

# Maíz: Aspectos Agrometeorológicos de la Campaña 2021/2022 en Tucumán

Angel M. Leal \*, Jorge D. Forciniti\*, María L. Soulé Gómez\*, y José M. Medina\*

\* Sección Agrometeorología, EEAOC. E-mail: agrometeorologia@eeaoc.org.ar

## Introducción

La campaña 2021/2022 se desarrolló bajo condiciones agrometeorológicas desfavorables en ciertos aspectos; y propicias para el cultivo, en otros. Además, estas condiciones experimentaron variaciones temporales y espaciales en el área de cultivo de granos a lo largo de toda la campaña. Los aspectos agrometeorológicos que se analizaron fueron la evolución de las temperaturas y el comportamiento de las precipitaciones.

Si bien las precipitaciones fueron escasas comparadas con los valores normales, las condiciones desde el aspecto térmico se presentaron más favorables para el cultivo de maíz comparadas con los promedios históricos. Este comportamiento de las distintas variables sugirió analizar, además, la evolución de algunos índices agrometeorológicos para maíz a lo largo de las distintas etapas del cultivo, con el objetivo de presentar una herramienta más para el análisis de resultados.

Los datos utilizados para este análisis provienen de la red de estaciones meteorológicas

automáticas de la cual, en este caso, se tomó información proveniente de estaciones distribuidas a lo largo del área de cultivo de granos en la provincia y zonas de influencia (Figura 1).

## Evolución de la temperatura del aire

En la Figura 2 se muestra la evolución de las temperaturas máximas diarias de ocho estaciones a lo largo de toda la campaña (octubre 2021 a mayo 2022). Se observa una marcha

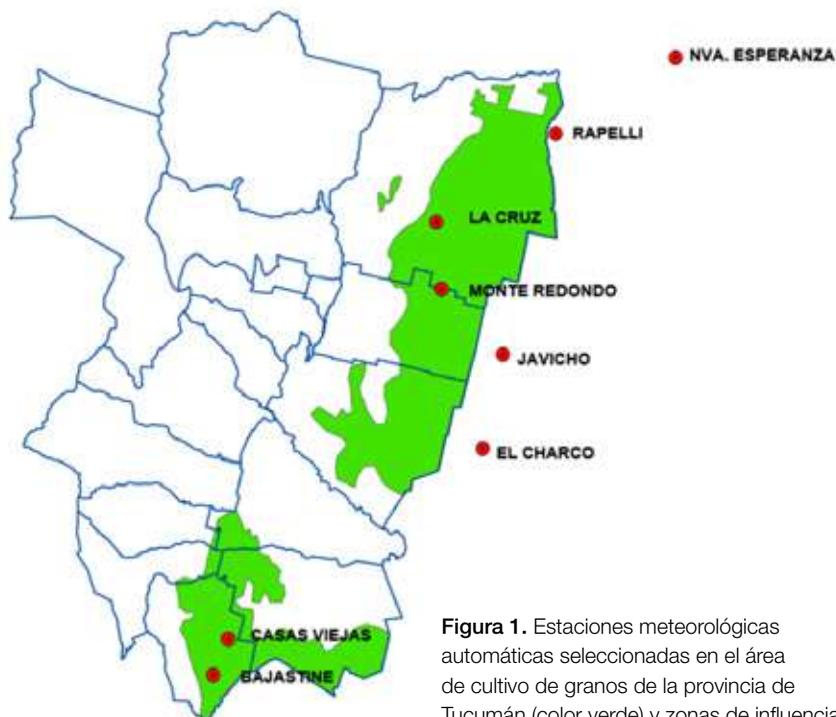


Figura 1. Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas en el área de cultivo de granos de la provincia de Tucumán (color verde) y zonas de influencia.



similar en toda el área de cultivo y a lo largo de toda la campaña. Se pueden apreciar, además, períodos largos de calentamiento, donde el más importante abarcó desde la última década de diciembre hasta mediados de enero.

En el caso de las temperaturas mínimas diarias,

se observa también una marcha similar en las ocho estaciones seleccionadas a lo largo de la campaña (Figura 3). En la gráfica puede apreciarse un enfriamiento en los meses de febrero, fines de marzo y mayo. Cabe destacar también que en el mes de mayo se registraron algunas heladas suaves en localidades del este de la provincia.

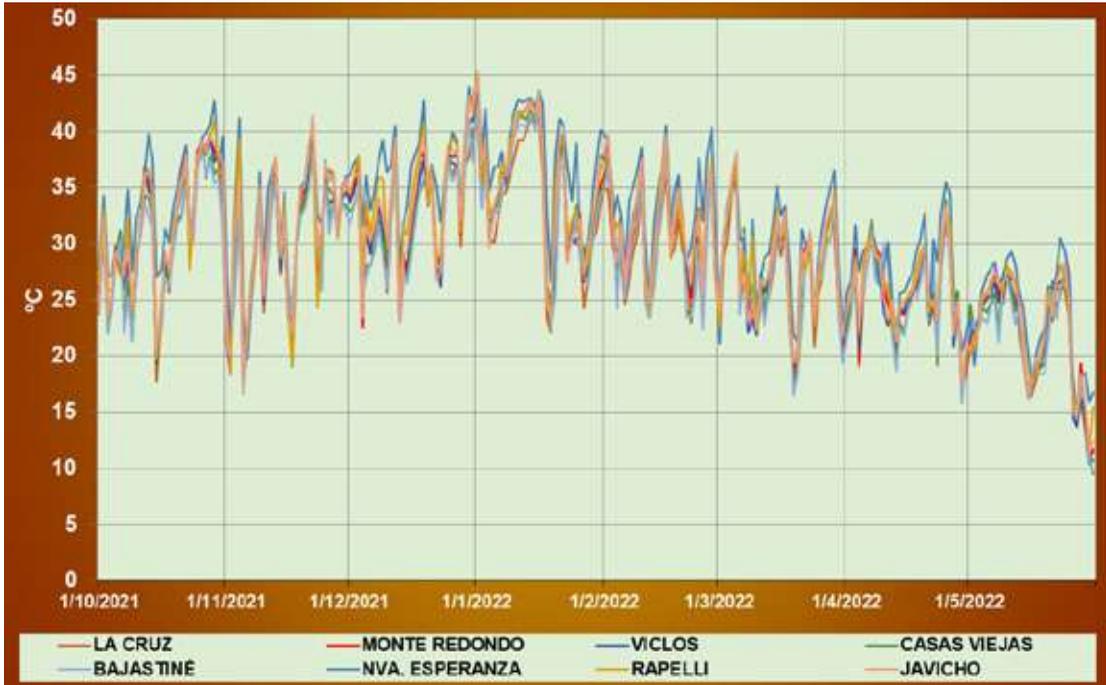


Figura 2. Evolución de las temperaturas máximas diarias de ocho localidades del área de cultivo de granos en la campaña 2021-2022.

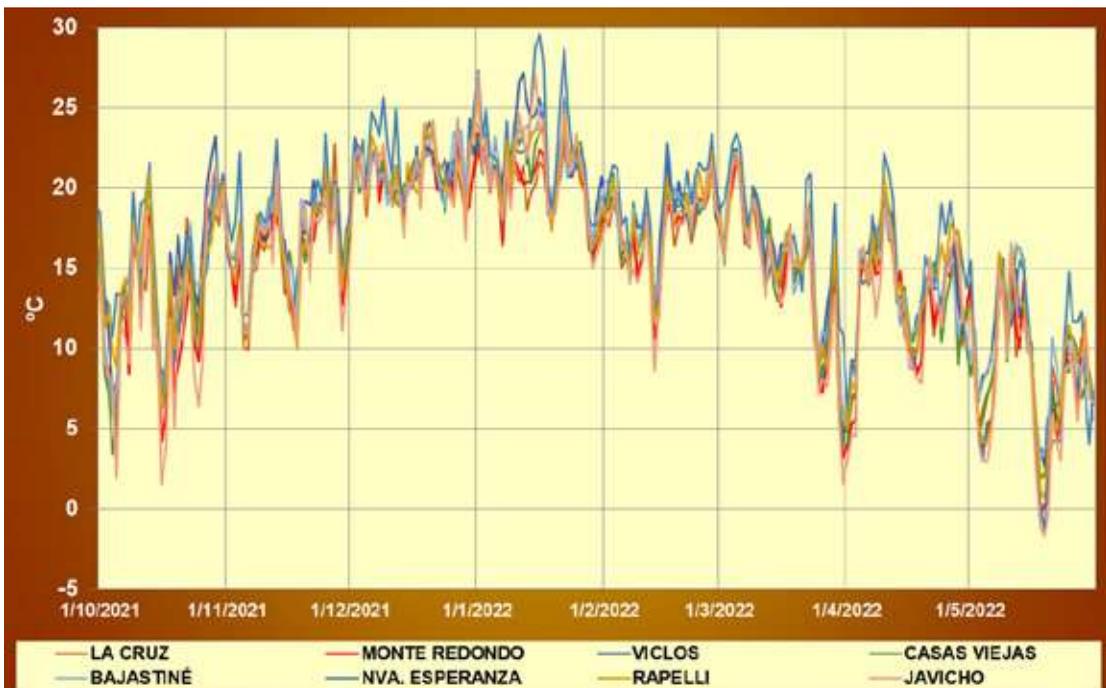


Figura 3. Evolución de las temperaturas mínimas diarias de ocho localidades del área de cultivo de granos en la campaña 2021/2022.



En la Tabla 1 se indican los valores de temperaturas máximas absolutas registradas en localidades seleccionadas del área de cultivos de granos en todo el período analizado.

**Tabla 1.** Temperaturas máximas absolutas registradas en el período octubre 2021–mayo 2022, en localidades seleccionadas del área de cultivo de granos de la provincia de Tucumán y zonas de influencia.

Localidad	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021	Ene 2022	Feb 2022	Mar 2022	Abr 2022	May 2022
Nva. Esperanza	42,8	41,2	44,0	45,3	40,5	37,8	35,4	30,5
Rapelli 2	40,9	40,9	42,8	45,3	39,0	36,7	33,2	29,1
La Cruz	39,4	39,8	40,1	41,5	36,4	35,2	32,0	27,5
Monte Redondo	39,7	40,2	41,1	43,1	38,8	37,8	32,7	27,4
Javicho	39,6	41,4	39,7	43,5	39,7	37,2	33,4	28,4
El Charco	39,3	41,0	42,9	44,9	39,4	38,9	33,9	28,0
Casas Viejas	39,1	38,4	41,1	43,0	38,2	36,1	33,9	28,1
Bajastiné	39,1	38,2	41,1	42,7	37,8	34,9	33,4	27,8

■ < 31,9°C ■ 32,0°C a 34,9°C ■ 35,0°C a 39,9°C ■ >= 40°C

En la tabla precedente, las localidades fueron ordenadas de norte a sur. Se puede apreciar que en el extremo norte las temperaturas superaron los 40°C desde el mes de octubre hasta febrero, mientras que en la zona sur se superó ese umbral en los meses de diciembre y enero.

Para poder visualizar con más detalle la evolución mensual de las temperaturas, se tomó como ejemplo la estación Monte Redondo en la localidad de San Agustín, departamento Cruz Alta. Como se observa en la Figura 4, en el caso de las temperaturas máximas, estas tuvieron valores normales a excepción de los meses de octubre y enero, donde calificaron como superiores a lo normal. En cuanto a las mínimas, estuvieron, en general, por debajo de los valores normales excepto en el mes de diciembre.

Se contabilizaron, también para la estación Monte Redondo, la cantidad de días con temperaturas máximas superiores a 30°C y 35°C (Tabla 2), así como la cantidad de días con temperaturas mínimas superiores a 20°C y 22°C (Tabla 3) en el período diciembre 2021- mayo 2021, comparado con idénticos meses de las campañas comprendidas entre 2011/12 y 2020/21. En el caso de las temperaturas máximas, la cantidad de días con máximas mayores a 30°C estuvieron entre los más bajos de estas últimas 11 campañas, mientras que la cantidad de días con temperaturas máximas mayores a 35°C estuvieron dentro del promedio. En cuanto a las temperaturas mínimas, la cantidad de días con valores superiores a 20°C y superiores a 22°C estuvieron dentro del valor promedio de las últimas 11 campañas.



**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas medias mensuales del período octubre 2021- mayo 2022, comparadas con sus respectivos promedios de referencia en la estación Monte Redondo, localidad de San Agustín.

**Tabla 2.** Cantidad de días con temperaturas máximas mayores a 30°C y 35°C en el período diciembre-mayo de la estación Monte Redondo en las campañas de 2011/12 a 2021/22.

Días T. Máx > 30°C											
	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
DIC	23	23	29	16	22	23	23	21	24	26	23
ENE	27	26	23	24	23	26	21	20	25	24	25
FEB	22	20	13	18	22	19	16	13	15	17	16
MAR	19	10	10	14	8	9	12	5	18	10	11
ABR	5	15	4	6	4	0	15	0	6	7	2
MAY	1	3	0	0	0	0	1	0	0	2	0
Total	97	97	79	78	79	77	88	59	88	86	77

Días T. Máx > 35°C											
	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
DIC	9	16	20	9	10	15	13	11	12	26	12
ENE	18	14	14	8	9	18	9	8	12	24	17
FEB	11	11	3	4	2	5	5	3	4	17	6
MAR	10	1	0	0	0	0	0	1	3	10	2
ABR	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Total	48	42	37	21	22	38	27	23	31	86	37

**Tabla 3.** Cantidad de días con temperaturas mínimas mayores a 20°C y 22°C en el período diciembre-mayo de la estación Monte Redondo en las campañas de 2011/12 a 2021/22.

Días T. Min > 20°C											
	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
DIC	6	12	28	9	12	8	14	13	8	8	18
ENE	15	19	17	20	19	19	11	12	17	8	21
FEB	18	11	14	17	25	14	7	7	11	5	2
MAR	3	4	1	19	4	12	0	2	8	5	3
ABR	0	0	5	4	4	2	0	0	1	3	1
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	42	46	65	69	64	55	32	34	45	29	45

Días T. Min > 22°C											
	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
DIC	2	4	14	2	4	5	1	5	3	8	7
ENE	2	7	7	3	8	10	3	7	4	8	7
FEB	8	3	5	6	8	1	0	1	5	5	0
MAR	1	1	0	5	0	3	0	0	3	5	1
ABR	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	13	15	28	16	20	19	4	13	15	29	15

### Comportamiento de las precipitaciones

En cuanto al comportamiento de las precipitaciones, puede verse en la Figura 5 que las precipitaciones acumuladas en la campaña para todas las localidades que se tomaron como referencia fueron inferiores a los valores normales. Si se comparan estos totales con los de la campaña

anterior, se aprecia que en las localidades ubicadas al norte los totales estuvieron por encima de los de la campaña 2020/21, mientras que en las localidades del sur los totales estuvieron por debajo.

Con el fin de analizar con mayor detalle la distribución de las anomalías de las precipitaciones, se tomó nuevamente la estación Monte Redondo como ejemplo (Figura 6). A excepción del mes de abril,

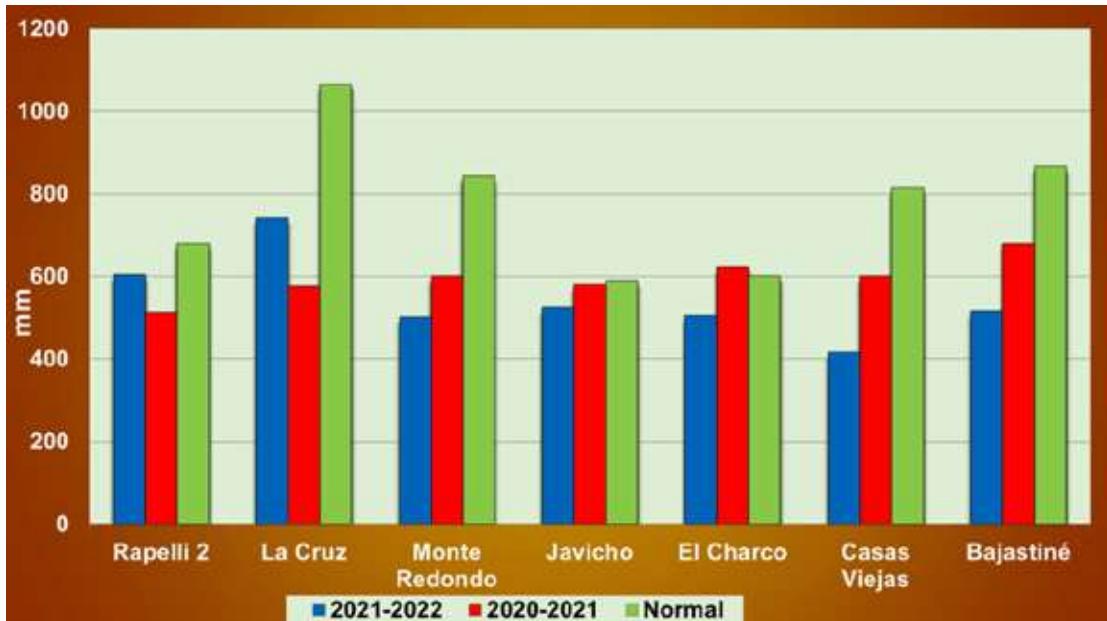


Figura 5. Precipitaciones totales en las campañas 2021/22, 2020/21 y promedio de referencia para localidades del área de cultivo de granos en Tucumán y zonas de influencia.

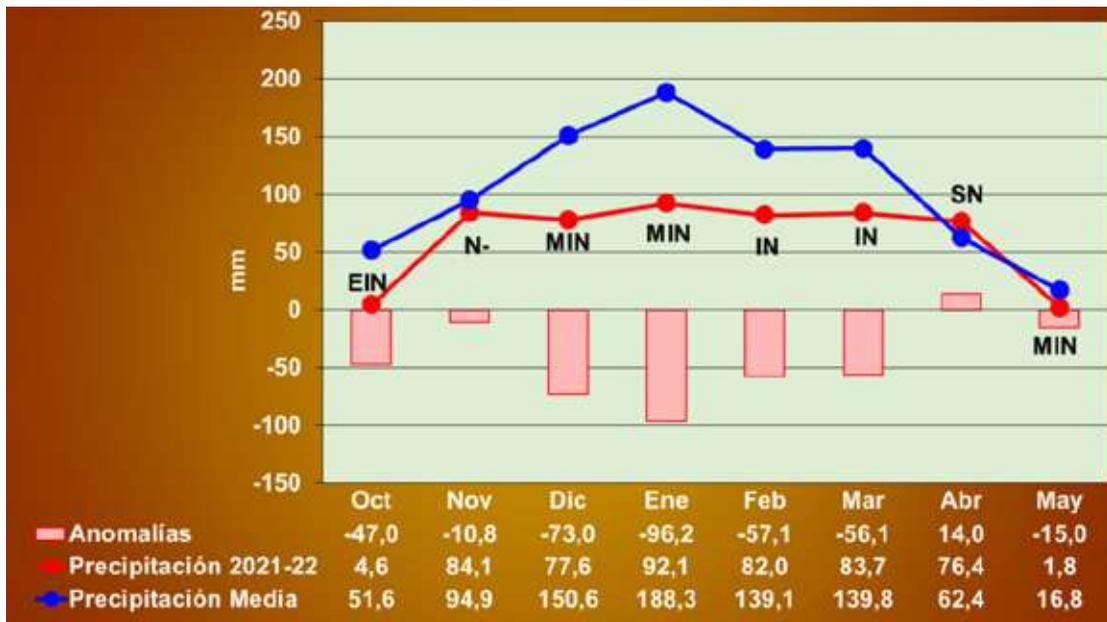


Figura 6. Anomalías de las precipitaciones de la campaña 2021/22 en la estación Monte Redondo, localidad de San Agustín.

donde las lluvias fueron superiores a lo normal, en general fueron inferiores, muy inferiores e incluso, como el caso del mes de octubre, extremadamente inferiores a lo normal.

Si se observa la curva de precipitaciones diarias

acumuladas en la estación Monte Redondo (Figura 7), se aprecia que en esta campaña el acumulado estuvo por debajo del valor de la campaña anterior; y si se compara con el valor normal, en esta campaña el acumulado fue inferior al promedio, registrándose un 60% del total de lluvias normales.

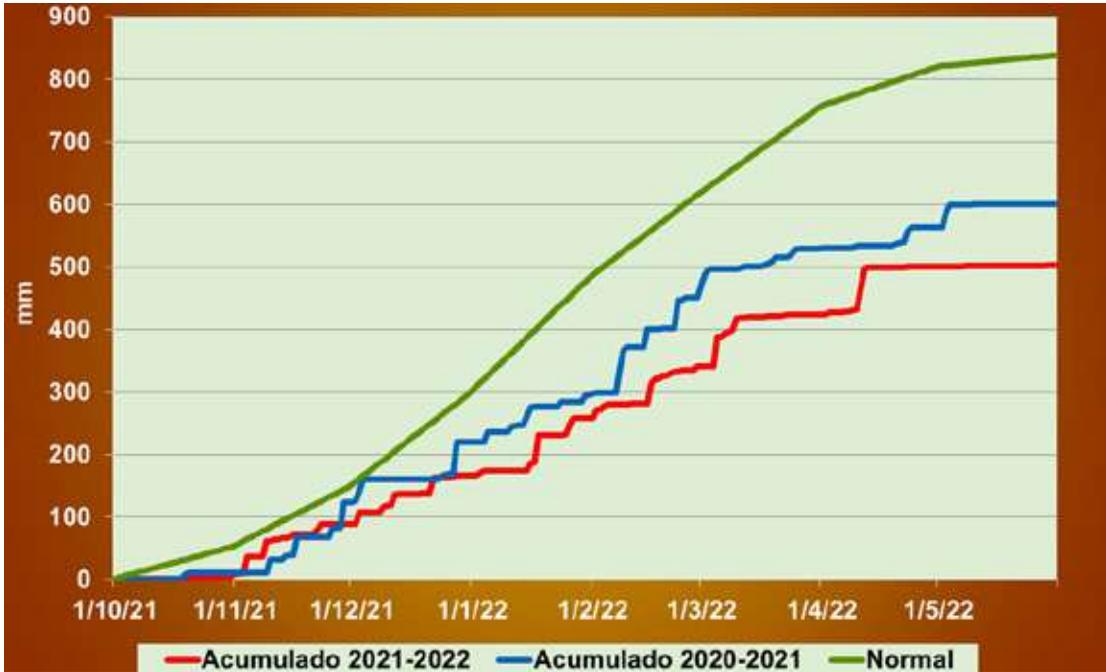


Figura 7. Anomalías de las precipitaciones de la campaña 2021/22 en la estación Monte Redondo, localidad de San Agustín.

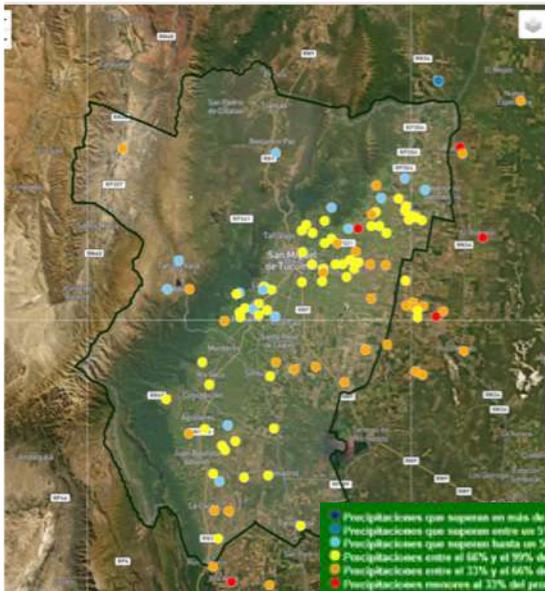
### Evolución témporo-espacial de las precipitaciones en la campaña 2021/2022

A partir de la información generada por la Red Pluviométrica Provincial, se han elaborado mapas de anomalías de lluvias, expresadas como proporción del valor normal, que abarca desde

octubre de 2021 hasta mayo de 2022. Para más detalles, esta información puede ser consultada en la página web de la Sección Agrometeorología de la EEAOC ([agromet.eeaoc.gov.ar](http://agromet.eeaoc.gov.ar)).

Los acumulados entre los meses de octubre a diciembre (Figura 8) estuvieron, en general, por

### Octubre 2021 - Diciembre 2021



### Enero 2022

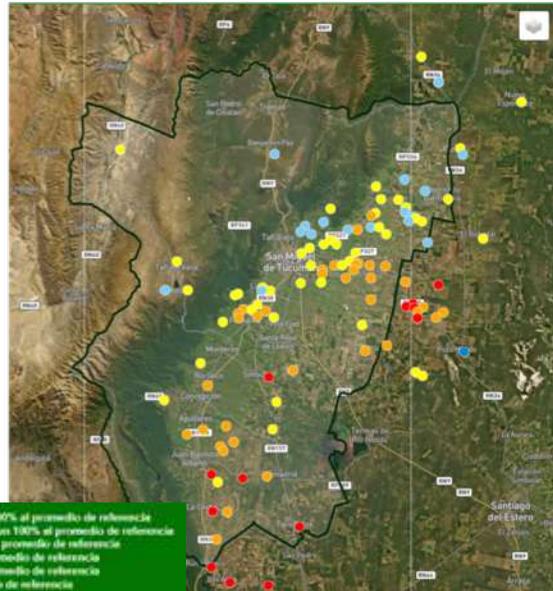


Figura 8. Anomalías de precipitaciones totales mensuales en el período octubre 2021- diciembre 2021 y enero 2022, en la provincia de Tucumán y zonas de influencia.



debajo de los valores normales para el área de cultivo de granos. En el mes de enero se registraron algunos totales por encima de lo normal en el departamento Burruyacú. Sin embargo, en el resto de las localidades las precipitaciones del mes fueron inferiores a lo normal, estando en algunos casos por debajo del 33% del valor normal.

tuvieron precipitaciones por debajo de los valores normales en el área de cultivo de granos de la provincia y zonas de influencia. Esta situación puede apreciarse en el mapa por la presencia de una gran cantidad de puntos amarillos y anaranjados.

Febrero y marzo (Figura 9), en líneas generales,

En la Figura 10 podemos observar los mapas de anomalías de las precipitaciones en la provincia para los meses de abril y mayo 2022. Si tomamos



Figura 9. Anomalías de precipitaciones totales mensuales en los meses de febrero y marzo 2022, en la provincia de Tucumán y zonas de influencia.

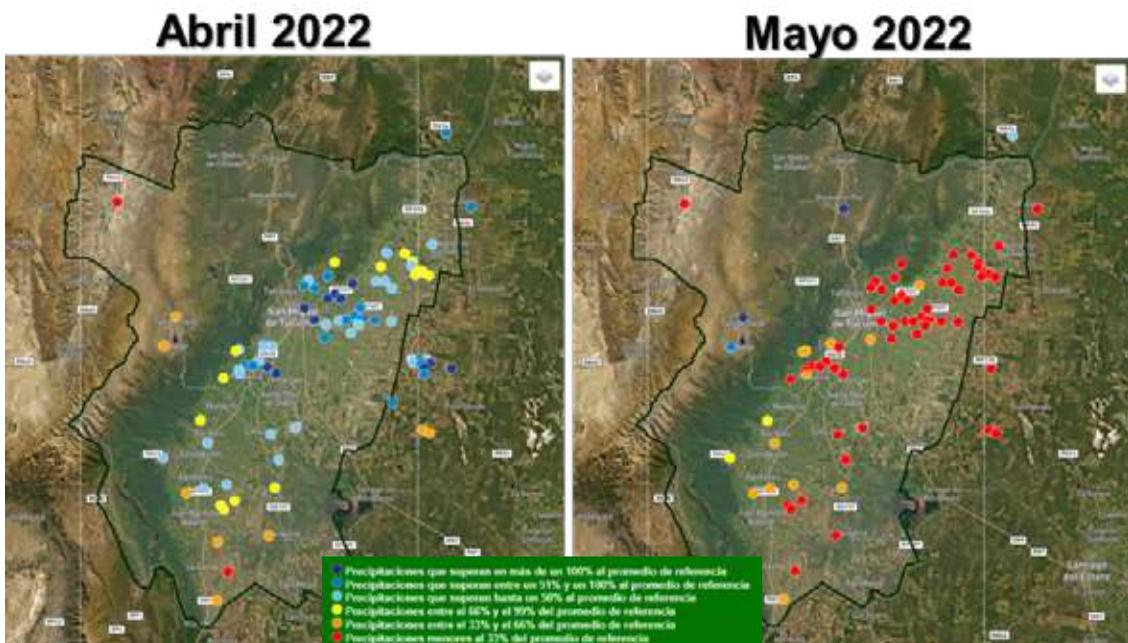


Figura 10. Anomalías de precipitaciones totales mensuales en los meses de abril y mayo 2022, en la provincia de Tucumán y zonas de influencia.



como punto de comparación las anomalías de los meses anteriores, en el mes de abril hubo una mayor concentración de localidades con totales por encima del promedio de referencia, excepto por una parte de Burruyacú y el extremo sur de la provincia, donde predominaron valores por debajo de 66% respecto de lo normal. El mes de mayo se caracterizó por la ausencia de precipitaciones en prácticamente todo el territorio de la provincia.

Si se observa el mapa de precipitaciones acumuladas en toda la campaña (Figura 11), se aprecia que en el área de cultivo de granos, los acumulados estuvieron por debajo de lo normal, destacándose el extremo sur de la provincia donde, además, las precipitaciones estuvieron por debajo del 66% del promedio de referencia.

### Octubre 2021 - Mayo 2022

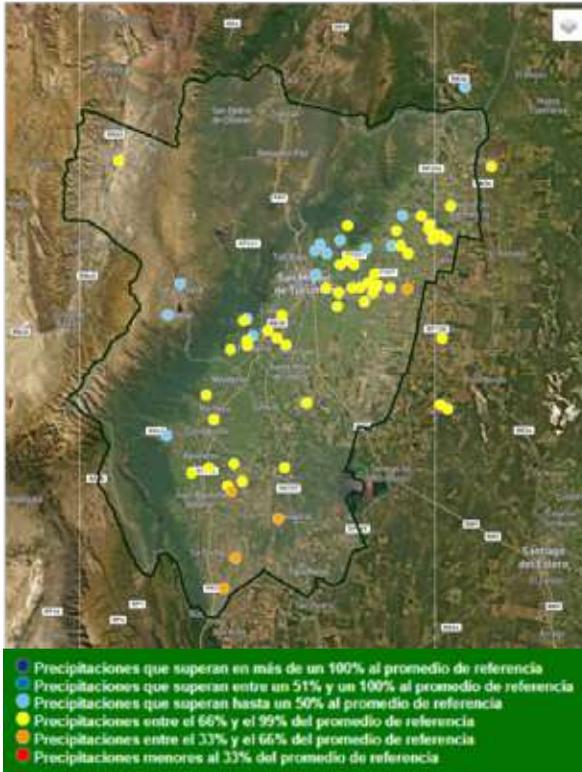


Figura 11. Anomalías de precipitaciones acumuladas en el período octubre 2021-mayo 2022, en la provincia de Tucumán y zonas de influencia.

#### ■ Evolución de los índices agrometeorológicos

El estudio de la evolución de algunos índices agrometeorológicos para el maíz, desarrollados en la Sección Agrometeorología de la EEAOC, permitió determinar la disponibilidad de los distintos

recursos en las diversas etapas fenológicas del cultivo. Para este análisis se tuvieron en cuenta los datos de la estación Monte Redondo, considerando como fecha de siembra el 20/01/2022. Estos índices varían entre 0 y 1, siendo 0 la peor condición y 1 la condición óptima para la variable considerada.

#### ► Índice de eficiencia térmica

El índice de eficiencia térmica (IET) diario indica la parte del día en que se tuvieron condiciones óptimas desde el punto de vista de la temperatura.

$$IET_{\text{diario}} = \frac{24 - (Hd + Hn + Hm)}{24}$$

Donde:

Hd: Horas diurnas con temperatura >32°C

Hn: Horas nocturnas con temperatura >20°C

HM: Horas del día (24 horas) con temperatura <10°C

El IET para una determinada cantidad de días se calcula como el promedio de los índices de eficiencia térmica diarios de ese período.

$$IET_{(n \text{ días})} = \left( \sum_{(1..n)} IET_{\text{diario}} \right) / n$$

En la Figura 12, se muestran los valores del IET promedio para los diferentes estadios fenológicos, acumulado a siembra (AC), período vegetativo (VEG), primera mitad del período crítico (PC1), segunda mitad del período crítico (PC2) y período de llenado de granos (LG) y su comparación con el IET promedio del período 2006/2021.

La evolución de este índice muestra que en esta campaña, los valores fueron superiores al promedio 2006/2021 para todos los estadios fenológicos, a excepción del acumulado a siembra.

#### ■ Índice de eficiencia hídrica

El índice de eficiencia hídrica (IEH) indica la disponibilidad de agua para el cultivo y se define como la relación entre la evapotranspiración potencial y la real.

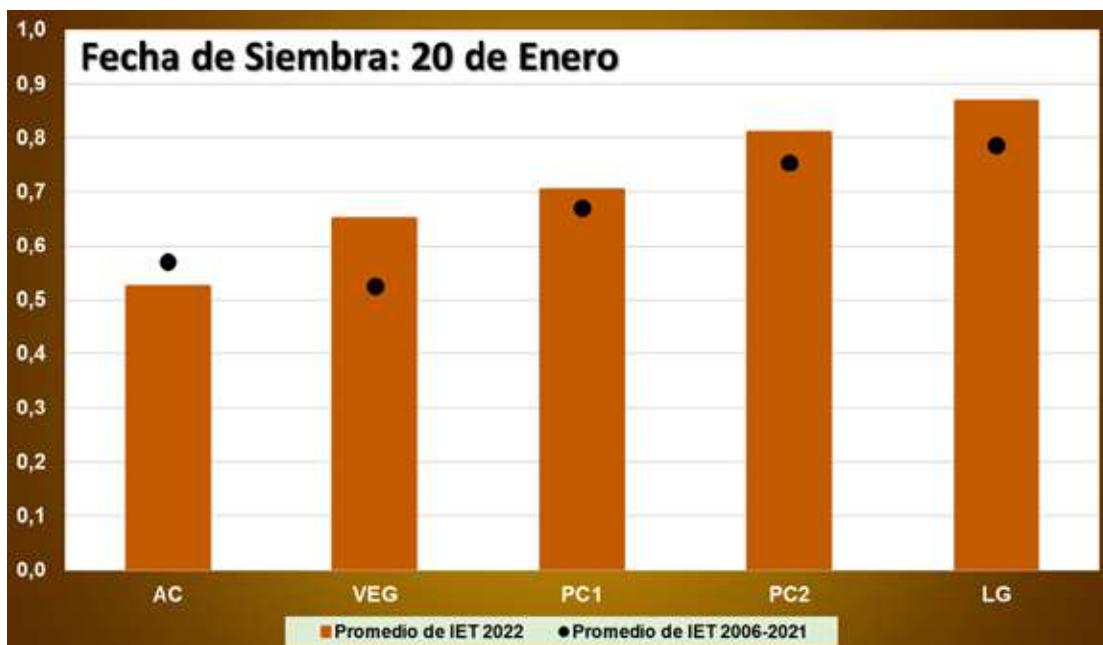
$$IEH = ER/EP$$

Donde:

IEH: índice de eficiencia hídrica

ER: Evapotranspiración real

EP: Evapotranspiración potencial



**Figura 12.** Evolución de IET promedio en Monte Redondo para los diferentes estadios fenológicos y su comparación con el promedio 2006/2021.

El análisis de la evolución de este índice mostró que el mismo estuvo por debajo del promedio 2006-2021 en todos los estadios fenológicos (Figura 13).

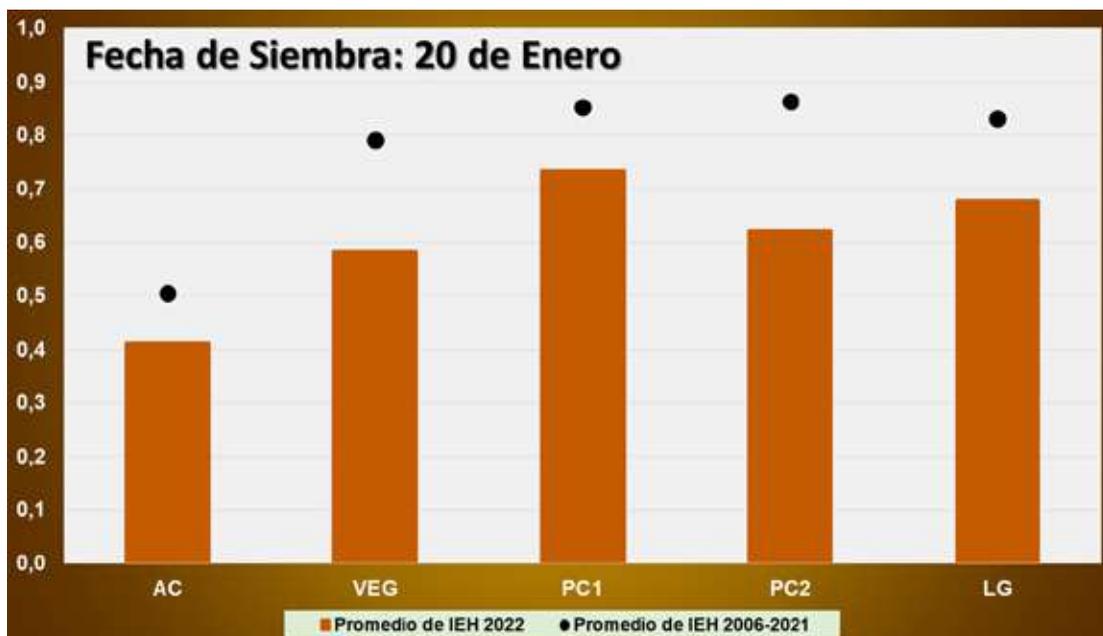
para ese día en particular y en un determinado período de tiempo, tomándose, en este caso, el período 2006/2019.

### Índice de eficiencia radiactiva

El índice de eficiencia radiactiva (IER) diario indica la cantidad de radiación solar global recibida con respecto a la máxima registrada

$$IEH = R_g / R_{(máx)}$$

Donde:  
 IER: índice de eficiencia radiactiva  
 R<sub>g</sub>: Radiación solar global diaria  
 R(máx): R<sub>g</sub> máxima diaria en el período 2006-2019



**Figura 13.** Evolución del IEH promedio en Monte Redondo para los diferentes estadios fenológicos y su comparación con el promedio 2006/2021.



El IER para una determinada cantidad de días se calcula como el promedio de los índices diarios en ese período.

$$IER_{(n \text{ días})} = (\sum_{(1..n)} IET_{\text{diario}}) / n$$

En la Figura 14, se muestra la evolución de este índice y su comparación con el promedio 2006-2021 en los diferentes estadios fenológicos.

El IER tuvo, en esta campaña, valores iguales o levemente superiores al promedio 2006/2021 en todos los estadios fenológicos, a excepción de la primera mitad del período crítico, cuando estuvo por debajo del promedio.

Adicionalmente, se analizó la variabilidad de los IET e IEH para los distintos estadios fenológicos a lo largo de las campañas 2005/2006 a 2021/2022 (últimos 17 años) para Monte Redondo y considerando como fecha de siembra el 20/01/2022.

En las siguientes figuras de muestran, en líneas

llenas, el acumulado de cada uno de estos índices para los distintos años; en líneas de trazos, el valor promedio de las últimas 17 campañas; y en líneas de puntos, la tendencia de cada índice a lo largo de este período.

En la Figura 15 puede observarse la variabilidad del índice de eficiencia hídrica acumulado a siembra en Monte Redondo para las campañas 2005/2006 a 2021/2022. Puede apreciarse que, en esta campaña, el valor de este índice estuvo por debajo del promedio. Además, se observa una tendencia decreciente del mismo a lo largo de las últimas 17 campañas.

Para el período vegetativo (Figura 16), vemos la evolución del IEH con valores por debajo del promedio para esta campaña y con una tendencia decreciente en el período 2005/2006 a 2021/2022. El IET, en este estadio fenológico, presentó valores por encima del promedio en esta campaña y una tendencia creciente en el período en análisis, lo cual denota una mejora en las condiciones térmicas para el cultivo.

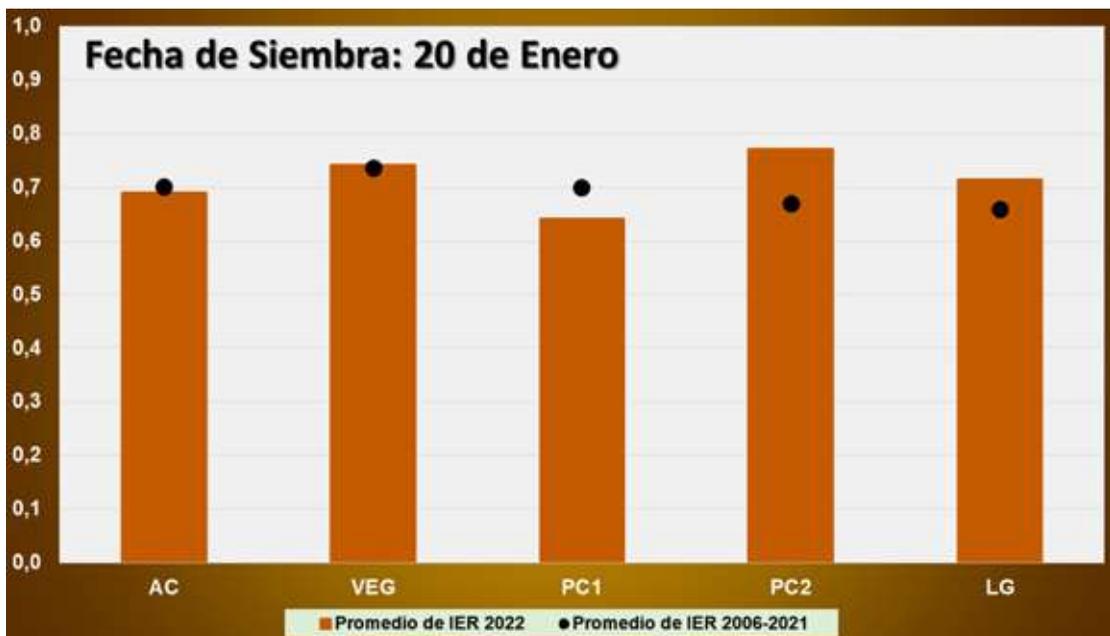


Figura 14. Evolución del IER promedio en Monte Redondo para los diferentes estadios fenológicos y su comparación con el promedio 2006/2021.



Figura 15. IEH acumulado a siembra en Monte Redondo para las campañas 2005/2006 a 2021/2022.



Figura 16. Índice de eficiencia hídrica e índice de eficiencia térmica en período vegetativo en Monte Redondo para las campañas 2005-2006 a 2021-2022.

En el período crítico, el índice de eficiencia hídrica también tuvo valores por debajo del promedio en esta campaña, y una tendencia decreciente en el período 2005/2006 a 2021/2022 (Figura 17). En el caso del índice de eficiencia térmica, estuvo levemente por encima del promedio, mostrando una tendencia creciente pero poco significativa.

En la Figura 18 se muestra la evolución del índice

de eficiencia hídrica e índice de eficiencia térmica en el período de llenado de granos en las últimas 17 campañas. El índice de eficiencia hídrica estuvo nuevamente por debajo del promedio en esta última campaña y con una tendencia estable. El índice de eficiencia térmica presentó valores por encima del promedio en esta campaña con una tendencia creciente en el período considerado.



Figura 17. Índice de eficiencia hídrica e índice de eficiencia térmica en período crítico en Monte Redondo para las campañas 2005/2006 a 2021/2022.



Figura 18. Índice de eficiencia hídrica e índice de eficiencia térmica en período de llenado de granos en Monte Redondo para las campañas 2005/2006 a 2021/2022.