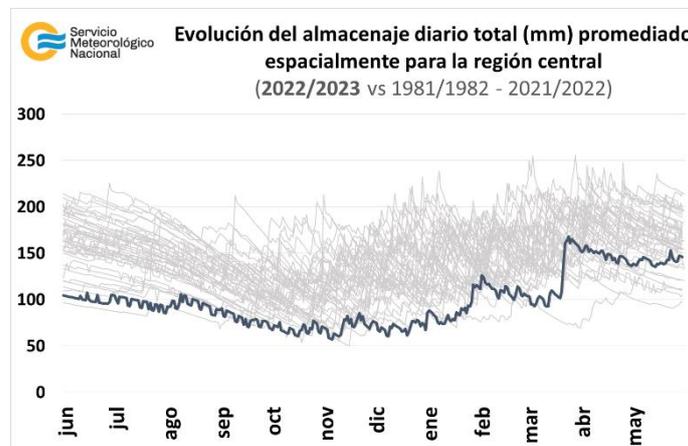
En el sudeste de la pradera Pampeana, el contenido de agua en el suelo presentó un constante aumento debido a las lluvias recibidas a lo largo del mes. Por el contrario, en el sudoeste de la región Pampeana las precipitaciones han sido escasas y el almacenaje de agua en el perfil edáfico es de los más bajos desde 1981. La región central no presenta grandes cambios en la humedad del suelo ya que las lluvias recibidas fueron regulares.



Pampeana sudeste



Pampeana sudoeste

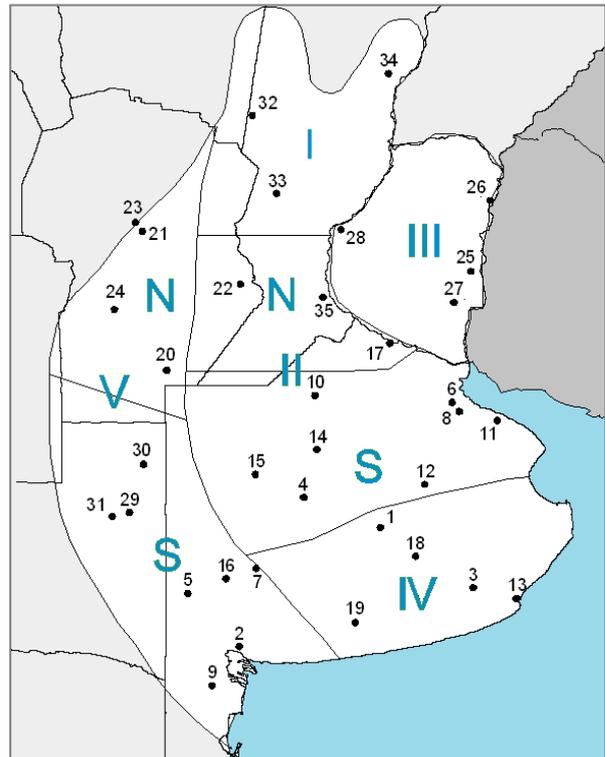


Región Central

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: inició la siembra de trigo. Finalizó la cosecha del maíz y soja de primera ocupación, destinado mayormente a consumo animal. Los lotes tardíos se hallan en etapa de llenado de los granos.

REGIÓN II NORTE: comenzó la siembra de cebada en esta región. Avanza la cosecha de maíz, obteniéndose rendimientos variables según las zonas. Prosigue la trilla de soja con rendimientos muy bajos y con un nivel alto de pérdida de la superficie sembrada.

REGIÓN II SUR: inició la siembra de trigo. Prosigue la cosecha de maíz, con rindes heterogéneos según las zonas. Los maizales tardíos alcanzan la madurez fisiológica y se observan en plena pérdida de humedad de granos. Avanza la cosecha de soja de primera ocupación y comenzó la recolección de las variedades tardías. Avanza la cosecha de sorgo con rindes variables según las zonas.

REGIÓN III: comenzó la siembra de variedades de ciclo largo de trigo de manera puntual. El maíz de siembra tardía transita la etapa de llenado de granos o la madurez. Avanza la cosecha de soja, obteniéndose rendimientos bajos en líneas generales. Continúa la recolección de sorgo granífero con rindes aceptables.

REGIÓN IV: prosigue la cosecha de maíz con destino a consumo animal. Progresan la cosecha de soja de primera ocupación y se inició la recolección de las variedades tardías.

REGIÓN V NORTE: comenzó la siembra de las variedades de trigo de ciclo largo, en condiciones de baja humedad en el perfil edáfico. Avanza la cosecha de maíz de primera ocupación, con destino a reservas forrajeras o consumo animal directo. Los lotes de maíz tardíos se hallan en proceso de pérdida de humedad de granos. Finalizó la cosecha de la soja de primera ocupación, mientras que avanza la recolección de los lotes de segunda y del sorgo granífero.

REGIÓN V SUR: avanza la cosecha de maíz. Finalizó la cosecha de soja de primera ocupación con rendimientos variables según las zonas. La soja de siembra tardía transita la etapa de llenado de granos.

2. INFORME DE TEMPERATURA

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

2.1 PRIMERA DÉCADA

Las temperaturas máximas resultaron inferiores a lo normal en promedio en el centro-este y en el norte del país, debido a la persistencia de las condiciones de mal tiempo, mientras que en la región de Cuyo y la Patagonia se registraron anomalías positivas de temperatura máxima. Respecto a las temperaturas mínimas, predominaron los desvíos negativos en gran parte del territorio nacional, a excepción de la región del Litoral y el sur de la Patagonia. A nivel del suelo, se registraron hasta seis días con helada meteorológica en el sur de la región Pampeana.

DÉCADA 1 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	18.5	22.0	5.0	3.8	-2.1	2.0	11.2	11.8	-0.7
Bahía Blanca	Buenos Aires	19.7	25.2	5.0	5.3	1.8	2.0	12.5	13.0	-0.5
Bolívar	Buenos Aires	20.0	23.6	5.0	4.5	-1.0	2.0	12.3	12.8	-0.5
Coronel Suarez	Buenos Aires	18.3	22.0	5.0	2.3	-0.8	2.0	10.3	11.3	-1.0
Ezeiza	Buenos Aires	20.2	23.2	5.0	8.2	2.6	3.0	14.2	15.0	-0.8
Junín	Buenos Aires	20.9	23.7	4.0	5.9	1.4	3.0	13.4	14.0	-0.6
La Plata	Buenos Aires	19.8	22.3	5.0	8.8	4.1	2.0	14.3	14.3	0.0
Las Flores	Buenos Aires	19.0	21.0	5.0	5.6	1.0	2.0	12.3	13.5	-1.2
Mar Del Plata	Buenos Aires	18.7	22.5	5.0	6.8	2.2	2.0	12.8	12.5	0.2
Nueve de Julio	Buenos Aires	21.2	24.0	4.0	7.0	4.2	3.0	14.1	14.0	0.1
Pehuajó	Buenos Aires	20.8	24.0	7.0	4.2	-1.4	2.0	12.5	13.5	-1.0
Pigüé	Buenos Aires	17.9	23.2	5.0	4.2	0.3	2.0	11.1	11.6	-0.5
Tandil	Buenos Aires	17.9	21.6	5.0	3.8	-2.5	3.0	10.8	11.5	-0.7
Tres Arroyos	Buenos Aires	17.9	23.2	5.0	6.3	3.1	2.0	12.1	12.3	-0.2
Laboulaye	Córdoba	22.3	26.9	7.0	6.2	3.1	1.0	14.3	14.0	0.3
Marcos Juárez	Córdoba	22.7	26.3	7.0	7.3	3.6	4.0	15.0	15.0	0.0
Pilar	Córdoba	21.7	25.7	7.0	9.7	6.2	9.0	15.7	15.2	0.5
Río Cuarto	Córdoba	21.0	25.2	7.0	9.4	7.5	1.0	15.2	14.5	0.7
Concordia	Entre Ríos	21.2	25.2	8.0	12.6	8.4	9.0	16.9	16.5	0.4
Gualeguaychú	Entre Ríos	20.8	23.2	8.0	10.2	6.2	9.0	15.5	15.7	-0.2
Paraná	Entre Ríos	20.8	23.7	10.0	12.7	8.8	3.0	16.8	16.3	0.4
General Pico	La Pampa	22.3	27.0	4.0	5.1	1.8	10.0	13.7	14.0	-0.3
Santa Rosa	La Pampa	21.4	24.4	4.0	5.0	1.8	1.0	13.2	13.0	0.2
Ceres	Santa Fe	22.3	26.5	9.0	12.6	9.8	9.0	17.5	16.9	0.6
Reconquista	Santa Fe	23.0	28.6	1.0	13.5	9.3	10.0	18.3	18.1	0.2
Rosario	Santa Fe	20.9	23.5	7.0	9.6	5.2	3.0	15.2	15.5	-0.3

2.2 SEGUNDA DÉCADA

El norte y centro del país se vio afectado por un flujo de aire cálido del sector norte, generando temperaturas máximas muy elevadas que superaron a los valores normales. Los mayores desvíos se registraron en Córdoba Aero (6.0 °C), Pilar Observatorio (5.8 °C), Villa María del Río Seco, Mendoza Observatorio y Pehuajó Aero (5.5 °C), Córdoba Observatorio, Villa Reynolds y Malargüe Aero (5.4 °C), Laboulaye Aero (5.3 °C), Río cuarto Aero (5.2 °C), Catamarca Aero (5.1 °C) y Mendoza Aero y General Pico (5.0 °C). En cuanto a las mínimas medias, también predominaron las anomalías positivas, con excepción de una franja en el norte patagónico donde los registros fueron aproximadamente normales, y el Litoral y parte del Norte argentino, donde resultaron inferiores al promedio.

Avanza la temporada con mayor frecuencia de temperaturas frías al nivel del suelo, aunque en esta década las localidades de la mitad norte de la región analizada continúan exentas de heladas.

DÉCADA 2 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	20.2	25.3	14.0	6.0	1.2	20.0	13.1	10.5	2.6
Bahía Blanca	Buenos Aires	21.9	29.6	15.0	7.3	-1.6	20.0	14.6	11.6	3.0
Bolívar	Buenos Aires	22.6	29.1	15.0	7.5	2.0	20.0	15.1	11.5	3.6
Coronel Suarez	Buenos Aires	20.7	27.2	15.0	5.7	-1.0	20.0	13.2	9.8	3.4
Ezeiza	Buenos Aires	21.7	26.6	14.0	10.5	5.3	12.0	16.1	13.7	2.4
Junín	Buenos Aires	22.6	28.4	15.0	8.8	6.0	19.0	15.7	12.8	2.9
La Plata	Buenos Aires	21.3	25.5	15.0	9.8	4.6	12.0	15.5	13.1	2.4
Las Flores	Buenos Aires	20.9	27.5	14.0	8.6	3.5	20.0	14.7	12.1	2.6
Mar Del Plata	Buenos Aires	19.1	24.9	16.0	7.3	4.4	11.0	13.2	11.5	1.7
Nueve de Julio	Buenos Aires	23.0	29.0	15.0	9.3	5.8	20.0	16.2	12.5	3.7
Pehuajó	Buenos Aires	23.7	29.0	15.0	8.3	1.6	20.0	16.0	12.0	4.0
Pigüé	Buenos Aires	19.9	27.0	15.0	7.2	0.7	20.0	13.6	10.0	3.6
Tandil	Buenos Aires	19.1	24.0	14.0	4.2	-0.5	20.0	11.7	10.2	1.5
Tres Arroyos	Buenos Aires	20.0	25.0	16.0	8.6	2.8	20.0	14.3	11.0	3.3
Laboulaye	Córdoba	24.5	30.7	15.0	9.6	6.1	20.0	17.1	12.5	4.6
Marcos Juárez	Córdoba	24.6	29.5	15.0	8.8	6.6	14.0	16.7	13.6	3.1
Pilar	Córdoba	25.8	30.2	14.0	11.5	8.6	14.0	18.7	13.8	4.9
Río Cuarto	Córdoba	24.0	30.3	15.0	10.8	7.4	18.0	17.4	12.9	4.5
Concordia	Entre Ríos	23.3	25.9	16.0	10.7	4.9	12.0	17.0	15.7	1.3
Gualeguaychú	Entre Ríos	23.6	27.8	15.0	10.3	4.5	12.0	16.9	14.7	2.2
Paraná	Entre Ríos	22.3	26.0	15.0	12.1	9.2	12.0	17.2	15.1	2.1
General Pico	La Pampa	23.7	29.8	15.0	7.8	0.5	20.0	15.8	12.3	3.5
Santa Rosa	La Pampa	22.5	28.5	15.0	7.0	-0.2	20.0	14.7	11.3	3.4
Ceres	Santa Fe	26.1	29.5	17.0	12.2	9.3	12.0	19.2	15.6	3.6
Reconquista	Santa Fe	26.9	29.7	15.0	13.3	8.5	12.0	20.1	17.1	3.0
Rosario	Santa Fe	22.7	26.2	14.0	10.5	8.9	13.0	16.6	14.3	2.3

2.3 TERCERA DÉCADA

Las temperaturas máximas mostraron anomalías positivas en todo el país, las mayores diferencias respecto a la mediana estuvieron en Misiones. Por su parte, las mínimas fueron superiores al promedio en casi todo el territorio, se destacó una gran región con apartamientos mayores a 4°C en el centro y norte del país.

Pese a que las mínimas estuvieron por encima de la normal en la región Pampeana, también se produjeron heladas en este sector.

DÉCADA 3 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		TEMPERATURA MÁXIMA			TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MEDIA		
Localidad	Provincia	MED	ABS	DIA	MED	ABS	DIA	MED	PRO	DN
Azul	Buenos Aires	16.3	20.4	24.0	7.4	-3.2	28.0	11.8	9.3	2.5
Bahía Blanca	Buenos Aires	17.0	21.2	31.0	5.3	-3.3	28.0	11.2	9.8	1.4
Bolívar	Buenos Aires	17.6	22.7	24.0	7.9	-3.5	28.0	12.8	10.0	2.8
Coronel Suarez	Buenos Aires	14.9	18.4	31.0	4.4	-5.5	28.0	9.6	8.3	1.3
Ezeiza	Buenos Aires	19.0	22.6	24.0	10.5	0.8	28.0	14.7	12.3	2.4
Junín	Buenos Aires	19.1	22.7	31.0	9.9	-1.5	28.0	14.5	11.4	3.1
La Plata	Buenos Aires	18.2	22.4	24.0	10.3	1.2	28.0	14.2	11.7	2.5
Las Flores	Buenos Aires	17.7	20.5	24.0	9.3	0.1	28.0	13.5	10.6	2.9
Mar Del Plata	Buenos Aires	16.6	20.1	26.0	8.5	1.3	29.0	12.6	10.4	2.2
Nueve de Julio	Buenos Aires	18.7	23.0	24.0	9.9	-0.1	28.0	14.3	11.0	3.3
Pehuajó	Buenos Aires	18.1	22.3	24.0	7.8	-2.2	28.0	13.0	10.3	2.7
Pigüé	Buenos Aires	14.8	20.0	22.0	5.5	-3.1	28.0	10.1	8.3	1.8
Tandil	Buenos Aires	16.1	20.1	24.0	5.6	-3.1	28.0	10.9	9.0	1.9
Tres Arroyos	Buenos Aires	16.3	21.3	24.0	7.9	-0.9	28.0	12.1	9.5	2.6
Laboulaye	Córdoba	19.8	23.6	24.0	9.4	0.7	28.0	14.6	10.9	3.7
Marcos Juárez	Córdoba	20.8	25.7	24.0	11.6	3.9	29.0	16.2	12.0	4.2
Pilar	Córdoba	21.1	25.1	23.0	11.5	5.0	30.0	16.3	12.3	4.0
Río Cuarto	Córdoba	19.3	23.0	22.0	9.6	5.2	28.0	14.5	11.4	3.1
Concordia	Entre Ríos	21.5	27.8	25.0	13.7	5.6	29.0	17.6	14.1	3.5
Gualeduaychú	Entre Ríos	20.0	25.4	23.0	12.1	3.0	29.0	16.1	13.1	3.0
Paraná	Entre Ríos	20.9	25.1	23.0	13.3	5.8	29.0	17.1	13.8	3.3
General Pico	La Pampa	18.5	22.4	22.0	8.1	-0.5	28.0	13.3	10.4	2.9
Santa Rosa	La Pampa	17.0	21.3	31.0	7.3	-1.8	28.0	12.2	9.7	2.5
Ceres	Santa Fe	23.1	31.0	24.0	14.7	7.0	29.0	18.9	14.2	4.7
Reconquista	Santa Fe	24.4	31.4	24.0	16.2	7.6	29.0	20.3	15.5	4.8
Rosario	Santa Fe	20.0	22.7	23.0	12.2	3.7	28.0	16.1	12.9	3.2

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 MAYO 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	01/04	25/03	14/04	29/04	01/04
Bahía Blanca	Buenos Aires	30/03	13/04	20/05	11/05	05/05
Balcarce	Buenos Aires	SD	04/05	SD	04/06	SD
Bolívar	Buenos Aires	18/02	09/04	02/05	17/05	18/02
Bordenave	Buenos Aires	SD	19/03	SD	07/05	SD
Castelar	Buenos Aires	SD	02/05	SD	05/06	SD
Coronel Suarez	Buenos Aires	18/02	18/03	13/04	24/04	01/04
Ezeiza	Buenos Aires	03/05	06/05	-	08/06	X
Hilario Ascasubi	Buenos Aires	SD	13/04	SD	12/05	SD
Junín	Buenos Aires	18/02	25/04	28/05	21/05	18/02
La Plata	Buenos Aires	28/05	10/05	-	09/06	-
Las Flores	Buenos Aires	01/04	15/04	-	17/05	X
Mar Del Plata	Buenos Aires	15/04	16/04	-	22/05	21/05
Nueve de Julio	Buenos Aires	28/05	10/05	28/05	06/06	X
Pehuajó	Buenos Aires	01/04	25/04	14/04	23/05	-
Pigüé	Buenos Aires	13/04	26/03	27/05	27/04	13/04
San Pedro	Buenos Aires	SD	04/05	SD	10/06	SD
Tandil	Buenos Aires		08/03	02/05	30/04	01/04
Tres Arroyos	Buenos Aires	20/05	20/04	28/05	21/05	-
Laboulaye	Córdoba	28/05	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	29/05	14/05	-	11/06	X
Paraná	Entre Ríos	-	11/06	-	27/06	X
Anguil	La Pampa	-	29/03	-	25/04	-
General Pico	La Pampa	13/04	23/04	28/05	17/05	-
Santa Rosa	La Pampa	01/05	14/04	20/05	11/05	-
Ceres	Santa Fe	-	22/05	-	17/06	-
Rafaela	Santa Fe	SD	08/05	SD	05/06	SD
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 5 cm del suelo.

2.5 GRADOS DÍA

MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		GRADOS DÍAS Acumulados desde el 1 de mayo				Días con T _{mín} <2°C
		BASE 5		BASE 10		
Localidad	Provincia	Mes	Acum	Mes	Acum	
Azul	Buenos Aires	218.5	218.5	83.8	83.8	8
Bahia Blanca	Buenos Aires	239.3	239.3	99.8	99.8	5
Bolívar	Buenos Aires	258.7	258.7	115.4	115.4	6
Coronel Suarez	Buenos Aires	188.5	188.5	58.3	58.3	9
Ezeiza	Buenos Aires	310.1	310.1	157.6	157.6	1
Junín	Buenos Aires	295.9	295.9	145.4	145.4	3
La Plata	Buenos Aires	299.7	299.7	148.7	148.7	2
Las Flores	Buenos Aires	264.0	264.0	116.6	116.6	3
Mar Del Plata	Buenos Aires	242.4	242.4	93.6	93.6	2
Nueve de Julio	Buenos Aires	304.6	304.6	152.5	152.5	1
Pehuajó	Buenos Aires	272.7	272.7	125.5	125.5	5
Pigüé	Buenos Aires	204.3	204.3	72.0	72.0	5
Tandil	Buenos Aires	190.2	190.2	59.8	59.8	8
Tres Arroyos	Buenos Aires	242.0	242.0	96.6	96.6	1
Laboulaye	Córdoba	319.3	319.3	165.4	165.4	1
Marcos Juárez	Córdoba	340.0	340.0	185.6	185.6	0
Pilar	Córdoba	368.1	368.1	213.1	213.1	0
Río Cuarto	Córdoba	330.3	330.3	175.3	175.3	0
Concordia	Entre Ríos	377.8	377.8	222.8	222.8	0
Guauguaychú	Entre Ríos	345.8	345.8	192.7	192.7	0
Paraná	Entre Ríos	372.4	372.4	217.4	217.4	0
General Pico	La Pampa	286.4	286.4	136.0	136.0	3
Santa Rosa	La Pampa	257.8	257.8	112.3	112.3	3
Ceres	Santa Fe	419.3	419.3	264.3	264.3	0
Reconquista	Santa Fe	451.6	451.6	296.6	296.6	0
Rosario	Santa Fe	340.4	340.4	186.1	186.1	0

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

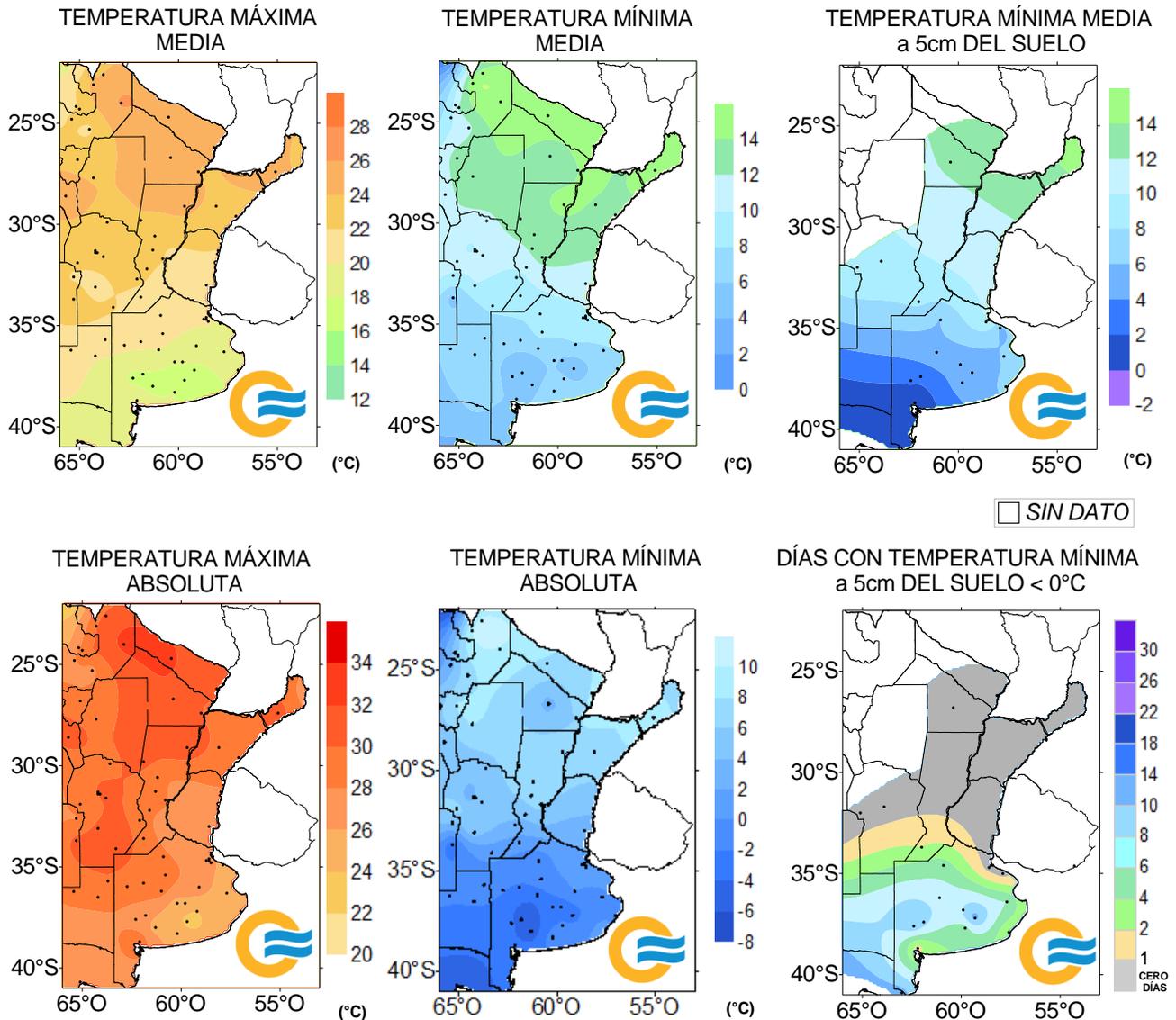
MES: grados día acumulados en el mes

TMáx: temperatura máxima (°C)

SD: sin datos por datos faltantes.

2.6 MAPAS DE TEMPERATURA

MAYO 2023



3. INFORME DE PRECIPITACIÓN

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

3.1 PRIMERA DÉCADA

En el comienzo del mes, el pasaje de un frente frío por el centro-este del país y que permaneció en el noreste hasta mitad del período, generó precipitaciones de variada intensidad. A partir del día 6/5, se produjo una ciclogénesis cuyo frente frío afectó al centro-este del país y a la región del Litoral. Los principales acumulados de precipitación de esta década se registraron en Ituzaingó (186 mm); Posadas (156,7 mm); Bernardo de Irigoyen (143,2 mm); Resistencia (100 mm); Oberá (91 mm); Formosa (67,3 mm); Corrientes (67 mm); Paraná (45,4 mm); Rosario (43,2 mm); Junín (31,5 mm) y Tres Arroyos (39,3 mm).

En el noreste del país se registran excesos hídricos de manera puntual. En la región pampeana persisten las condiciones de sequía, a excepción de algunas localidades que, de forma aislada, presentaron una humedad de suelo regular o buena.

DÉCADA 1 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	24.2	8.7	1	24.0	6
Bahía Blanca	Buenos Aires	0.0	-16.2	0	-	-
Bolívar	Buenos Aires	9.0	-15.2	2	7.0	6
Coronel Suarez	Buenos Aires	10.0	-8.6	1	10.0	6
Ezeiza	Buenos Aires	17.6	-9.4	1	17.0	5
Junín	Buenos Aires	31.5	6.2	1	31.0	5
La Plata	Buenos Aires	32.0	-2.2	2	28.0	5
Las Flores	Buenos Aires	20.0	0.3	2	16.0	5
Mar Del Plata	Buenos Aires	18.0	0.3	2	12.0	6
Nueve de Julio	Buenos Aires	13.9	-9.1	1	13.0	5
Pehuajó	Buenos Aires	2.8	-18.0	1	2.0	5
Pigüé	Buenos Aires	0.5	-18.1	0	-	-
Tandil	Buenos Aires	21.1	5.0	1	21.0	6
Tres Arroyos	Buenos Aires	39.3	20.4	1	39.0	6
Laboulaye	Córdoba	5.2	-5.8	1	5.0	5
Marcos Juárez	Córdoba	13.0	-1.4	1	13.0	5
Pilar	Córdoba	13.0	1.4	2	10.0	4
Río Cuarto	Córdoba	0.1	-10.7	0	-	-
Concordia	Entre Ríos	12.6	-33.5	2	7.0	5
Gualeguaychú	Entre Ríos	17.0	-10.8	1	16.0	5
Paraná	Entre Ríos	45.4	19.0	2	39.0	5
General Pico	La Pampa	6.0	-7.6	1	6.0	6
Santa Rosa	La Pampa	0.0	-10.7	0	-	-
Ceres	Santa Fe	21.2	3.2	2	17.0	5
Reconquista	Santa Fe	3.4	-29.6	1	2.0	4
Rosario	Santa Fe	43.2	19.5	1	43.0	5

3.2 SEGUNDA DÉCADA

Sucesivos sistemas frontales atravesaron la Patagonia, aunque las precipitaciones del lado argentino de la cordillera fueron escasas o nulas. El norte del país se vio mayormente afectado por la presencia del anticiclón del Atlántico frente a las costas de Buenos Aires, que determinó una circulación casi constante de aire cálido y húmedo proveniente del sector norte.

Hacia el día 17/5 se activó un frente estacionario en la zona de La Pampa, oeste de Buenos Aires, sur de Santa Fe y parte de Cuyo que produjo precipitaciones dispares en la región. En los días subsiguientes el sistema se desplazó hacia el norte, generando condiciones de inestabilidad atmosférica a su paso.

Estos eventos representaron los únicos desvíos positivos de precipitación en la década, con un núcleo principal alrededor de la localidad de Las Lomitas, en la provincia de Formosa, donde la diferencia entre la lluvia observada y la mediana fue de 117 mm. Las recargas hídricas recibidas en el periodo no fueron suficientes para salir de la calificación de sequía en la mayoría de las estaciones. La zona núcleo productiva y casi todo el centro del país permanecen con escasos contenidos de humedad del suelo, mientras que el extremo norte, parte del NOA, el norte del litoral y el centro sur bonaerense registran condiciones regulares o buenas, de acuerdo con el índice analizado.

DÉCADA 2 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	10.0	-14.1	2	7.0	17
Bahia Blanca	Buenos Aires	12.0	-1.7	1	12.0	17
Bolívar	Buenos Aires	27.8	7.9	1	27.0	17
Coronel Suarez	Buenos Aires	18.0	2.0	1	18.0	17
Ezeiza	Buenos Aires	31.5	7.4	1	31.0	19
Junín	Buenos Aires	36.0	6.7	3	24.0	19
La Plata	Buenos Aires	28.0	6.0	1	28.0	19
Las Flores	Buenos Aires	23.0	4.5	1	23.0	19
Mar Del Plata	Buenos Aires	0.2	-18.9	0	-	-
Nueve de Julio	Buenos Aires	23.1	2.7	2	16.0	19
Pehuajó	Buenos Aires	21.0	-2.1	3	14.0	17
Pigüé	Buenos Aires	17.0	4.0	1	17.0	17
Tandil	Buenos Aires	3.5	-17.6	1	3.0	17
Tres Arroyos	Buenos Aires	26.0	8.8	1	26.0	17
Laboulaye	Córdoba	22.0	4.4	1	22.0	17
Marcos Juárez	Córdoba	20.0	5.3	2	16.0	17
Pilar	Córdoba	3.7	-3.3	1	3.0	17
Río Cuarto	Córdoba	0.5	-8.3	0	-	-
Concordia	Entre Ríos	29.0	-10.6	2	26.0	19
Gualedguaychú	Entre Ríos	4.7	-22.5	1	4.0	19
Paraná	Entre Ríos	27.0	5.2	2	20.0	19
General Pico	La Pampa	23.0	9.3	1	22.0	17
Santa Rosa	La Pampa	16.0	0.3	1	16.0	17
Ceres	Santa Fe	58.0	42.1	2	50.0	19
Reconquista	Santa Fe	7.0	-17.9	1	7.0	20
Rosario	Santa Fe	18.0	-2.5	3	7.0	17

3.3 TERCERA DÉCADA

DÉCADA 3 MAYO 2023

ESTACIONES METEOROLÓGICAS		PRECIPITACIÓN				
Localidad	Provincia	PD	DN	DLLu	MAX	DIA
Azul	Buenos Aires	45.1	28.5	4	18.0	25
Bahía Blanca	Buenos Aires	2.0	-9.6	1	2.0	21
Bolívar	Buenos Aires	32.0	17.4	3	12.0	21
Coronel Suarez	Buenos Aires	20.0	9.4	2	14.0	21
Ezeiza	Buenos Aires	107.0	87.9	2	96.0	25
Junín	Buenos Aires	27.0	5.9	4	20.0	25
La Plata	Buenos Aires	88.3	66.5	4	69.0	25
Las Flores	Buenos Aires	105.2	81.2	4	54.0	25
Mar Del Plata	Buenos Aires	72.2	49.0	4	46.0	25
Nueve de Julio	Buenos Aires	33.6	17.7	2	26.0	25
Pehuajó	Buenos Aires	24.0	12.6	3	13.0	25
Pigüé	Buenos Aires	9.0	-2.6	1	8.0	21
Tandil	Buenos Aires	53.7	35.2	3	32.0	25
Tres Arroyos	Buenos Aires	17.3	1.4	2	13.0	21
Laboulaye	Córdoba	4.0	-6.4	1	4.0	25
Marcos Juárez	Córdoba	8.0	0.1	3	4.0	23
Pilar	Córdoba	0.0	-5.3	0	-	-
Río Cuarto	Córdoba	0.2	-9.4	0	-	-
Concordia	Entre Ríos	7.3	-18.5	1	5.0	26
Guaquaychú	Entre Ríos	138.3	111.5	4	72.0	24
Paraná	Entre Ríos	175.0	159.7	3	152.0	24
General Pico	La Pampa	3.0	-3.2	1	3.0	25
Santa Rosa	La Pampa	4.0	-1.6	1	4.0	25
Ceres	Santa Fe	3.7	-2.1	1	2.0	21
Reconquista	Santa Fe	7.9	-9.1	1	7.0	21
Rosario	Santa Fe	127.2	113.7	3	70.0	23

Las precipitaciones más abundantes se registraron en el centro de Santa Fe, centro de Entre Ríos y algunas localidades del este y sur de Buenos Aires. Los desvíos fueron superiores a la media en el norte de Cuyo, norte de Córdoba, centro y sur de Santa Fe, Entre Ríos y parte del norte y este de Buenos Aires. Se registraron récords de precipitación decádica en Paraná (175 mm) y en Rosario (127.2 mm). También hubo récords de precipitación diaria en: Sunchales Aero, 140 mm el día 23/05/2023; Paraná Aero, 134 mm el día 24/05/2023; y en Merlo, 85 mm el día 25/05/2023.

En el centro y sur de Santa Fe, Entre Ríos y noreste y este de Buenos Aires se recargaron de humedad los suelos como consecuencia de las lluvias recibidas.

Debido a la disparidad de las precipitaciones, las condiciones hídricas de los suelos en la región Pampeana presentan diversas categorías que van de excesos a sequía.

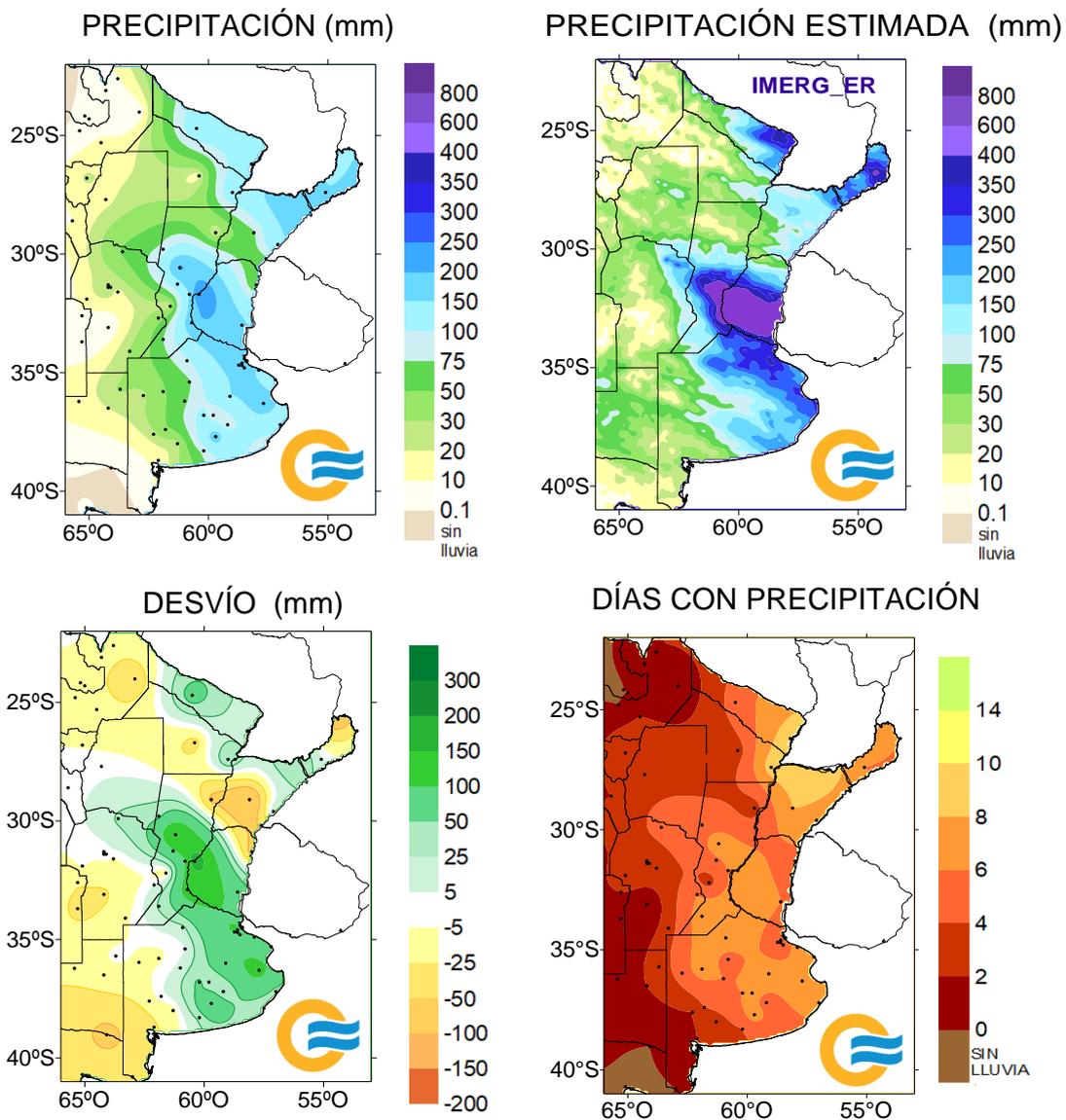
Referencias correspondientes a las tablas de precipitación por década.

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

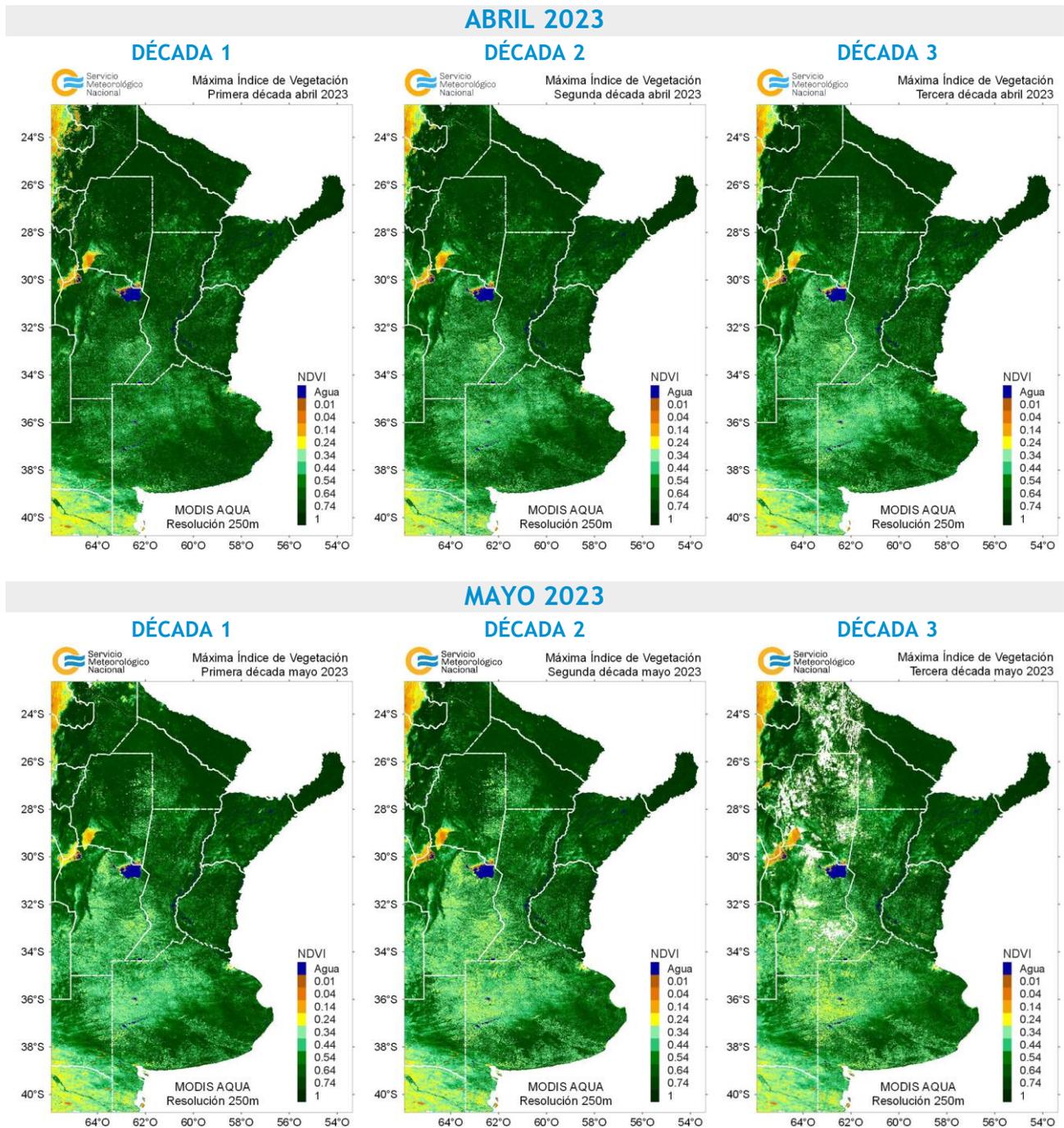
MAYO 2023



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 abril y mayo de 2023. Este índice se encuentra estrechamente relacionado con el desarrollo de la vegetación y las condiciones climáticas. Con el avance de las décadas se observa una marcada disminución de la actividad fotosintética debido al progreso de la cosecha de los cultivos de verano.



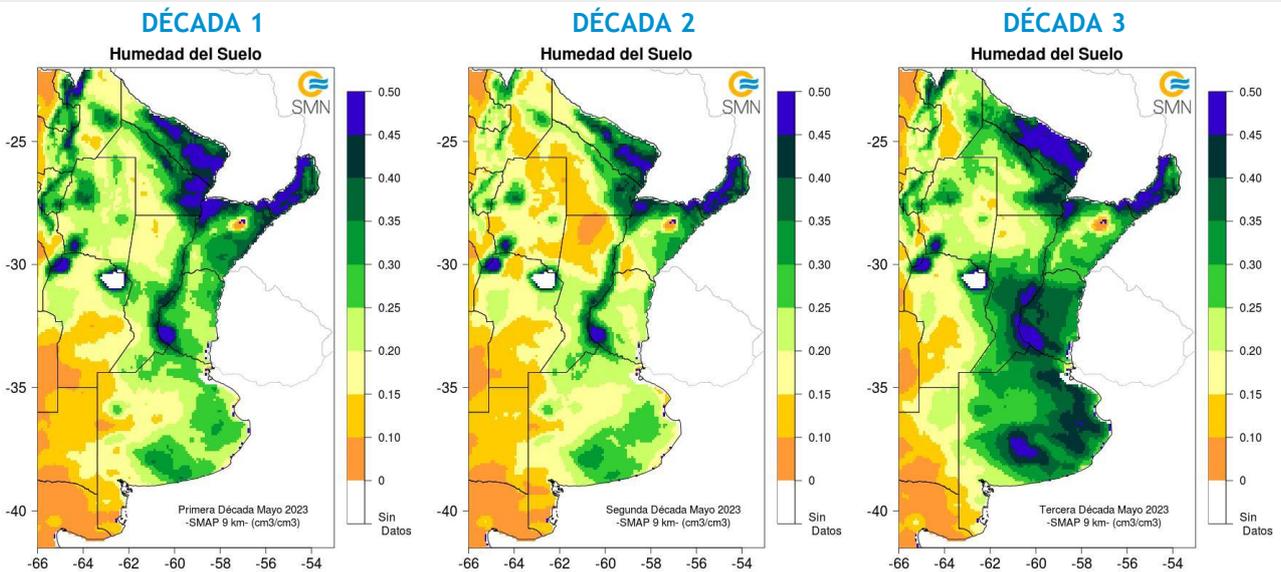
4.2. HUMEDAD DEL SUELO

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.

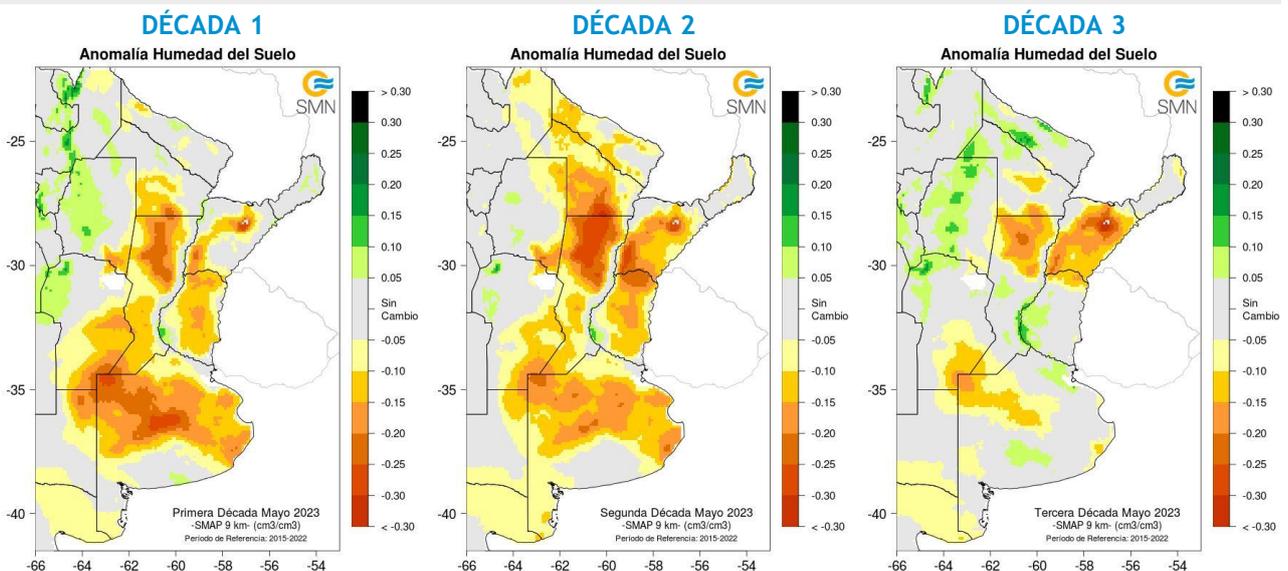
Los valores de la estimación son una representación de la humedad volumétrica del suelo (m³/m³), es decir, la relación entre el volumen de agua y el volumen total del suelo (considerando la fase sólida, líquida y gaseosa presente en el suelo).

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 2023 respecto al periodo 2015-2022, para cada década.

MAYO 2023 HUMEDAD DEL SUELO



ANOMALÍA DE LA HUMEDAD DEL SUELO

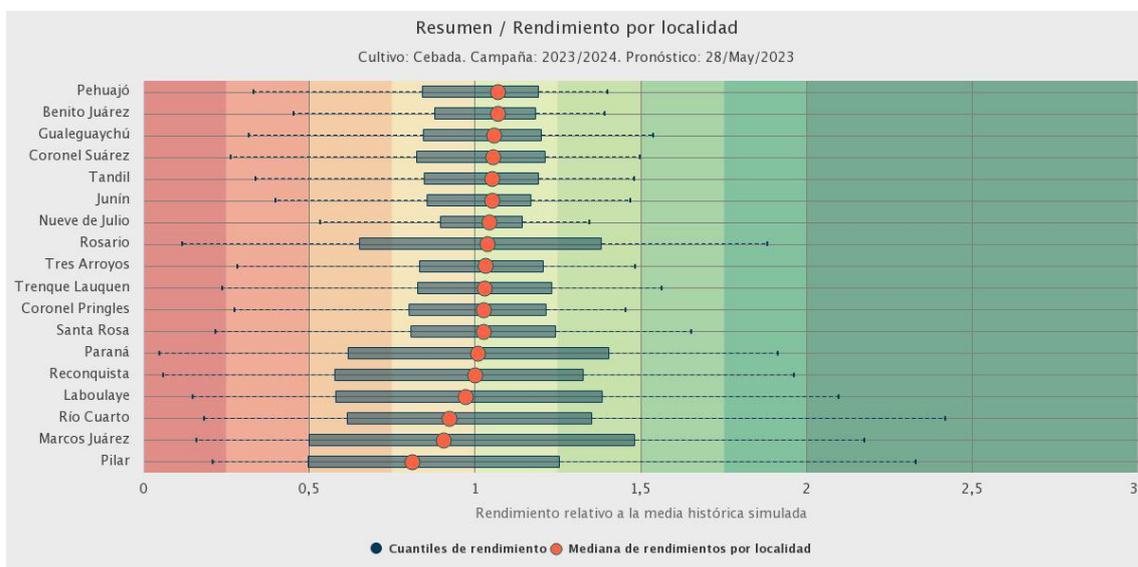
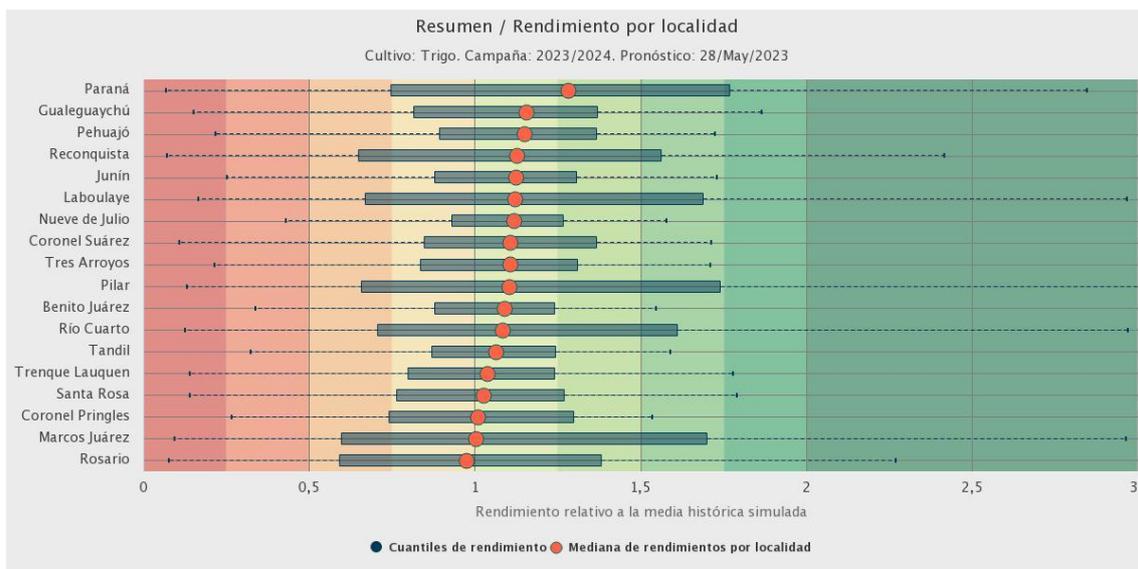


Se produjeron lluvia a lo largo de mayo y las más abundantes ocurrieron en la tercera década, produciendo un marcado aumento en el contenido de agua en el suelo, sin embargo esta humedad es inferior al promedio 2015-2022.

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 trigo y cebada. En este boletín se presenta el pronóstico obtenido el día 28/05/2023 (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 trigo y la cebada en formato de box plot, relativo al valor medio histórico simulado. Las perspectivas de rindes prevén valores por encima de la mediana para cada localidad (en promedio) a excepción de Rosario para el trigo, y de las zonas ubicadas en la región V en el caso de la cebada.



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 Aqua con una resolución espacial de 250 metros.

HUMEDAD DEL SUELO

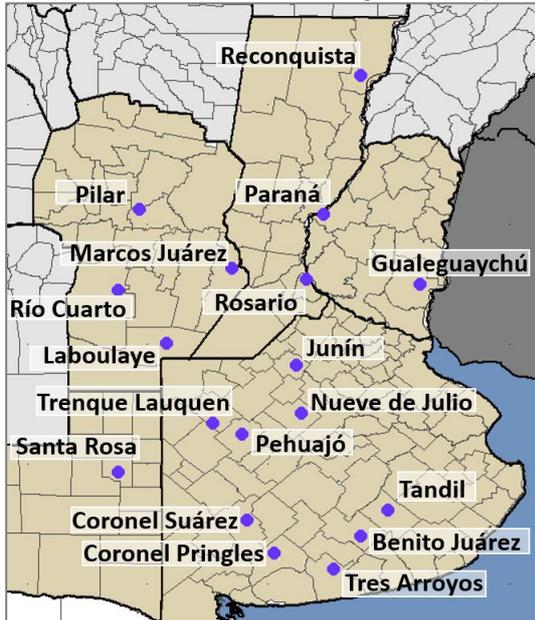
La información satelital con la que realiza este producto proviene del sensor de Humedad del Suelo Activo Pasivo (SMAP, por sus siglas en inglés). Una misión de la NASA que tiene por objetivo estimar la humedad del suelo, a una profundidad de 5 cm, a partir de un radiómetro de microondas en banda L (1.41 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 2015- 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 Pántano²

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.gov.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.

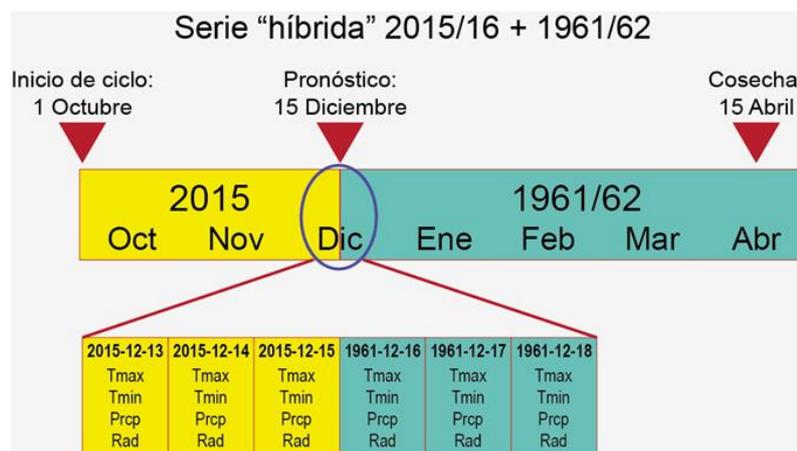


Figura 2: Construcción de una serie híbrida en base a datos observados y datos climáticos históricos.(<https://prorindes.smn.gob.ar/>)

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.

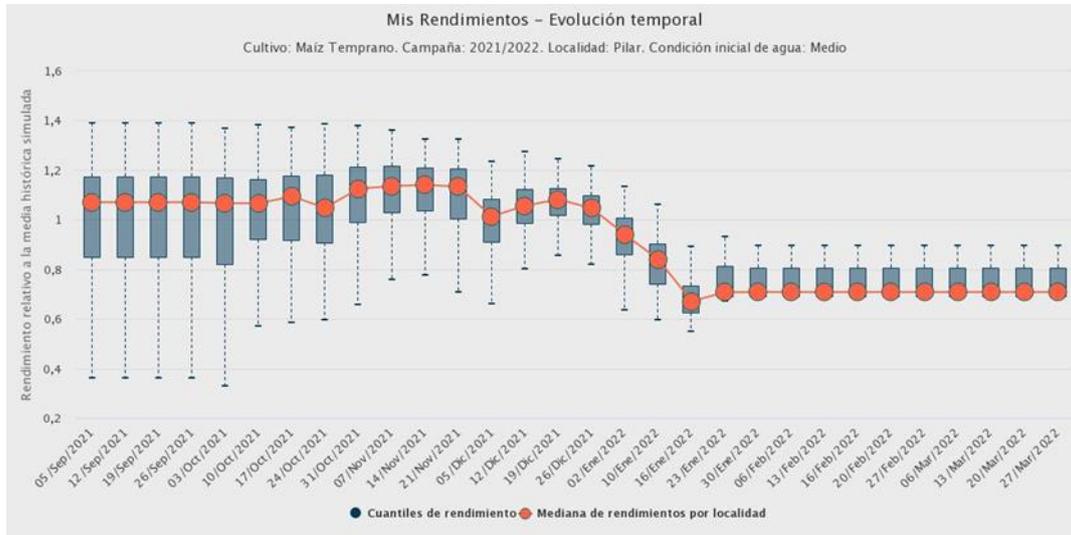


Figura 4: Evolución de los pronósticos de rendimiento para el maíz de siembra temprana en la localidad de Pilar, con una condición inicial de agua media y para los diferentes suelos tipificados en la localidad, durante la campaña agrícola 2021/2022.

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.

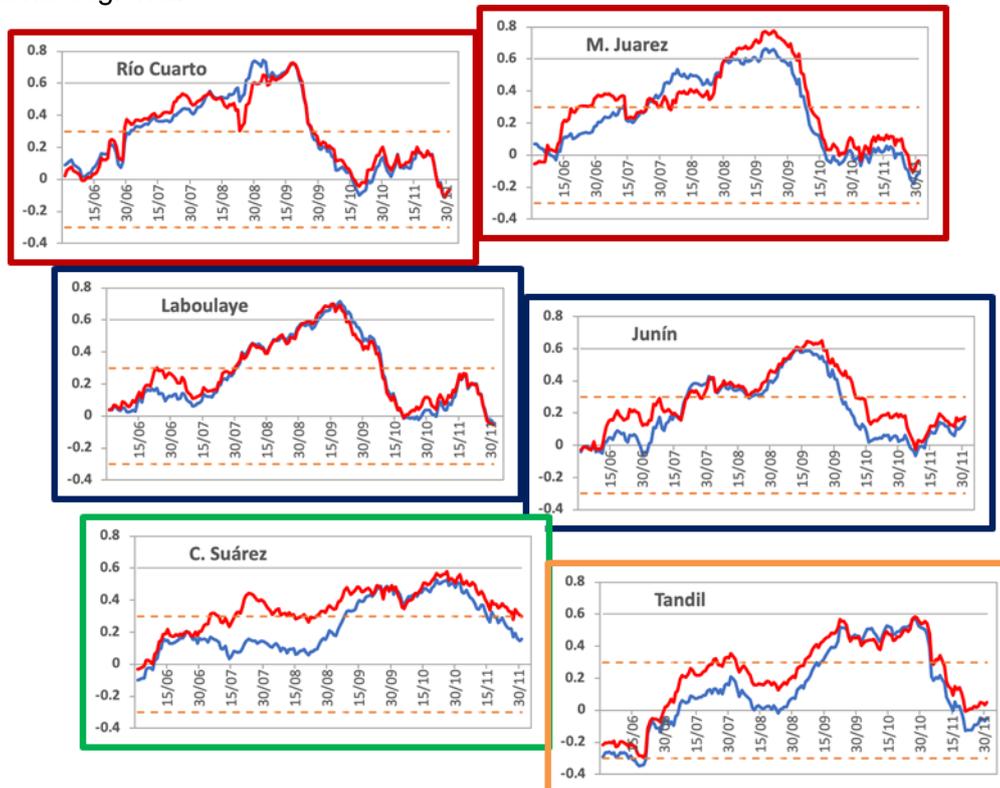


Figura 5: Series de coeficiente de correlación entre precipitación acumulada en ventanas móviles de 30 días y el rendimiento medio con bajo (línea roja) y alto (línea azul) contenido de agua inicial. Las líneas punteadas indican los umbrales de significancia.

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.

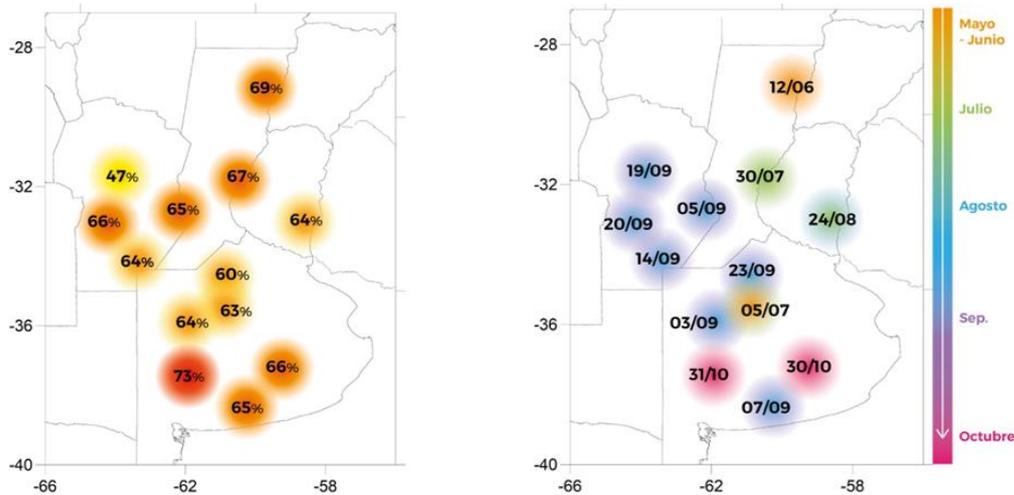


Figura 6: Máxima Probabilidad de bajos rendimientos asociados a escasas precipitaciones, en ventana de 30 días (izquierda) y fechas (indicando el final de la ventana de 30 días) en la cual estas probabilidades máximas ocurren (derecha).

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).

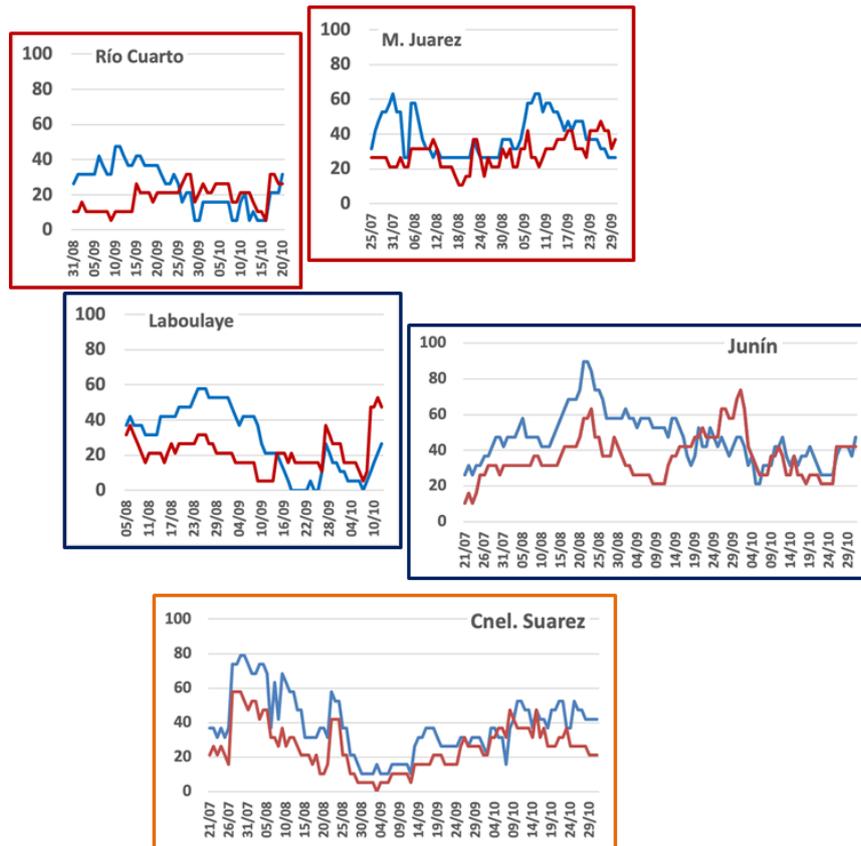


Figura 7: Probabilidad de tener bajos rendimientos (menores al percentil 33) con escasas precipitaciones en 30 días (menores al percentil 33) en eventos El Niño (curva roja); La Niña (curva azul). Utilizando simulaciones con bajo contenido de agua inicial.

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.

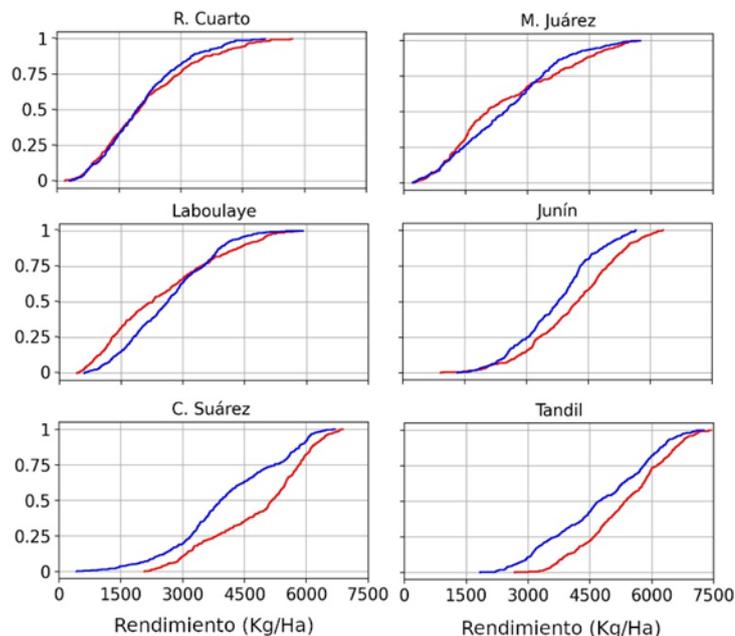


Figura 8: Función de distribución acumulada de los rendimientos con bajos contenidos de agua inicial en años El Niño (curva roja) y años La Niña (curva azul).

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