

## AGROCLIMA: CÓMO ESTAMOS Y QUÉ PODEMOS ESPERAR

Guadalupe Tiscornia<sup>1</sup>, Adrián Cal<sup>1</sup>, Carlos Schiavi<sup>1</sup>, Gabriel García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad GRAS, gtiscornia@inia.org.uy

Palabras clave: monitoreo, variables ambientales, agua en el suelo, horas de frío, perspectivas.

### Síntesis de la situación agroclimática del período otoño-invierno

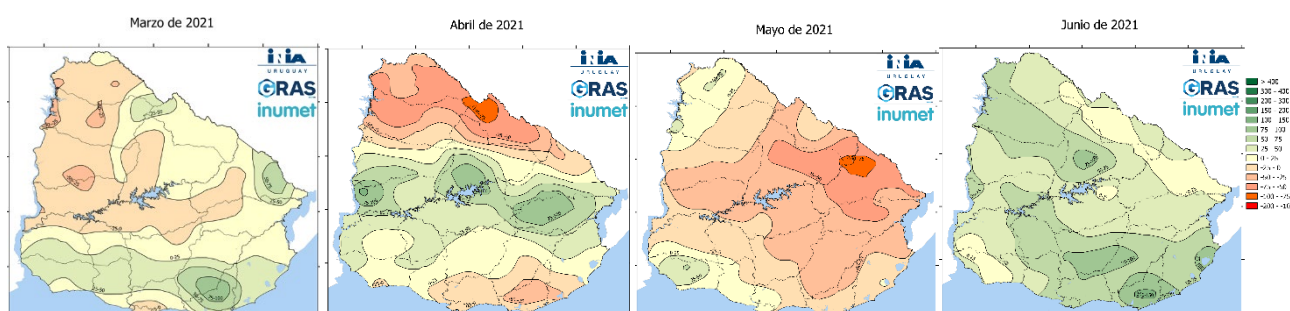
El monitoreo de la situación agroclimática se viene monitoreando desde hace más de 20 años por parte de la Unidad GRAS de INIA Uruguay. Las variables analizadas, así como otra información, alertas, productos y herramientas, están disponibles a través de su web: [www.inia.org.uy/gras](http://www.inia.org.uy/gras). En el caso de las temperaturas media del aire, la información proviene del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET).

En este caso, se analizará la situación agroclimática del período otoño – invierno, comprendiendo a los meses de marzo, abril y mayo, y a los primeros 20 días de julio.

### Precipitaciones

Las precipitaciones acumuladas mensuales a nivel nacional se analizaron a través de las anomalías. Se define como anomalía mensual a la diferencia entre el valor de precipitación actual menos el valor de la mediana (percentil 50%) histórica. Los valores negativos, representados con colores rojos, significan registros por debajo de la normal o del valor histórico esperado para el período. Tonos de verde representan registros superiores a la normal. La serie histórica considerada para la realización de estos análisis refiere al período 1961-2009.

Como se puede ver en la figura 1, las precipitaciones tuvieron un comportamiento variado a nivel del territorio, siendo junio el único mes en que se registraron valores mayores a los esperados en todo el país.



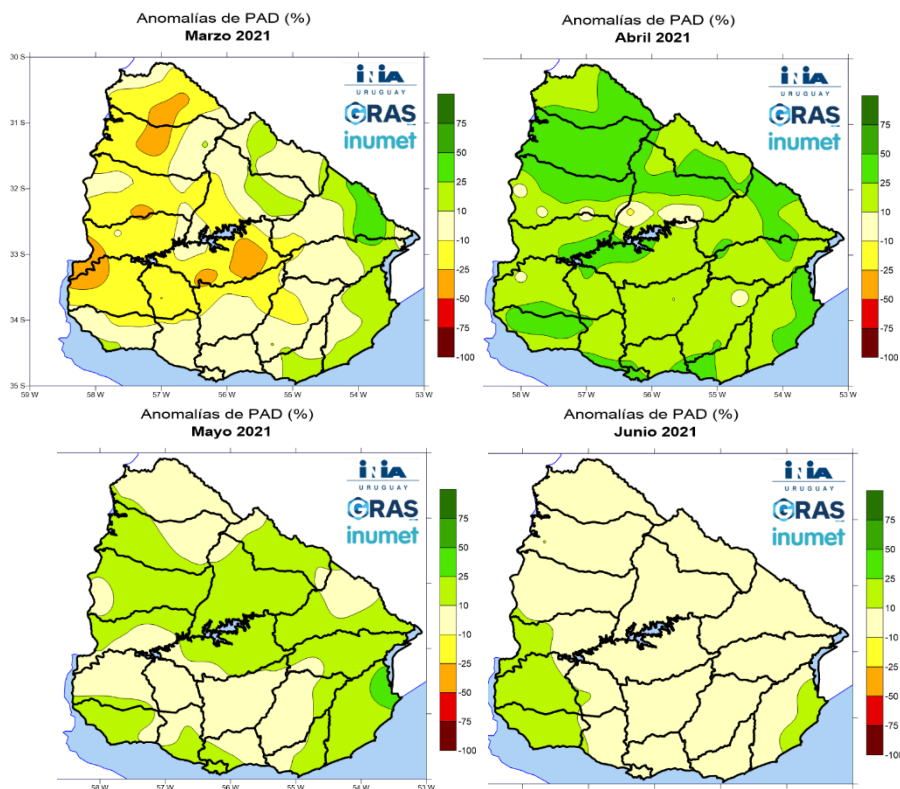
**Figura 1.** Mapas de anomalía de precipitaciones a nivel nacional para los meses de marzo, abril, mayo y junio (<http://www.inia.org.uy/gras/Clima/Precipitacion-nacional/Mapas-de-precipitacion-acumulada>). El color crema indica zonas donde el valor de precipitación registrado para ese mes fue similar al promedio de la serie histórica 1961-2009, los tonos de rojo indican valores inferiores y los verdes, valores superiores.

### Balance hídrico. Porcentaje de agua disponible en los suelos

El balance hídrico para los suelos de Uruguay realiza una estimación del contenido de agua disponible de una región considerando el tipo de suelo, la precipitación efectiva, la demanda potencial de agua de la atmósfera y la transpiración de la vegetación (<http://www.inia.org.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-Hidrico/Balance-hidrico-suelos-Uruguay>). Este modelo se calcula a nivel nacional y a paso diario, para

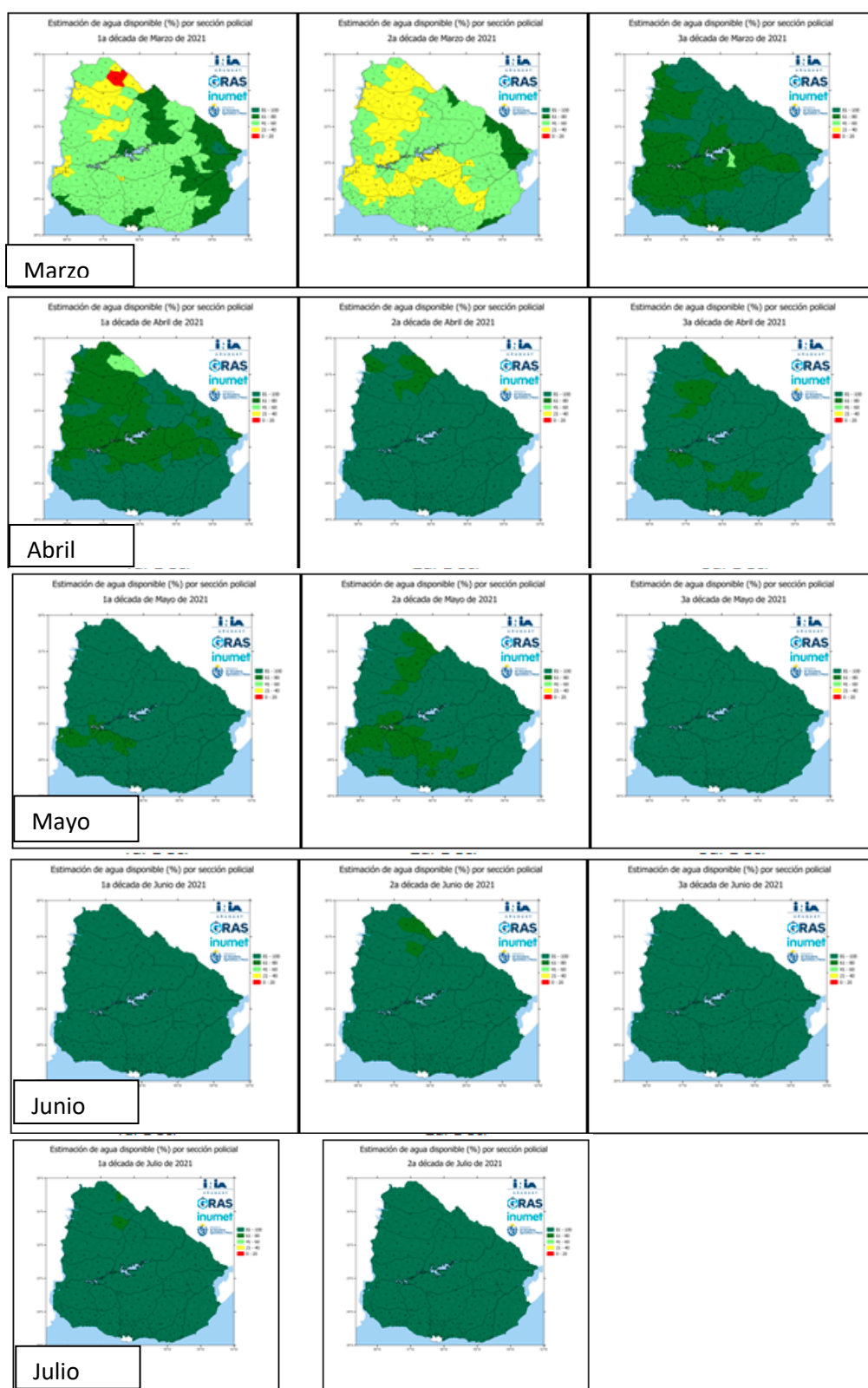
una grilla con celdas de 30 x 30 km aproximadamente. Las variables de entrada del modelo son: Capacidad de retener agua del suelo (APDN), Precipitación y Evapotranspiración. Para cada celda de la grilla se calculó su capacidad de retener agua como un valor medio ponderado del Agua Potencialmente Disponible Neta del suelo (APDN) de las Unidades de Suelo (carta de suelos 1:1.000.000) que están dentro de cada celda. Para las variables agrometeorológicas de Evapotranspiración y Precipitación, se estima para cada celda el valor diario mediante el método de interpolación Kriging Ordinario.

El porcentaje de agua disponible en el suelo (PAD) se define como:  $(ADI/APDN) * 100$ , donde ADI es la cantidad de agua en el suelo y APDN el agua potencialmente disponible neta en ese suelo. Para el análisis de esta variable se muestra la anomalía de PAD mensual (de marzo a junio), donde, para estimarla, se compara el PAD para un mes dado contra la media para dicho mes de una serie de 20 años (2000-2019). Se puede observar (Figura 2) que el mes de marzo fue el único mes que registró zonas con valores por debajo a lo esperable mientras que el mes de abril registra valores por encima del promedio de la serie histórica en todo el país. Tanto en mayo como en junio, se observaron valores iguales o algo por encima del promedio.



**Figura 2.** Mapas de anomalía de porcentaje de agua disponible en el suelo para los meses de marzo, abril, mayo y junio (<http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADrico/Balance-h%C3%ADrico-suelos-Uruguay/Anomalia-de-PAD>). Los tonos de amarillo a rojo indican porcentajes de variación negativa (menor a lo esperado), el color crema muestra valores similares y los tonos de verde, valores mayores a lo esperado para un mes en particular.

Analizando esta variable PAD, pero cada 10 días y por Sección Policial (versión año 1998), se puede observar que marzo comenzó con valores bajos en algunas zonas y la situación se fue revertiendo hasta llegar a valores mayores al 80% en el mes de julio (Figura 3).

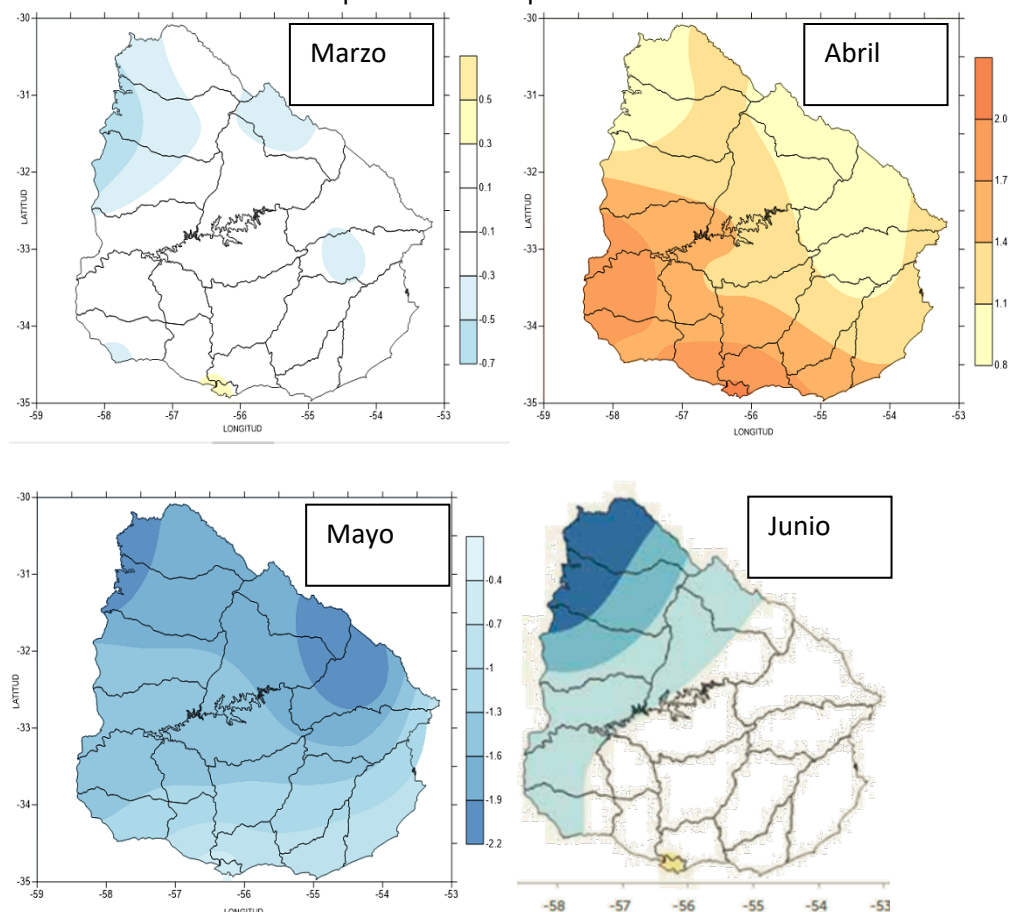


**Figura 3.** Mapas de porcentaje de agua disponible en el suelo decadal (10 días) por sección policial para los meses de marzo, abril, mayo, junio y los primeros 20 días de julio (<http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADrico/Porcentaje-agua-disponible-por-secci%C3%B3n-policial>). El color rojo indica valores de entre 0-20%, amarillo 21-40%, verde claro 41-60%, verde 61-80% y verde oscuro 81-100%.

Es importante destacar que estas estimaciones deben considerarse sólo con fines orientativos. En caso de requerirse estimaciones más precisas (escala predial, por ejemplo), se deberá utilizar metodología adecuada a tales fines.

### Temperatura media del aire

Otra variable de interés son las temperaturas medias del aire. En este caso, analizando también las anomalías, en la figura 4 se puede observar en tonos azules cuando las temperaturas estuvieron por debajo de lo esperable para ese mes mientras que, en tonos de naranja, se observan zonas con valores por encima del promedio de la serie histórica.



**Figura 4.** Mapas de anomalía de temperatura del aire mensual para los meses de marzo, abril, mayo y junio (<https://www.inumet.gub.uy/clima/agricultura/mapas-de-temperatura>). Los colores azules indican temperaturas por debajo del promedio, blanco similar y naranjas, valores superiores.

### Acumulación de frío

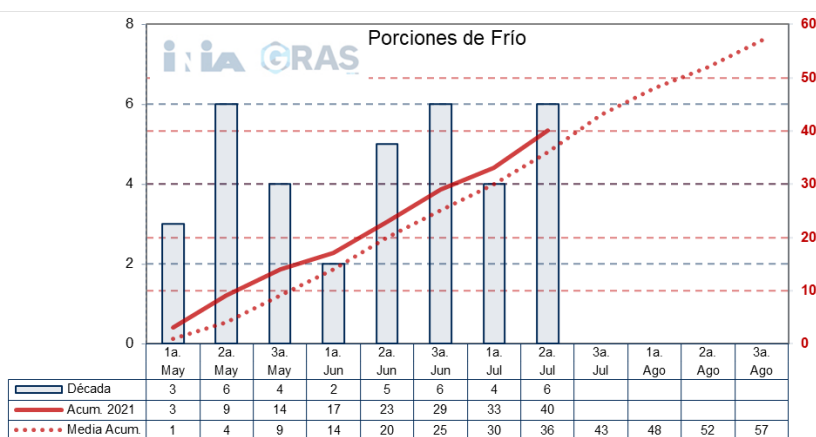
Relacionado con lo anterior, la acumulación de frío juega un papel central en la producción frutícola. Para analizar esto, se utilizan tres distintas variables:

- Porciones de frío
- Unidades de Richardson
- Horas de frío

Las porciones de frío son la unidad utilizada por el Modelo Dinámico (Erez y Couvillon, 1987). Este modelo considera que hay un producto intermedio resultante de la acumulación de frío y solo cuando se acumula una cantidad suficiente de este producto se transforma en un producto final. Por lo tanto, la primera etapa es un proceso reversible que consiste en la formación y destrucción de un intermediario basado en un precursor. La formación del

intermediario depende exclusivamente del régimen de temperatura, y las constantes de la velocidad de formación (k0) y la destrucción (k1) del intermediario están relacionadas con la temperatura, de acuerdo con la ecuación de Arrhenius (France y Thornley, 1984). En una segunda etapa, el producto intermediario se transforma de forma irreversible en un producto final o una porción de frío. La concentración del intermediario cae a cero y la curva dinámica exhibe un comportamiento periódico. El modelo incorpora un segundo ajuste para corregir el efecto de las bajas temperaturas y asume una temperatura crítica de 4°C, por debajo de la cual solo una fracción del intermediario se transforma en un producto, comenzando así un nuevo ciclo con una concentración del intermediario que es mayor que cero (Fishman et al., 1987). Para comparar el Modelo Dinámico con los otros, aproximadamente las porciones de frío equivalen a 28 horas de temperatura por debajo de 6°C.

Considerando los valores desde mayo al 2 de julio, se puede observar que los valores están por encima del promedio histórico registrando un valor acumulado de 40 siendo el promedio histórico acumulado de 36 (Figura 5).



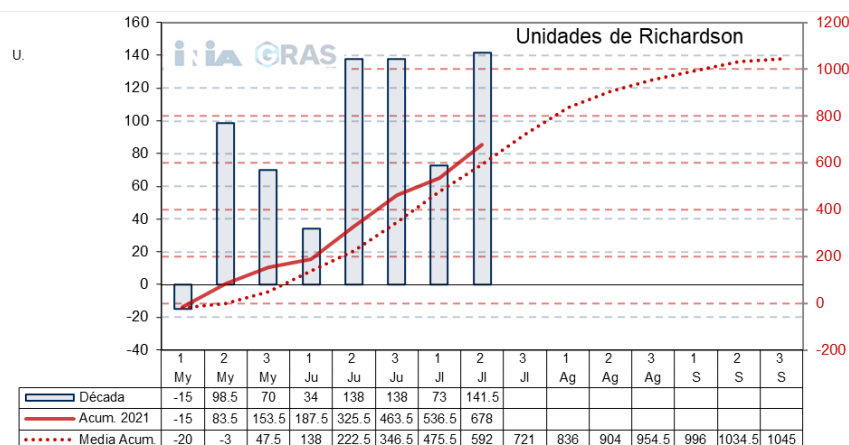
**Figura 5.** Gráfica mostrando los valores de porciones de frío por período de 10 días (barras), acumulado desde el 1° de mayo al 20 de julio de 2021 (línea roja continua) y acumulado promedio de la serie histórica (línea roja punteada) (<http://www.inia.uy/gras/Clima/VARIABLES-clim%C3%A1ticas-INIA>).

Considerando los valores desde mayo al 2 de julio y al igual que ocurre con las porciones de frío, esta variable nos muestra valores por encima del promedio histórico, registrando un valor acumulado de 678, siendo el promedio histórico acumulado de 592 (Figura 6).

**Cuadro 1.** Relación de eficacia para la salida de la dormición, según el modelo de Utah (Richardson et al., 1974).

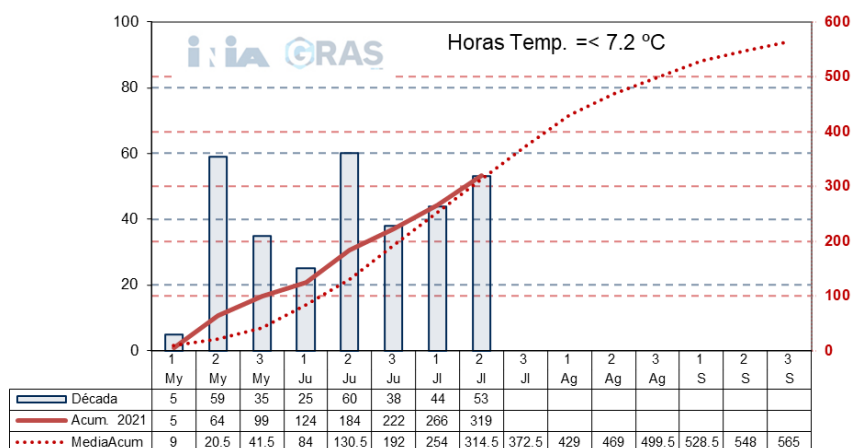
Relación de eficacia para la salida de la dormición, según el «modelo de Utah».	
Temperatura (°C)	UF correspondientes a 1 hora transcurrida a un dado rango térmico
< 1,4	0
1,5 a 2,4	0,5
2,5 a 9,1	1
9,2 a 12,4	0,5
12,5 a 15,9	0
16,0 a 18,0	-0,5
> 18	-1





**Figura 6.** Gráfica mostrando los valores de las Unidades de frío Richardson por período de 10 días (barras), acumulado desde el 1° de mayo al 20 de julio de 2021 (línea roja continua) y acumulado promedio de la serie histórica (línea roja punteada) (<http://www.inia.uy/gras/Clima/Variables-clim%C3%A1ticas-INIA>).

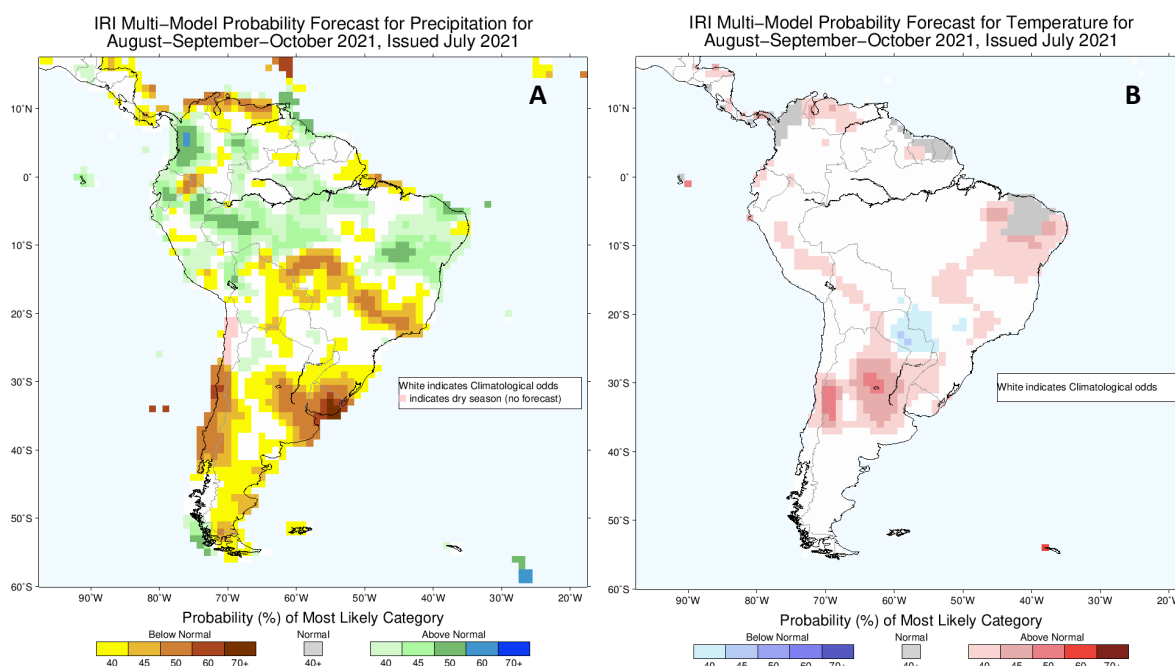
En consistencia con las otras dos variables analizadas anteriormente, los valores acumulados desde el 1° de mayo al 20 de julio se encuentran por encima del promedio histórico, registrando un valor de 319, siendo el promedio histórico acumulado de 314,5 (Figura 7).



**Figura 7.** Gráfica mostrando los valores de las horas con temperatura igual/menor a 7,2°C por período de 10 días (barras), acumulado desde el 1° de mayo al 20 de julio de 2021 (línea roja continua) y acumulado promedio de la serie histórica (línea roja punteada) (<http://www.inia.uy/gras/Clima/Variables-clim%C3%A1ticas-INIA>).

De acuerdo a las perspectivas climáticas elaboradas por el IRI (international Research Institute for Climate and Society, Earth Institute, Columbia University) para las precipitaciones acumuladas en el trimestre Agosto-Setiembre-Octubre, se estiman mayores probabilidades (45%-70%) de que las precipitaciones acumuladas en dicho trimestre estén por debajo de lo normal. Esta situación se observa para todo el país, ubicándose las mayores probabilidades en la zona sureste. A modo de ejemplo, esto implica que si para una zona determinadas, para ese trimestre en conjunto, se esperan lluvias de entre 350mm y 450mm, es más probable que las precipitaciones estén por debajo de los 350mm (Figura 8 A).

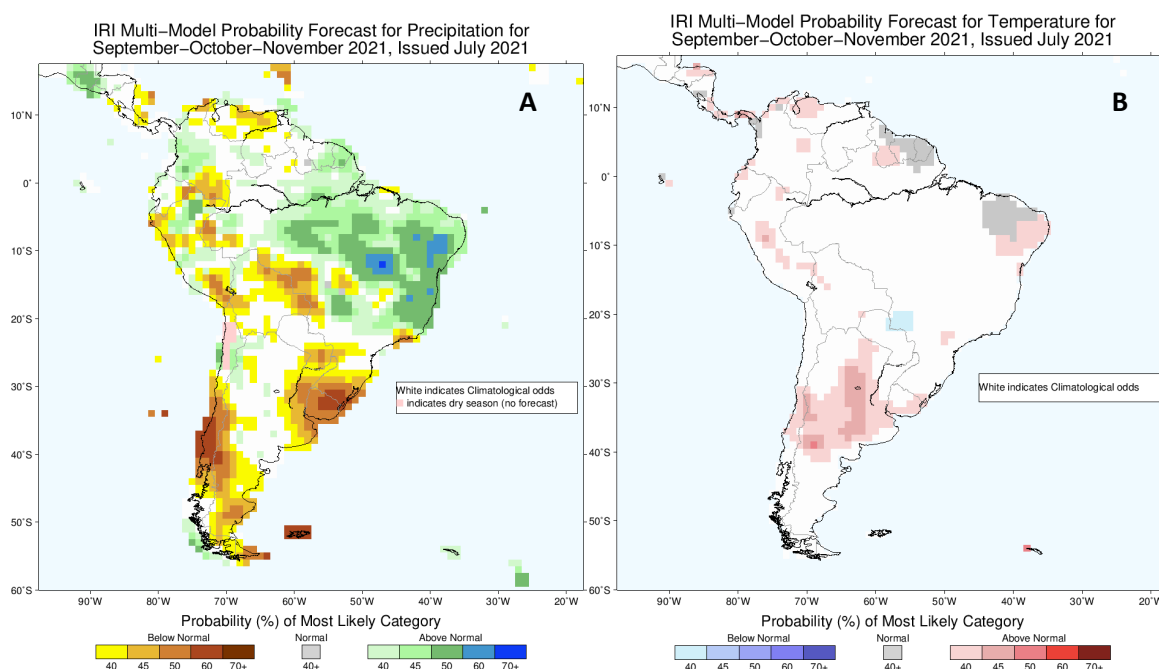
Para la temperatura media del aire y analizando ese mismo trimestre, en la zona centro y sur del país no se estiman sesgos entre los terciles (iguales probabilidades de que las temperaturas estén por debajo, igual o por encima de lo normal). Se observan, para la zona norte, estimaciones de mayores probabilidades (40%) de que las temperaturas acumuladas en esos meses en conjunto estén por encima de lo normal (Figura 8 B).



**Figura 8.** Mapas indicando las perspectivas climáticas del trimestre agosto-setiembre-octubre en términos de probabilidades, para las precipitaciones (A) y temperaturas (B). Más información puede encontrarse en el sitio del IRI: <http://www.iri.columbia.edu>

Analizando el trimestre setiembre-octubre-noviembre y para el caso de las precipitaciones, se observa un comportamiento similar, observándose mayores probabilidades de que las lluvias estén por encima de lo normal en todo el país (Figura 9 A).

En el caso de las temperaturas, la zona donde se estiman mayores probabilidades (40%) de que las temperaturas acumuladas en esos meses en conjunto estén por encima de lo normal es la zona sur, no observándose sesgos entre los terciles (iguales probabilidades de que las temperaturas estén por encima, debajo o igual a lo normal) para el resto del país (Figura 9 B).



**Figura 9.** Mapas indicando las perspectivas climáticas del trimestre setiembre-octubre-noviembre en términos de probabilidades, para las precipitaciones (A) y temperaturas (B). Más información puede encontrarse en el sitio del IRI: <http://www.iri.columbia.edu>

## Conclusión

En términos generales, a nivel de las variables agroclimáticas durante el otoño-invierno (marzo al 20 de julio), las precipitaciones tuvieron un comportamiento diferencial en las distintas regiones del país, presentándose en el mes de junio valores mayores a los esperados en todo el país. En relación al porcentaje de agua disponible, el mes de marzo inició con valores bajos en algunas zonas y la situación se fue revirtiendo hasta llegar a valores mayores al 80% en el mes de julio.

Las temperaturas, en los meses de marzo, mayo y junio, registraron valores similares o por debajo a lo esperable para esos meses, reflejándose esto en los acumulados de frío que muestran valores por encima de los promedios para esta época del año.

En los que refiere a las perspectivas climáticas trimestrales, se prevén mayores probabilidades de que las precipitaciones estén por debajo de lo normal tanto para el trimestre agosto-setiembre-octubre como para setiembre-octubre-noviembre. En cuanto a las temperaturas, se observan zonas en donde no es posible identificar una tendencia (iguales probabilidades de que las temperaturas estén por encima, debajo o igual a lo normal) mientras que, en otras, se observan mayores probabilidades de que las temperaturas acumuladas en el trimestre estén por encima de lo normal (zona norte en el primer trimestre y sur en el segundo).

**Agradecimientos:** Al Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) y al Instituto de Clima y Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia, Estados Unidos, por contribuir en la generación de alguno de estos productos, ya sea con información como con aportes en la metodología.

## Referencias bibliográficas

Erez A, Couvillon GA. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112:677-680.

Fishman S, Erez A, Couvillon GA. 1987. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Two-step model involving a co-operative transition. *Journal of Theoretical Biology*, 124(4):473-483.



France J.; Thornley JHM. 1984. Mathematical models in agriculture. Butterworths, London, UK, pp.335.

GRAS, acumulado de frío. <http://www.inia.uy/gras/Clima/VARIABLES-clim%C3%A1ticas-INIA>

GRAS, anomalía de porcentaje de agua disponible en el suelo. <http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADDRICO/Balance-h%C3%ADDRICO-suelos-Uruguay/Anomalia-de-PAD>

GRAS, balance hídrico a nivel nacional. <http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADDRICO/Balance-h%C3%ADDRICO-suelos-Uruguay>

GRAS, precipitaciones acumuladas a nivel nacional. <http://www.inia.uy/gras/Clima/Precipitaci%C3%B3n-nacional/Mapas-de-precipitaci%C3%B3n-acumulada>

GRAS, porcentaje de agua disponible en el suelo por sección policial. <http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADDRICO/porcentaje-de-agua-disponible-por-secci%C3%B3n-policial>

IRI, perspectivas climáticas trimestrales. <http://www.iri.columbia.edu>

Inumet, mapas de temperatura media del aire.

<https://www.inumet.gub.uy/index.php/clima/agricultura/mapas-de-temperatura>

Richardson EA, Seeley SD, Walker DR. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. Horticultural Science, 9:331-332.

Weinberger JH. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 56:122-128.